

АП:И

АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

международный научный журнал // ISSN 2713-1513 // № 20 (306), 2026 // apni.ru



часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 20 (306)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

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

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Гаджибекова Н.К.

ВЫБОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ В БУРЕНИИ:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 6

Рассохин И.И., Строев И.А.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА АКВ/211 «ИГЛА» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПОДЪЁМА И ОПУСКАНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ
НЕФТЕПРОВОДОВ 11

БИОЛОГИЯ

Лазарева М.С., Завьялова Я.Л.

ФЕНОМЕН СТРЕССА: СУЩНОСТЬ, МЕХАНИЗМЫ И ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ
ЧЕЛОВЕКА 13

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Karpukhin S.A., Yaroshevsky S.D.

TECHNOLOGICAL PROCESS FOR THE PRODUCTION OF PIGMENT RED "ZH" 18

Ахундов Р.Н., Кулиев С.З.

СОВМЕЩЕНИЕ ЭТАПОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
И ОПТИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 22

Ильгуватова Н.А., Сафина К.Р.

ЭВОЛЮЦИЯ ДЕСЕРТНОГО МЕНЮ: АКТУАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ В РЕСТОРАННОЙ
ИНДУСТРИИ 31

Козырева А.А.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА: РИСК-
ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ 34

Папоротный Н.В.

АДАПТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ГЕНЕРАТИВНЫХ ФИШИНГОВЫХ АТАК
(LLM-ФИШИНГ) С ОБЪЕДИНЕНИЕМ ТЕКСТОВЫХ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ
ПРИЗНАКОВ 37

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Pinaev A.

TRANSFORMATION OF THE SECURE SOFTWARE DEVELOPMENT PARADIGM
UNDER CONDITIONS OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION 43

Гаджиев Ф.Р.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ
HTTP-СЕРВЕРОВ 54

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Рыбина А.Е.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОТОЛКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО КАПИЛЛЯРНОГО ОТОПЛЕНИЯ	60
---	----

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Ефимова М.А.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ РЕКИ ЧЕРНАЯ (ПРАВОБЕРЕЖНЫЙ ПРИТОК СРЕДНЕЙ ОБИ)	64
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ЧЕРНАЯ ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	67

Родыгин Д.В., Пинчук Д.О.

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА	73
---	----

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

Нарбутавичюс В.И., Чепендюк Т.А., Чумакова Д.В., Архим. Паисий (Чекан)

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА: ТЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ТЕЛЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ	77
--	----

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, РЕЛИГИОВЕДЕНИЕ

Никонов Д.Д.

ПРАВОВАЯ СИСТЕМА ДРЕВНЕГО ЕГИПТА: ИСТОЧНИКИ ПРАВА И РОЛЬ ФАРАОНА КАК ЗАКОНОДАТЕЛЯ	81
--	----

ПОЛИТОЛОГИЯ

Улуснова С.С.

РЕГИОНАЛЬНОЕ ПУБЛИЧНОЕ ПРОСТРАНСТВО В ЗЕРКАЛЕ ОФИЦИАЛЬНОГО МЕДИА (НА ПРИМЕРЕ «ВОЛГОГРАДСКОЙ ПРАВДЫ.РУ»)	84
--	----

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ГАДЖИБЕКОВА Нигяр Керим

докторант,

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

ВЫБОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ В БУРЕНИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Аннотация. В статье проведён систематический анализ методов прогнозирования осложнений в процессе бурения нефтяных и газовых скважин. Рассмотрены статистические, вероятностные и интеллектуальные подходы – от логистической регрессии и байесовских сетей до методов глубокого обучения и гибридных физико-информационных моделей. Проанализированы ключевые факторы выбора метода: тип осложнения, объём и качество исторических данных, вычислительные ресурсы, требования к интерпретируемости результатов. Предложена матрица критериев выбора, позволяющая инженерам-буровикам обоснованно подбирать подходящий инструментарий в зависимости от производственных условий. Показано, что гибридные модели, сочетающие физические ограничения с алгоритмами машинного обучения, обеспечивают наивысшую точность (88–95 %), однако требуют значительных массивов обучающих данных. Для малых выборок предпочтительны байесовские методы и нечёткая логика. Представлены результаты сравнительных испытаний на реальных буровых данных и практические рекомендации по внедрению систем раннего предупреждения осложнений.

Ключевые слова: бурение скважин, осложнения при бурении, прогнозирование, машинное обучение, нейронные сети, нечёткая логика, байесовские сети, раннее предупреждение, управление рисками.

1. Введение

Бурение нефтяных и газовых скважин является технически сложным и капиталоемким процессом, в котором возникновение различного рода осложнений приводит к значительным экономическим потерям. По данным отраслевых организаций, незапланированное время простоя, обусловленное бурением в осложнённых условиях, составляет от 15 до 30% от общего времени строительства скважины и может увеличивать бюджет проекта в 1,5–3 раза.

Традиционный подход к управлению осложнениями – реактивный: меры принимаются уже после их возникновения. Переход к проактивной стратегии, основанной на прогнозировании нежелательных событий заблаговременно, представляет одно из ключевых направлений цифровой трансформации нефтяной отрасли. Достижения в области машинного обучения и обработки больших данных открывают принципиально новые возможности для построения эффективных систем раннего предупреждения.

Вместе с тем многообразие существующих методологических подходов порождает практическую проблему: инженеры нередко испытывают затруднение с обоснованным выбором метода прогнозирования применительно к конкретным геолого-техническим условиям. Цель настоящей работы – систематизировать и сравнить основные методы прогнозирования осложнений в бурении, выявить область эффективного применения каждого из них и предложить практически ориентированный алгоритм выбора.

Задачи исследования:

- классифицировать основные виды осложнений в бурении и определить их ключевые предикторы;
- систематизировать существующие методы прогнозирования с позиций точности, требований к данным и вычислительной сложности;
- провести сравнительную апробацию методов на реальных полевых данных;
- разработать матрицу критериев выбора метода прогнозирования.

2. Классификация осложнений и предикторов

2.1. Виды осложнений

Под осложнениями в бурении понимают нештатные ситуации, нарушающие нормальный технологический процесс и требующие неплановых операций для ликвидации. ГОСТ Р 53387–2009 выделяет следующие основные группы: гидравлические, механические, геологические и технологические (табл. 1).

Гидравлические осложнения (поглощение промывочной жидкости, газонефтеводопроявление – ГНВП, перелив) являются наиболее опасными с точки зрения экологических и промышленных рисков. Механические осложнения – прихват бурильного инструмента, обвалы, слом колонны – влекут наибольшие экономические потери в абсолютном выражении. Геологическая нестабильность пластов создаёт фон неопределённости, усиливающий вероятность всех прочих видов осложнений.

Таблица 1

Классификация осложнений и их ключевые предикторы

Класс осложнения	Типичные виды	Ключевые предикторы
Гидравлические	Поглощение, ГНВП, перелив	ЭЦП, ГГД, расход промывочной жидкости
Механические	Прихват, обвал, слом инструмента	Нагрузка на долото, крутящий момент, вибрации
Геологические	Кавернообразование, потеря ствола	ГИС, геомеханические параметры пластов
Технологические	Износ оборудования, отказ датчиков	История ТО, вибрации, температура

2.2. Информативные параметры

Качество прогноза определяется составом и качеством используемых предикторов. Применительно к буровым данным выделяют три уровня информации:

1. Телеметрия в реальном времени (частота 1–60 Гц): вес на крюке, крутящий момент, скорость вращения ротора, скорость проходки, расход и давление промывочной жидкости, температура;

2. Геомеханические и геологические данные: кривые ГИС, данные о горном давлении, коэффициенты пластового давления, коэффициент Пуассона, прочность пород по UCS;

3. Оперативные и исторические отчёты: буровые рапорты, данные по ближайшим скважинам-аналогам, паспорта оборудования.

Особую роль играет временная структура данных: большинство осложнений развиваются постепенно, поэтому анализ временных трендов значительно повышает чувствительность прогностических моделей.

3. Методы прогнозирования: анализ и сравнение

3.1. Статистические методы

Логистическая регрессия исторически является первым формализованным инструментом прогнозирования бинарных событий (осложнение/норма). Модель обладает высокой интерпретируемостью: коэффициенты регрессии непосредственно указывают на вклад каждого предиктора. Недостатки – линейная разделяющая граница и слабость при

мультиколлинеарности признаков, типичной для буровых данных.

Метод опорных векторов (SVM) эффективен при малых выборках и высокой размерности пространства признаков, что актуально на ранних стадиях освоения месторождения. Однако интерпретируемость модели значительно ниже, а выбор ядра требует экспертного участия.

3.2. Ансамблевые методы машинного обучения

Случайный лес (Random Forest) и градиентный бустинг (XGBoost, LightGBM) демонстрируют устойчивые результаты на гетерогенных буровых данных. Ансамблевые модели нечувствительны к выбросам, автоматически учитывают нелинейные взаимодействия признаков и обеспечивают оценку их важности – ценная возможность для интерпретации результатов геологами.

Исследования на данных крупных месторождений Каспийского региона показали, что Random Forest позволяет прогнозировать прихват бурильного инструмента за 15–40 минут до его возникновения с точностью 79–85% при частоте ложных тревог не более 12%.

3.3. Методы глубокого обучения

Рекуррентные нейронные сети, в частности архитектуры LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit), оптимально подходят для анализа временных рядов буровых параметров. Преимущество этих архитектур состоит в способности улавливать долгосрочные

зависимости в последовательностях длиной в сотни шагов, что принципиально важно при медленном развитии ГНВП и поглощений.

Трансформерные архитектуры (Transformer) демонстрируют конкурентные результаты по сравнению с LSTM при меньших требованиях к вычислительным ресурсам на стадии инференса, что делает их привлекательными для встраивания в системы реального времени на буровой.

3.4. Вероятностные и экспертно-ориентированные методы

Байесовские сети обеспечивают прозрачную вероятностную интерпретацию: каждый узел сети соответствует определённому физическому событию или параметру, а рёбра – причинно-следственным зависимостям. Это делает байесовский подход особенно ценным при работе с неполными данными, когда часть параметров недоступна или ненадёжна. Интеграция экспертных знаний через априорные распределения позволяет компенсировать недостаток обучающей выборки.

Нечёткая логика (Fuzzy Logic) позволяет формализовать лингвистические правила типа «если давление значительно возросло и расход уменьшился, то вероятность ГНВП высокая». Системы нечёткого вывода хорошо воспринимаются операторами бурения и легко настраиваются под специфику конкретного месторождения без большого объёма исторических данных.

3.5. Гибридные физико-информационные модели

Наиболее перспективным направлением является интеграция физических моделей

гидравлики ствола скважины (уравнения переноса массы и импульса, модели реологии бурового раствора) с алгоритмами машинного обучения – так называемые Physics-Informed Neural Networks (PINN) и Physics-Guided Machine Learning (PGML).

В отличие от чисто эмпирических моделей, физико-информационные подходы обеспечивают экстраполяционную устойчивость: модель ведёт себя физически корректно даже в режимах, отсутствующих в обучающей выборке. Согласно результатам испытаний на скважинах Каспийского региона, гибридные модели достигают точности 88–95% при горизонте прогноза 30–60 минут.

4. Сравнительная апробация методов

4.1. Данные и методология

Апробация проводилась на архивных данных 47 вертикальных и горизонтальных скважин, пробурённых в 2018–2023 гг. на месторождениях Каспийского региона. Итоговая выборка включала 128 зафиксированных случаев прихвата бурильного инструмента, 84 эпизода поглощения промывочной жидкости и 31 случай ГНВП. Данные телеметрии регистрировались с частотой 1 Гц; общий объём – около 2,4 ТБ.

Оценка качества проводилась с использованием стратифицированной кросс-валидации ($k = 10$) по показателям: AUC-ROC, F1-мера, точность (Precision), полнота (Recall) и среднее время опережения прогноза (Lead Time). Балансировка классов выполнялась методом SMOTE для компенсации естественного дисбаланса событий осложнения.

4.2. Результаты сравнения

Таблица 2

Сводная характеристика методов прогнозирования осложнений

Метод прогнозирования	Точность (%)	Требования к данным	Вычислительная сложность	Область применения
Логистическая регрессия	68–74	Низкие	Низкая	Прихват, поглощение
Случайный лес	79–85	Средние	Средняя	Многофакторные осложнения
Нейронные сети (LSTM)	85–92	Высокие	Высокая	Временные ряды давления
Нечёткая логика	72–80	Экспертные	Низкая	Неопределённые условия
Байесовские сети	75–83	Средние	Средняя	Риск-анализ в реальном времени
Гибридные модели (ML+физика)	88–95	Высокие	Высокая	Комплексные сценарии

Примечание: диапазон значений отражает вариацию по типам осложнений; наивысшие показатели достигаются для прихвата, наименьшие – для ГНВП.

Гибридные модели обеспечили наибольшую точность прогноза при всех типах осложнений, однако потребовали полного цикла предобработки данных и существенных вычислительных ресурсов. Байесовские сети показали сопоставимую с Random Forest точность при значительно меньших требованиях к объёму обучающих данных – особенно в условиях частично пропущенных параметров.

Среднее время опережения прогноза составило: прихват – 32 мин (LSTM), 19 мин (RF); поглощение – 48 мин (гибридная модель), 27 мин (Bayes); ГНВП – 22 мин (LSTM), 14 мин (нечёткая логика). Разница обусловлена различной кинетикой развития каждого типа осложнений.

5. Алгоритм выбора метода прогнозирования

На основании проведённого анализа предлагается следующий алгоритм выбора метода прогнозирования для конкретных производственных условий:

Шаг 1. Определение типа осложнения. Гидравлические события (ГНВП, поглощение) требуют наибольшего горизонта предупреждения и должны прогнозироваться методами, ориентированными на временные ряды (LSTM, PINN). Механические события (прихват) допускают применение ансамблевых методов с более коротким горизонтом.

Шаг 2. Оценка доступности данных. При наличии более 50 аналогичных скважин с размеченными событиями и качественной телеметрией предпочтительны методы глубокого обучения или гибридные модели. При 10–50 скважинах – Random Forest или XGBoost. При менее чем 10 скважинах – байесовские сети или нечёткая логика.

Шаг 3. Требования к интерпретируемости. Если требуется объяснение каждого срабатывания тревоги (регуляторные требования, операционная культура), предпочтительны байесовские сети или нечёткая логика. Для систем автоматического управления достаточна высокая точность при отсутствии требований к объяснимости.

Шаг 4. Вычислительные ограничения. При бурении на удалённых объектах с ограниченной пропускной способностью канала связи предпочтительны облегчённые модели (XGBoost, нечёткая логика), допускающие работу на edge-устройствах. Гибридные и LSTM-модели требуют либо мощного бортового сервера, либо стабильного подключения к облаку.

Шаг 5. Валидация и мониторинг. Независимо от выбранного метода, необходима непрерывная оценка качества прогноза на поступающих данных с механизмом переобучения при обнаружении концептуального дрейфа (concept drift).

6. Обсуждение результатов

Полученные результаты согласуются с ведущими международными исследованиями в данной области. В работе Moazzeni & Khamsehchi [3] было показано, что нейронные сети превосходят логистическую регрессию по точности прогноза ГНВП, однако требуют значительно большего объёма размеченных данных. Наши результаты подтверждают этот вывод и дополняют его количественными оценками порогов применимости.

Принципиальным ограничением методов машинного обучения остаётся проблема расщепления выборки: модели, обученные на данных одного месторождения, нередко демонстрируют существенное снижение точности при перенесении на другое геологическое строение. Трансферное обучение (Transfer Learning) и доменная адаптация представляются наиболее перспективными инструментами преодоления этого ограничения и требуют дальнейшего исследования применительно к буровым данным.

Отдельного внимания заслуживает проблема ложных тревог. Высокая частота ложноположительных сигналов (более 20%) ведёт к «усталости оповещения» у операторов и фактически нивелирует ценность системы. Оптимальный баланс между чувствительностью и специфичностью должен определяться с учётом стоимости пропущенного события и стоимости ложной тревоги в контексте конкретного объекта.

7. Заключение

В статье проведён систематический анализ методов прогнозирования осложнений в бурении нефтяных и газовых скважин. Установлено, что не существует универсального метода, оптимального для всех условий: выбор определяется типом осложнения, объёмом и качеством исторических данных, вычислительными ресурсами и требованиями к интерпретируемости.

Гибридные физико-информационные модели обеспечивают наивысшую точность (88–95%) и являются предпочтительными при наличии достаточной обучающей выборки.

Байесовские сети и методы нечёткой логики демонстрируют устойчивую эффективность при малых выборках и высокой неопределённости данных.

Предложенная матрица критериев выбора метода позволяет структурировать процесс принятия решений и может быть использована в качестве методической основы при проектировании систем раннего предупреждения осложнений на буровых объектах.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: разработка методов трансферного обучения для межместорожденного переноса моделей; интеграция данных сейсмики и ГИС в гибридные архитектуры; создание интерпретируемых моделей нового поколения на основе метода SHAP и концепции объяснимого искусственного интеллекта (XAI).

Литература

1. Лукьянов В.Г., Бессон А.И. Осложнения при бурении скважин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 234 с.
2. Федоров В.С. Предупреждение осложнений при бурении глубоких скважин. – М.: Недра, 2020. – 312 с.
3. Moazzeni A.R., Khamsehchi E. Rain optimization algorithm for drilling optimization and prediction of gas kick // J. Pet. Sci. Eng. 2020. Vol. 192. P. 107-202.
4. Winkler W., Guria C. Wellbore Stability and Well Control – a review of current practices // SPE-212678-MS. 2023.
5. Лукьянов Э.Е., Аксенов А.А. Применение методов машинного обучения для прогнозирования прихватов бурового инструмента // Нефтяное хозяйство. 2022. № 6. С. 30-35.
6. Hegde C., Gray K. E. Use of machine learning and data analytics to increase drilling efficiency for nearby wells // J. Nat. Gas Sci. Eng. 2017. Vol. 40. P. 327-335.
7. Samuel R., Liu X. Intelligent Drilling: Machine Learning-Based Data-Driven Approaches. – Society of Petroleum Engineers, 2022. – 410 p.
8. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. Physics-informed neural networks // J. Comput. Phys. 2019. Vol. 378. P. 686-707.
9. Duong A.N., Khalil M. A real-time kick detection system using machine learning // SPE-195947-MS. 2019.
10. Ширин-Заде С.А. и др. Технология интеллектуального бурения на основе цифровых двойников скважины // Нефтегазовая вертикаль. 2023. № 3. С. 12-19.

HAJIBEYOVA Nigar Kerim

PhD Student, Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan, Baku

SELECTION OF METHODS FOR PREDICTING DRILLING COMPLICATIONS: COMPARATIVE ANALYSIS AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS

Abstract. The article provides a systematic analysis of methods for predicting complications in the process of drilling oil and gas wells. Statistical, probabilistic, and intellectual approaches are considered, ranging from logistic regression and Bayesian networks to deep learning methods and hybrid physics and information models. The key factors of the method choice are analyzed: the type of complication, the volume and quality of historical data, computational resources, and requirements for interpretability of results. A matrix of selection criteria is proposed that allows drilling engineers to reasonably select the appropriate tools depending on production conditions. It is shown that hybrid models combining physical constraints with machine learning algorithms provide the highest accuracy (88-95%), but require significant amounts of training data. For small samples, Bayesian methods and vague logic are preferred. The results of comparative tests on real drilling data and practical recommendations for the implementation of early warning systems for complications are presented.

Keywords: drilling, drilling complications, forecasting, machine learning, neural networks, fuzzy logic, Bayesian networks, early warning, risk management.

РАССОХИН Илья Игоревич

мастер участка,

АО «Транснефть-Дружба» Центральная ремонтная служба, Россия, г. Сызрань

СТРОЕВ Иван Алексеевич

начальник участка,

АО «Транснефть-Дружба» Центральная ремонтная служба, Россия, г. Сызрань

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА АКВ/211 «ИГЛА» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДЪЁМА И ОПУСКАНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

Аннотация. Статья посвящена проблеме безопасности и эффективности ремонтных работ на магистральных нефтепроводах при использовании устройства АКВ/211 «Игла» для герметичного ввода технологического инструмента или шланга под давлением. В настоящее время управление устройством осуществляется вручную, что сопряжено с высоким риском травматизма, значительными временными и физическими затратами, а также вероятностью ошибок из-за «человеческого фактора».

Ключевые слова: магистральные нефтепроводы, плановый ремонт, устройство АКВ/211 «Игла», автоматизация технологических процессов, электропривод, дистанционное управление, взрывозащищённый электродвигатель.

Введение и существующая проблематика

В процессе планового ремонта магистральных нефтепроводов, в частности при работах по откачке нефти и нефтепродуктов из действующих трубопроводов, широко используется устройство АКВ/211 «Игла», предназначенное для герметичного ввода технологического инструмента или шланга под давлением. Однако в настоящее время управление подъёмом и опусканием «Иглы» осуществляется полностью вручную – оператор, находясь непосредственно в ремонтном котловане, вращает маховик винта ручной подачи, что связано с рядом серьёзных недостатков. Присутствие человека в замкнутом пространстве котлована повышает риск травматизма (защемления, падения, контакт с нефтепродуктами), а ручная операция отнимает много времени, требует значительных физических усилий и снижает общую производительность ремонтной бригады. Кроме того, вероятность ошибки из-за «человеческого фактора» (недоворот, перекос иглы) может привести к нарушению герметичности или повреждению оборудования, что создаёт дополнительные экономические и репутационные потери. Таким образом, назрела острая необходимость в модернизации АКВ/211 «Игла» с целью исключения нахождения работника в опасной зоне и автоматизации

процесса подъёма и опускания, что позволит повысить безопасность, надёжность и технологическую эффективность ремонтных работ.

Предлагаемое решение и его компоненты

В качестве решения проблемы была предложена модернизация устройства путём установки на него электропривода, позволяющая полностью переложить управление на оператора, находящегося за пределами котлована, и исключить его непосредственное участие в опасных работах. Система автоматического подъёма и опускания включает в себя следующие компоненты: взрывозащищённый электродвигатель (стоимостью около 13000 рублей), редуктор (13000 рублей) для обеспечения необходимого крутящего момента и точности перемещения, щит управления (11000 рублей), размещаемый на безопасном удалении от котлована, пульт дистанционного управления (2600 рублей), комплект крепежа из болтов и гаек (суммарно около 3600 рублей), а также две стальные шестерни – на 36 и 27 зубьев (стоимостью 4500 и 2300 рублей соответственно). Модернизированная конструкция сохраняет штатную кинематику, но вместо ручного маховика вращение передаётся через редуктор от электродвигателя, при этом работник управляет процессом дистанционно, наблюдая за

положением иглы визуально или по сигналам датчиков. Важным преимуществом является то, что все компоненты монтируются на существующий корпус АКВ/211, что исключает необходимость полной замены устройства и значительно снижает капитальные затраты, а также упрощает внедрение в действующие ремонтные подразделения.

Экономическая эффективность и ожидаемые результаты

Суммарная стоимость модернизации составляет около 50000 рублей, и по сравнению с затратами на возможное лечение травм, простоя бригады, ремонт повреждённого оборудования или ликвидацию последствий аварийной разгерметизации эта сумма окупается уже при первом или втором использовании. Практические ожидания от внедрения включают полное исключение нахождения работника в ремонтном котловане во время перемещения иглы, что соответствует современным требованиям охраны труда и снижает производственный травматизм; сокращение времени операции подъёма и опускания (предварительная оценка – в 2-3 раза по сравнению с ручным приводом); повышение точности позиционирования и, как следствие, надёжности герметизации; а также возможность интеграции с системами телемеханики для диспетчерского контроля за состоянием оборудования. Таким образом, единовременные вложения в автоматизацию позволяют не только повысить безопасность, но и добиться долгосрочного

экономического эффекта за счёт ускорения работ и снижения эксплуатационных рисков.

Заключение

Модернизация устройства АКВ/211 «Игла» путём установки взрывозащищённого электродвигателя, редуктора и системы дистанционного управления является технически реализуемым, экономически оправданным и безопасным решением, направленным на повышение безопасности персонала, автоматизацию технологического процесса и уменьшение времени простоев при ремонте магистральных нефтепроводов. Рекомендуется проведение опытно-промышленных испытаний модернизированного образца с последующей доработкой конструкции по результатам испытаний и последующим широким внедрением в подразделениях «Транснефти» что позволит распространить положительный эффект на все аналогичные работы в системе магистрального трубопроводного транспорта.

Литература

1. Паспорт на устройство АКВ/211 «Игла». Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
2. РД-23.040.00-КТН-064-18 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Вырезка и врезка катушек, соединительных деталей, запорной и регулирующей арматуры. Подключение участков магистральных трубопроводов. Требования к организации и выполнению работ.

RASSOKHIN Ilya Igorevich

Master of the Site, JSC Transneft Druzhba Central Repair Service, Russia, Syzran

STROEV Ivan Alekseevich

Head of the Site, JSC Transneft Druzhba Central Repair Service, Russia, Syzran

MODERNIZATION OF THE AKV/211 IGLA DEVICE FOR AUTOMATION OF LIFTING AND LOWERING DURING THE REPAIR OF MAIN OIL PIPELINES

Abstract. The article is devoted to the problem of safety and efficiency of repair work on main oil pipelines when using the AKV/211 Igla device for hermetically sealing a process tool or a pressurized hose. Currently, the device is operated manually, which is associated with a high risk of injury, significant time and physical costs, as well as the likelihood of errors due to the "human factor".

Keywords: main oil pipelines, scheduled repairs, AKV/211 Igla device, automation of technological processes, electric drive, remote control, explosion-proof electric motor.

БИОЛОГИЯ

ЛАЗАРЕВА Мария Сергеевна

студентка,

Новосибирский государственный педагогический университет,

Россия, г. Новосибирск

ЗАВЬЯЛОВА Яна Леонидовна

кандидат биологических наук,

доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности,

Новосибирский государственный педагогический университет,

Россия, г. Новосибирск

ФЕНОМЕН СТРЕССА: СУЩНОСТЬ, МЕХАНИЗМЫ И ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В статье проводится анализ феномена стресса, его физиологических механизмов и влияния на функционирование человеческого организма. Подробно рассматриваются физиологические механизмы стрессовой реакции, включая роль гормонов (адреналин, кортизол, глюкагон), влияние симпатической и парасимпатической нервной системы, а также последовательность трех стадий стресса: тревоги, сопротивления и истощения. Внимание уделяется различным видам стресса – эустрессу (позитивному) и дистрессу (деструктивному), а также условиям перехода хронического стресса в патологию.

Ключевые слова: стресс, Ганс Селье, Леон Орбели, А. Д. Слоним, адаптационный синдром, симпатическая нервная система, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система, адреналин, кортизол, эустресс, дистресс, гомеостаз, психосоматические заболевания, иммунитет, гипотиреоз, сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет, бронхиальная астма, atopический дерматит, заболевания ЖКТ, адаптация, вегетативная нервная система.

Актуальность

Современное общество характеризуется постоянным ростом уровня стресса, что превратило данное явление в одну из важнейших проблем современности. По данным социологических исследований (ВЦИОМ), почти половина россиян (40%) регулярно сталкиваются со стрессовыми ситуациями, причём этот показатель увеличился почти вдвое по сравнению с 2023 годом.

Стресс давно перестал восприниматься исключительно как психологическая проблема. Современная наука убедительно доказывает, что стресс оказывает комплексное воздействие на весь организм человека, затрагивая различные системы организма.

Особое значение приобретают данные о последствиях пандемии и глобальных кризисов.

Так, недавние исследования выявили, что после пандемии COVID-19 доля людей с признаками хронического стресса увеличилась на 30%, а среди пострадавших от военных конфликтов более трети взрослых испытывают выраженные психосоматические расстройства.

Всё это делает необходимым углублённое изучение природы стресса и его физиологических механизмов.

Цель: изучить физиологию стресса, его влияние на системы организма.

Методы: анализ научной литературы по проблеме стресса, его сущности, механизмам и влиянию на организм; обобщение и систематизация теоретических данных о видах стресса (эустресс, дистресс), стадиях развития; обзор современных исследований о влиянии стресса

на различные системы организма (нервную, эндокринную, иммунную и др.).

Ганс Селье говорил, что стресс – это состояние неспецифического напряжения живой материи, которое проявляется реальными морфологическими изменениями в различных органах, и особенно в эндокринных железах, контролируемых передней долей гипофиза. В 1936 году Ганс Селье публикует статью: «Синдром, вызываемый различными повреждающими воздействиями».

В 1935 году Леон Орбели выяснил, что в ответ на повреждающие воздействия повышается мощность функционирования центров симпатической нервной системы. Орбели сформулировал положение об адаптационно-трофической роли симпатической нервной системы в реакции организма на неблагоприятные факторы среды.

А. Д. Слоним в свою очередь разделил адаптационные приспособления на три группы, которые делятся благодаря систематическим факторам:

1. Первичные факторы, которые существуют на земле в течение длительного исторического периода.
2. Вторичные факторы, которые являются следствием изменений первичных условий.
3. Третичные факторы, которые являются производным вторичных, они действуют на население и охватывают более значимые причины стресса, например, акклиматизация.

В 1956 году Ганс Селье разработал концепцию общего адаптационного синдрома. Им были обоснованы механизмы фазового течения реакции адаптации. В синдроме адаптации принимают участие гормоны гипофиза и коры надпочечников.

Таблица 1

Влияние адреналина на системы организма

Система организма	Изменения, вызванные адреналином
Сердечно-сосудистая система	Во время стрессовой реакции кровеносные сосуды спазмируются, обеспечивая приток крови к жизненно важным органам – мышцам, лёгким и сердцу. Вследствие этого увеличивается частота сердечных сокращений, расширяются зрачки глаз, а мелкие артерии (артериолы) сужаются, усиливая кровообращение в активных тканях организма.
Метаболизм	Когда уровень адреналина повышается, в концентрации глюкозы увеличивается. Так происходит, потому что гликоген быстро распадается на глюкозу в тканях печени.
Клетки центральной нервной системы	Под влиянием адреналина становится более эффективной работа головного мозга и физическая выносливость.
Гладкая и скелетная мускулатура	Под влиянием кортизола и адреналина происходит расслабление большего количества мышц.
Свёртываемость крови	Когда организм сталкивается со стрессом, повышается уровень свёртываемости крови.
Противоаллергическое и противовоспалительное действие	Адреналин тормозит высвобождение гистамина, серотонина, кининов, простагландинов, лейкотриенов и других медиаторов аллергии.

Все эти изменения приводят организм в состояние готовности, повышают вероятность

быстрого и эффективного ответа на стрессогенный фактор.

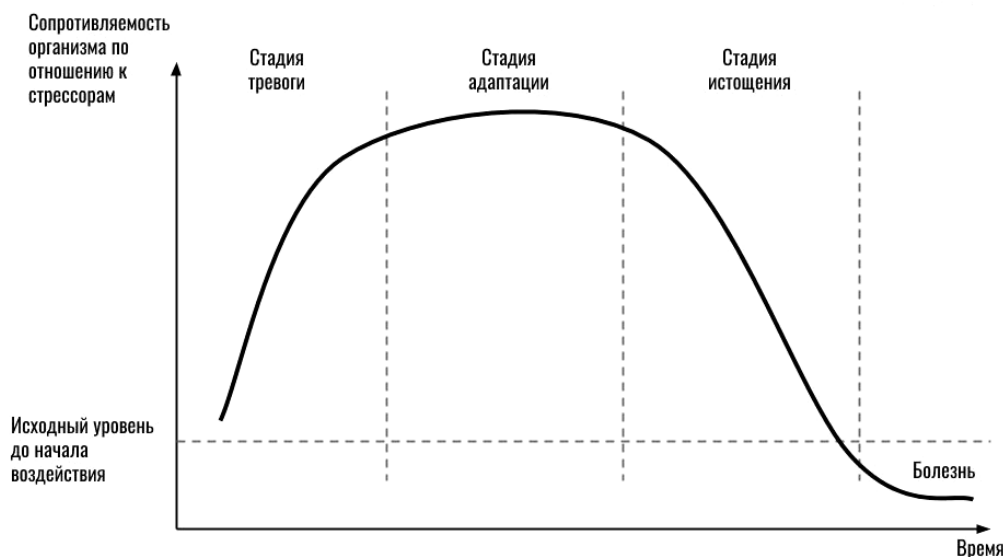


Рис. 1. Этапы формирования стресса

На первом этапе отмечается первичная реакция самого организма. Чаще всего происходит угнетение способности организма сопротивляться раздражающим факторам. Организм мобилизует резервы и включает механизмы саморегуляции защитных процессов. Во время стресса происходит активация симпатической нервной системы, под действием ее медиаторов – норадреналина и адреналина, поджелудочная железа начинает вырабатывать гормон глюкагон, для повышения глюкозы, которая является дополнительным источником энергии. Сосудистый тонус регулирует адреналин и кортизол.

Второй этап – процесс ответной реакции организма, а также его приспособление. Увеличивается ответная реакция. Данная стадия проходит продолжительно и происходит медленная адаптация непосредственно к воздействию. Уменьшается количество вырабатываемого кортизола. Парасимпатическая нервная система пытается вернуть тело в нормальное

состояние. Частота сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД) начинают нормализоваться.

Третий этап характеризуется нервным истощением: израсходованная энергия по причине факторов сильного психологического напряжения, в течение длительного периода организма теряет свою способность к приспособлению, личность не может сделать что-либо, начинает проявляться психосоматика. Истощается кора надпочечников, наступает её прогрессирующая атрофия и уменьшается продукция гормонов. Угнетаются все защитные процессы в организме. Резистентность организма к любым стрессорам падает до минимума. Длительные катаболические реакции приводят к необратимым структурным изменениям в органах и тканях [4].

В медицине, физиологии, психологии выделяют положительную (эустресс) и отрицательную (дистресс) формы стресса.

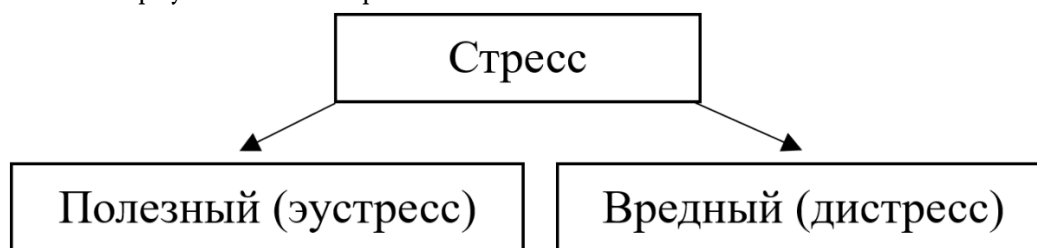


Рис. 2. Формы стресса

Полезный стресс поддерживает жизнедеятельность организма, активизируя внутренние резервы и защитные механизмы. Напротив, дистресс представляет собой отрицательное, вредоносное состояние. Вредный стресс

негативно сказывается на психологическом состоянии, разрушая внутреннее равновесие и иногда провоцируя серьезные расстройства психики, а также нарушение систем организма.

Таблица 2

Влияние хронического стресса на различные системы организма

Системы организма	Патологические изменения и заболевания, вызванные хроническим стрессом
Влияние стресса на щитовидную железу	Сталкиваясь со стрессом, щитовидная железа начинает активную выработку гормонов, которые позволяют справиться с внешними раздражителями. Однако при затяжном, хроническом стрессе происходит нарушение нормального функционирования, своеобразное «истощение» щитовидной железы. Нарушения в работе щитовидной железы приводят к сбоям во всех органах и системах [1, с. 272]. Хронический стресс провоцирует повреждение клеток щитовидной железы, их истощение и снижение выработки гормонов. Состояние, возникающее при этом, носит название – гипотиреоз. Наблюдается усталость, забывчивость, раздражительность, выпадение волос, сухая пятнистая кожа, повышение веса, непереносимость холода, повышенный уровень холестерина, отёкшие глаза, зоб, постоянная сухость или боль в горле, замедленный пульс и глотание, нарушение менструального цикла, запоры и даже бесплодие.
Сердечно-сосудистые заболевания.	При интенсивном, затяжном или частом стрессе физиологические нормальные кардиоваскулярные аспекты стрессорного ответа могут изменяться, что повышает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Эффекты стресса на сердечно-сосудистую систему могут способствовать развитию инсульта, инфаркта и артериальной гипертензии [3, с.15].
Сахарный диабет второго типа	Психологический стресс мобилизует биологические реакции, которые принимают участие в развитии сахарного диабета второго типа. В это время происходит выброс глюкозы и липидов в кровоток. Повторное или длительное воздействие стресса приводит к хронической нагрузке на организм, нарушение регуляции метаболизма глюкозы и нейроэндокринных функций, а также хроническому воспалению. Нарушение регуляции выделения кортизола является прогностическим фактором развития сахарного диабета второго типа в популяционных исследованиях [3, с.16].
Хроническая боль в спине	Стресс как правило способствует болям в спине, проявляется это особенно у людей, у которых работа сопряжена с динамической физической нагрузкой на фоне исходных проблем опорно-двигательного аппарата. Вследствие чего могут появляться головные боли, развитие тревоги и депрессии [3, с. 16].
Атопический дерматит	Изменение в гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси или симпатической нервной системе могут привести к изменению иммунологического ответа организма, к повышению уязвимости к аллергическому воспалению. Поскольку симпатическая нервная система в значительной степени вовлечена в реакцию адаптации на стресс, в условиях психосоциального стресса можно ожидать изменение иммунных процессов и обострения атопического дерматита [3, с.17].
Артрит	Пациенты с недостаточной реакцией на стресс демонстрирует парадоксально сниженную реакцию и развитие воспалительных побочных эффектов, негативно влияющих на течение артрита [3, с.17].

Вывод

Таким образом, стресс представляет собой не только эмоциональное переживание, но и сложный биологический механизм, глубоко затрагивающий физиологические функции организма. Осознание сути стрессовых реакций и их воздействия на здоровье создает основу для создания действенных мер профилактики и терапии, нацеленных на поддержание

внутреннего баланса организма и предотвращение заболеваний, спровоцированных длительным стрессом.

Литература

1. Айзман Р.И. Возрастная анатомия, физиология и школьная гигиена: рабочая тетрадь / Р.И. Айзман, Я.Л. Завьялова, Н.П. Абаскалова, Н.Ф. Лысова, М.В. Иашвили; под общ. ред.

Р.И. Айзмана. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2021. – 144 с.

2. Акарачкова Е.С. Стресс: причины и последствия, лечение и профилактика. Клинические рекомендации / Е.С. Акарачкова, А.И. Байдаулетова, А.А. Беляев – СПб.: Скифия-принт; М.: Профмедпресс, 2020. – 138 с.

3. Айзман Р.И. Физиология человека: учебное пособие / Р.И. Физман, Н.П. Абаскалова, Н.С. Шуленина; под ред. Р. И. Айзмана. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 432 с.

4. Гуцол А.О. Стресс (общий адаптационный синдром) / А. О. Гуцол – Текст: электронный // Научная электронная библиотека: [сайт]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50015527>.

5. Попова Л.М. Стресс жизни: сборник. / Л.М. Попова, И.В. Соколов. (О. Грегор. Как противостоять стрессу. Г. Селье. Стресс без болезней. – СПб, ТОО «Лейла», 1994. – 384 с.

6. Росин Я.А. Регуляция функций / Я.А. Росин; под ред. В.П. Подачина. – М.: Наука, 1984. – 166 с.

LAZAREVA Maria Sergeevna

Student, Novosibirsk State Pedagogical University, Russia, Novosibirsk

ZAVYALOVA Yana Leonidovna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Safety of Life, Novosibirsk State Pedagogical University, Russia, Novosibirsk

THE PHENOMENON OF STRESS: THE ESSENCE, MECHANISMS AND EFFECTS ON THE HUMAN BODY

Abstract. *The article analyzes the phenomenon of stress, its physiological mechanisms and its effect on the functioning of the human body. The physiological mechanisms of the stress response are considered in detail, including the role of hormones (adrenaline, cortisol, glucagon), the influence of the sympathetic and parasympathetic nervous systems, as well as the sequence of three stages of stress: anxiety, resistance, and exhaustion. Attention is paid to various types of stress – eustress (positive) and distress (destructive), as well as the conditions of transition of chronic stress into pathology.*

Keywords: *stress, Hans Selye, Leon Orbeli, A.D. Slonim, adaptation syndrome, sympathetic nervous system, hypothalamic-pituitary-adrenal system, adrenaline, cortisol, eustress, distress, homeostasis, psychosomatic diseases, immunity, hypothyroidism, cardiovascular diseases, diabetes mellitus, bronchial asthma, atopic dermatitis, gastrointestinal diseases, adaptation, autonomic nervous system.*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

KARPUKHIN Sergey Alexandrovich

Master's Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov

YAROSHEVSKY Stanislav Dmitrievich

Master's Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov

TECHNOLOGICAL PROCESS FOR THE PRODUCTION OF PIGMENT RED "ZH"

Abstract. This article examines the technological process for the production of pigment red "Zh," its mathematical and simulation parameters, and the static and dynamic characteristics of controlled objects using a mathematical model developed by the automated process control system. The overall result is placed in a historical context.

Keywords: automation, process, methods, production.

Introduction

Pigment red "Zh" is used in the paint and varnish industry for the production of general-purpose paints, artistic paints, and alkyd enamels.

For industrial production of pigment red "Zh," a method is used based on the coupling reaction of diazotized 4-nitroaniline with sodium 2-naphthol [1].

Process control for the production of pigment red "Zh" is complicated by the multi-stage, continuous-discrete nature of the main technological processes, their geographical distribution, and temporal isolation.

The problem of increasing the efficiency of the pigment red "Zh" production process can be solved by developing an automated process control system (APCS) for production and implementing specified process modes within it.

The relevance of this problem is determined by the need to develop an automated process control system (APCS) for production using modern hardware and software automation tools.

Materials and Methods

Azo pigments are a group of insoluble monoazo dyes and occupy a leading position among organic pigments of yellow, orange, and red shades [4].

These pigments are distinguished by a number of valuable properties:

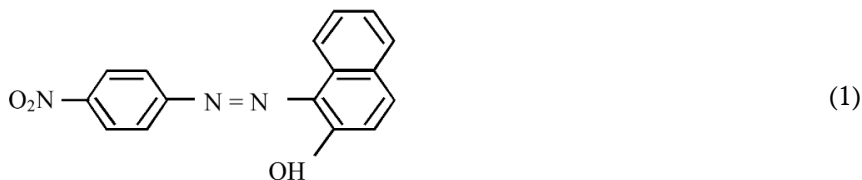
- pure and bright color;
- high hiding power and intensity;
- resistance to light, atmospheric factors, and many chemical reagents.

The basic method for synthesizing azo pigments involves two steps:

- Diazotization of the amine.
- Combination of the resulting compound with naphthol.

Currently, azo pigment production is based on batch technology. Its key feature is that the process parameters constantly change over time, and their dynamics are virtually impossible to reproduce when repeating operations.

Structural formula:



Empirical formula:



Molar mass – 293.27 kg/mol.

Table shows the raw material consumption rates for the diazotization stage.

Table

Raw material consumption rates for the diazotization stage

Name of raw materials	Molar mass, kg/mol	Mass fraction, %	Weight, kg		Amount of substance, mol	Density kg/dm ³	Volume, l (dm ³)
			tech.	100%			
4-nitroaniline	138.1	78.0	177.0	138.1	1.000		
Hydrochloric acid	36.5	27.5	330.6	90.9	2.4904	1.137	290.8
Sodium nitrite	69.0	40.0	176.3	70.5	1.0217	1.299	135.7
Water for technology	18.0		2700	2700		1.000	2700.0
Water for rinsing the device	18.0		100			1.000	100.0
Sulfamic acid	97.0	86.0	2.5	2.1	0.0217		

The mathematical model can be represented as:

$$y = M(x, \eta, \gamma), \quad (3)$$

Where x – vector of input coordinates; η – vector of identifiable parameters; γ – vector of parameters specified a priori.

Results and Discussion

To study the influence of input parameters on the key process indicator – the temperature of the reaction mixture – dynamic process characteristics

were constructed. The method for obtaining them involved varying the input parameters within a range of $\pm 20\%$ relative to a certain initial value.

The results are presented graphically:

- Figure 1 shows graphs of changes in the concentrations of substances in the reactor;
- Figure 2 shows a graph of the dynamic characteristics of the controlled object.

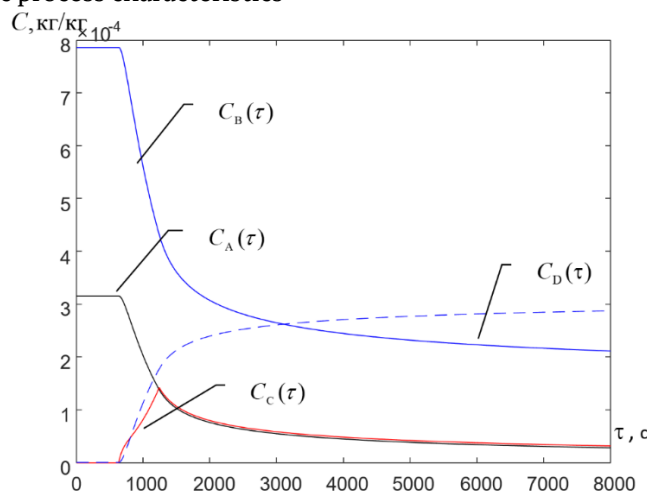


Fig. 1. Transient functions of the control object – changes in the concentrations of substances in the reactor

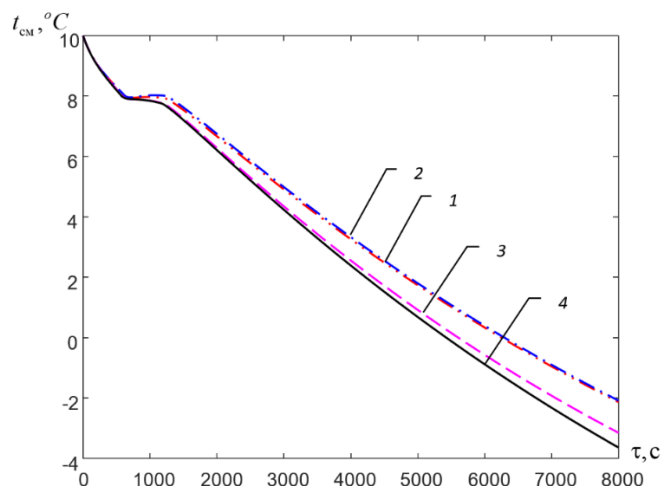


Fig. 2. Graphs of changes in the temperature of the reaction mixture for various combinations of input effects

- 1 – $G_p = 0.5 \text{ кг/с}$, $t^{BX} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_p^{BX} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 2 – $G_p = 0.5 \text{ кг/с}$, $t^{BX} = 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_p^{BX} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 3 – $G_p = 0.6 \text{ кг/с}$, $t^{BX} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_p^{BX} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- 4 – $G_p = 0.5 \text{ кг/с}$, $t^{BX} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_p^{BX} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figure 3 shows the structural diagram of the automated process control system for the production of red pigment “Zh”.

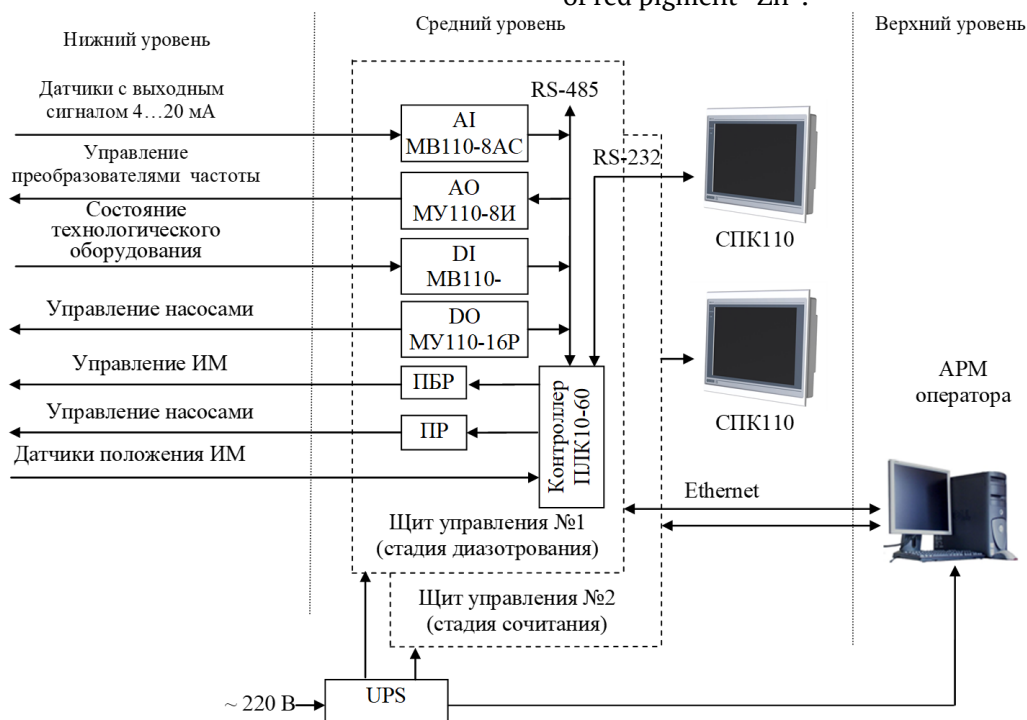


Fig. 3. Structural diagram of the automated process control system for the red pigment “Zh”

Figure 4 shows the “Technological Process” mnemonic diagram of the automated process control system operator workstation for the production of pigment red “G.” The mnemonic diagram depicts the main equipment used in the production of pigment red “G.” Instruments for

monitoring key process parameters (liquid level, temperature, component quantities, and valve status) are also shown. Process information is archived on the hard drive and can be displayed as trends over a specified time period on the display.

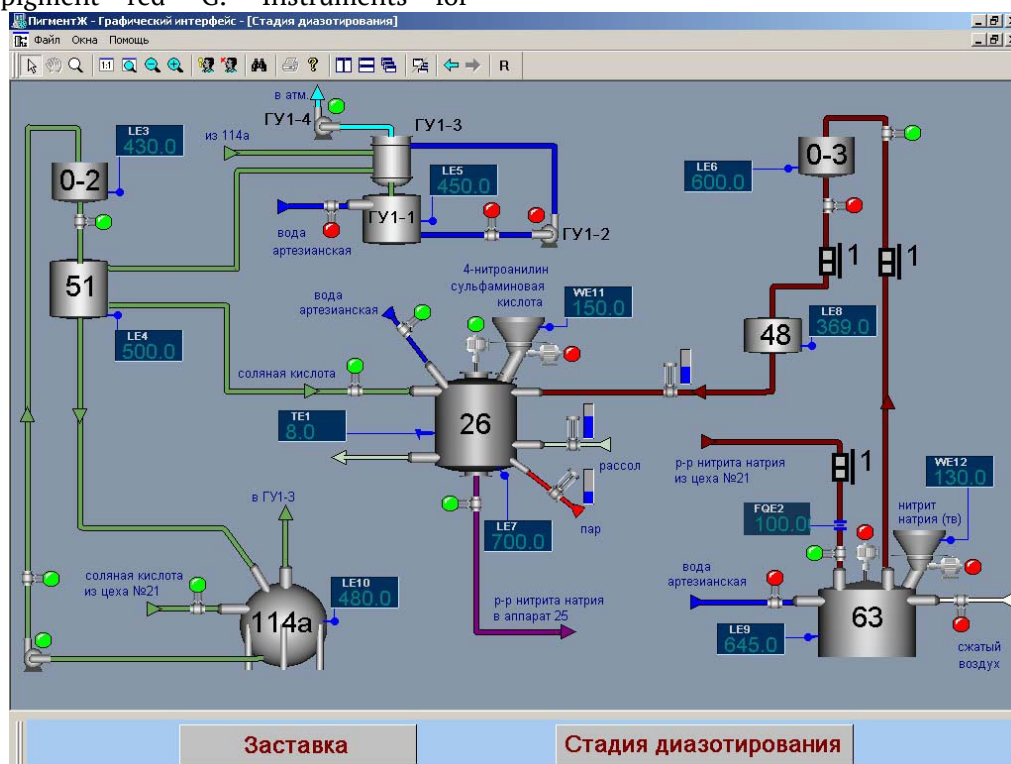


Fig. 4. Mnemonic diagram “Diazotization stage”

Conclusion

Based on an analysis of the current state of technology and research in the field of modeling and process control for the production of pigment red "G," the goal and objectives of the study were established.

A mathematical model of the Pigment Red "G" production process at the diazotization stage was developed, taking into account the characteristics of the feedstock.

Parametric identification of the developed mathematical model was conducted based on experimental data.

Simulation studies of the Pigment Red "G" production process at the diazotization stage were conducted.

The structure of the automated process control system for the production of Pigment Red "G" was selected, and an automated operator workstation was developed in the KRUG-2000 SCADA system.

References

1. Shuvalov V.V. Automation of Processes in the Chemical Industry. Moscow: Chemistry. 1991. 480 p.
2. Price Catalog for Automation Instruments and Equipment.
3. Automation of Production Processes in the Chemical Industry. Textbook for Technical Schools. 2nd ed., supplemented and revised. Moscow: Chemistry. 1985. 352 p.

КАРПУХИН Сергей Александрович

магистрант, Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

ЯРОШЕВСКИЙ Станислав Дмитриевич

магистрант, Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

ВЛИЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются технологический процесс производства пигмента красного «Ж», математическое и имитационные параметры, статические и динамические характеристики регулируемых объектов с помощью математической модели, разработанные АСУ ТП производства. Рассматривается общий результат в историческом контексте.

Ключевые слова: автоматизация, процесс, методы, производство.

АХУНДОВ Рустам Назим оглу

магистрант,

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

КУЛИЕВ Самир Закир оглу

доцент,

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

СОВМЕЩЕНИЕ ЭТАПОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В работе представлен единый подход к одновременному решению двух традиционно разделяемых задач в теории динамических систем: параметрической идентификации математических моделей и определение оптимального режима работы. Предлагаемый подход основан на использовании математической модели, описывающей эволюцию динамического процесса, и включает критерии оптимизации непосредственно в процедуру оценки параметров. В результате совместной процедуры, в которой оценка неизвестных параметров модели осуществляется одновременно с поиском управляющих воздействий, формируется субоптимальное, но практически эффективное решение управления, обеспечивающее функционирование системы в окрестности её идеального режима. Такая интеграция позволяет явно учитывать влияние управляющих воздействий на поведение системы уже на этапе параметрической идентификации в рамках единого вычислительного контура, что повышает общую согласованность и практическую применимость получаемого решения управления. Классический подход, при котором параметрическая идентификация и оптимизация управления выполняются последовательно, приводит к накоплению ошибок: неточность идентификации напрямую снижает эффективность управления, что особенно критично для нестационарных объектов, параметры которых изменяются во времени. В отличие от классического подхода совмещённая процедура объединяет эти этапы и, несмотря на увеличение вычислительной сложности, обеспечивает более устойчивые результаты. В работе получены необходимые аналитические соотношения, разработаны вычислительные алгоритмы и рассмотрены особенности практической реализации предложенного метода. Эффективность идеи демонстрируется результатами численных экспериментов и компьютерного моделирования, демонстрирующих её перспективность для решения сложных задач управления и моделирования в инженерных приложениях.

Ключевые слова: динамические системы, параметрическая идентификация, оптимальный режим работы, математическое моделирование, субоптимальное решение.

Введение

Современные технологические и инженерные системы характеризуются возрастающей сложностью, высокой степенью нелинейности и наличием неопределённостей, обусловленных как внешними возмущениями, так и изменением внутренних параметров объектов управления. В таких условиях обеспечение требуемого качества автоматизированного управления напрямую зависит от адекватности используемых математических моделей. Недостаточная точность модели приводит к снижению эффективности синтезируемых

алгоритмов управления, ухудшению устойчивости и отклонению режимов функционирования от оптимальных.

При анализе и управлении технологическими процессами нередко применяются статистические подходы к построению моделей, эффективность которых обычно предполагает неизменность структуры динамики объекта на рассматриваемом интервале времени. Однако в условиях, описанных выше, задача выбора адекватного математического описания приобретает принципиальное значение. Модель, корректно описывающая объект в глобальном

смысле, часто демонстрирует недостаточную точность в локальных областях пространства параметров.

Цель

Целью данной работы является разработка и исследование подхода, направленного на совместное решение задач параметрической идентификации и оптимизации управления динамической системой в рамках единой итерационной процедуры. Мы рассмотрим два варианта этой совмещенной процедуры: первый вариант предполагает исключение наблюдений, удаленных от текущей оптимальной точки, что позволяет сосредоточить идентификацию на области, наиболее значимой для формирования оптимального режима. Второй вариант использует весь доступный массив наблюдений, при этом наблюдениям присваиваются веса в зависимости от их близости к формирующемуся оптимуму.

Дополнительной целью исследования является анализ практической эффективности предложенного подхода на основе численных экспериментов, а также сравнение получаемых стратегий управления с результатами традиционного последовательного решения задач параметрической идентификации и оптимизации. Предполагается показать, что совмещенная процедура способна приводить к существенно отличающимся и более эффективным

стратегиям управления по сравнению с классическим подходом.

Постановка задачи

Рассмотрим динамическую систему или некоторый технологический процесс, текущее состояние которого $x(t) \in R^n$ в момент времени $t \in [0, T]$ определяется начальным состоянием $x_0 \in R^n$, набором неуправляемых (нерегулируемых) параметров $v \in R^m$, значения которых заданы на начальном этапе процесса, и набором управляемых (регулируемых) параметров $u \in R^r$, определенных на всем временном промежутке $[0, T]$.

Пусть эволюция динамического процесса описывается следующей задачей Коши:

$$\dot{x}(t) = g(x(t), u, v, p), x(0) = x_0 \in X_0, \quad (1)$$

Где $x(t) = x(t; x_0, u, v)$ – функция, описывающая процесс соответствующий начальному состоянию x_0 , фиксированным значениям неуправляемых параметров $v \in V$ и выбранным значениям управляемых параметров $u \in U$; $p \in P$ – вектор параметров математической модели; P – множество допустимых значений параметров математической модели процесса; V и U – представляют собой множества допустимых значений неуправляемых и управляемых параметров соответственно; и X_0 – множество возможных начальных состояний процесса.

Пусть функционал, определенный следующим образом:

$$F(u, x_0, v, p) = \int_0^T h(x(t), u, v) dt + \Phi(x(T), u, v), \quad (2)$$

Который необходимо минимизировать относительно $u \in U$, отражает качество выбранных значений управляемых параметров u в зависимости от заданного начального состояния x_0 и значений неуправляемых параметров v , где $h(\cdot)$ и $\Phi(\cdot)$ – непрерывно-дифференцируемые функции, которые определяют текущие и конечные затраты процесса соответственно.

На практике динамика системы $g(\cdot)$ не всегда известна в явном виде; В таком случае выделяется некоторый класс параметрических моделей. Идентификация конкретной функции в рамках этого класса опирается на экспериментальные данные и производится в два этапа:

1. Структурная идентификация, которая определяет вид функциональной зависимости с точностью до вектора параметров p ;

2. Параметрическая идентификация, которая оценивает численные значения этих параметров [1].

Предположим, что этап структурной идентификации – выполнен, на основе априорной информации или экспертных предположений, таким образом динамика системы аппроксимируется следующим образом:

$$\dot{y}(t) = f(y(t), u, v, p), t \in [0, T], \quad (3)$$

Где f – вектор-функция, параметризованная $p \in R^l$ и непрерывно-дифференцируемая по своим аргументам; $p \in P$ – вектор параметров математической модели процесса, значения которых необходимо найти на этапе параметрической идентификации. Обратим внимание, что аппроксимация (3) может не полностью отражать реальную динамику системы.

Для оценки параметров поведение системы наблюдается при различных конфигурациях $u^i \in U$ и $v^i \in V$, при этом наблюдения могут проводиться в конкретные моменты времени $t_{i,j} \in [0, T]$:

$$x_j^i = x^i(t_{i,j}; v^i, u^i), i = \overline{1, N}, j = \overline{0, L_i}, \quad (4)$$

Или, к примеру, только в начальный и конечный моменты времени $t = 0$ и $t = T$:

$$x_0^i = x^i(0; v^i, u^i), x_T^i = x^i(T; v^i, u^i), i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

Наблюдения также могут представлять собой данные временных рядов за интервалы:

$$x_j^i = x^i(t; v^i, u^i), t \in [t_{i,j-1}, t_{i,j}], i = \overline{1, N}, j = \overline{0, L_i}, \quad (6)$$

Каждому наблюдению соответствует некоторый весовой коэффициент $\sigma_i \in [0, 1]$, отражающий надежность данных. Используя такие данные, можно представить задачу параметрической идентификации как задачу

1. При наблюдениях вида (4):

$$S_1(p) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sigma_i \|y^i(t_{i,j}) - x_j^i\|_{R^n}^2 + \varepsilon \|p\|_{R^l}^2, \quad (7)$$

2. При наблюдениях вида (5):

$$S_2(p) = \sum_{i=1}^N \sigma_i \|y^i(T) - x_T^i\|_{R^n}^2 + \varepsilon \|p\|_{R^l}^2, \quad (8)$$

3. При наблюдениях вида (6):

$$S_3(p) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{L_i} \sigma_i \int_{t_{i,j-1}}^{t_{i,j}} \|y^i(t) - x_j^i(t)\|_{R^n}^2 dt + \varepsilon \|p\|_{R^l}^2, \quad (9)$$

Здесь $y^i(t) = y(t; v^i, u^i, p)$ – решение (3) при входных параметрах v^i, u^i, p и начальном условии $y^i(0) = x_0^i$; $\varepsilon \|p\|_{R^l}^2$ – член регуляризации, обеспечивающий численную устойчивость и устраняющий некорректности в оценке [3, 4].

Следовательно, построение модели принятия решений для управления такими системами включает два основных этапа:

1. Параметрическая идентификация путем минимизации одного из функционалов $S_1(p)$, $S_2(p)$ или $S_3(p)$ на основе имеющихся данных;

2. Решение задачи оптимального управления (2) и (3) для фиксированной модели, определённой идентифицированными параметрами путем минимизации функционала $F(u)$ при заданном начальном состоянии $x_0 \in X_0$ и векторе неуправляемых параметров $v \in V$.

$$p^{(k+1)} = Proj_p(p^{(k)} - \alpha_k \nabla S(p^{(k)})) \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (10)$$

Где $Proj_p(\cdot)$ – обозначает проекцию на допустимую область P ; α_k – шаг минимизации.

Градиент $\nabla S(p^{(k)})$ вычисляется по формуле:

$$\nabla S(p^{(k)}) = 2\varepsilon p^{(k)} - \sum_{i=1}^N \int_0^T \frac{\partial f(y^i(t), u^i, v^i, p^{(k)})}{\partial p} \psi^i(t) dt, \quad (11)$$

Где каждая $y^i(t)$ – есть решение (3) с начальным условием $y^i(0) = x_0^i$; $\psi^i(t)$ – удовлетворяет сопряженной задаче, вид которой зависит от вида наблюдений и функционала. К

$$\psi^i(t) = - \left[\frac{\partial f(y^i(t), u^i, v^i, p)}{\partial y} \right]^T \psi^i(t) + 2\sigma_i \sum_{j=1}^{L_i} [y^i(t) - x_j^i] \delta(t - t_{i,j}), t \in (0, T], \quad (12)$$

При условии:

$$\psi^i(T) = 0, \quad (13)$$

Где $\delta(\cdot)$ – функция Дирака; T – знак транспонирования матрицы. Для наблюдений вида

$$\psi^i(t) = - \left[\frac{\partial f(y^i(t), u^i, v^i, p)}{\partial y} \right]^T \psi^i(t) + 2\sigma_i \sum_{j=1}^{L_i} [y^i(t) - x_j^i(t)] \chi_j^i(t), t \in (0, T], \quad (14)$$

При том же условии, что и (13), где χ_j^i – функция Хэвисайда, определенная как:

минимизации функционала, к примеру, методом наименьших квадратов. В зависимости от формата наблюдения функционал принимает один из следующих видов [2]:

Численное решение

Как задача параметрической идентификации (3–9), так и задача оптимального управления (2) и (3), относятся к категории параметрических задач оптимального управления. Таким образом, для их решения могут быть использованы устоявшиеся численные методы оптимизации, в частности, эффективные методы первого порядка. К примеру, когда множества допустимых значений параметров P и U – имеют простые геометрические структуры (например, сфера, параллелепипед), то очень эффективным является метод проекция градиента [5, 6, 7].

Градиентная параметрическая идентификация

Для оценки вектора параметров p мы используем следующий итерационный процесс:

примеру, для наблюдений вида (4) или (5) и для функционала (7) сопряженная задача выглядит следующим образом:

(6) и для функционала (9) сопряженная задача выглядит так:

$$\chi_j^i(t) = \begin{cases} 1, t \in \bigcup_{j=1}^N [t_{i,j-1}, t_{i,j}] \cap [t, T] \\ 0, t \notin \bigcup_{j=1}^N [t_{i,j-1}, t_{i,j}] \cap [t, T] \end{cases} \quad (15)$$

Описанные выше соотношения могут быть получены либо с применением метода вариаций оптимизируемых параметров, либо посредством обращения к известным результатам из работ [5, 6, 8, 9], поскольку задачи (3–9) являются частным случаем общей постановки задачи оптимального управления.

Градиентный метод оптимального управления

После процедуры параметрической идентификации, получив оценки параметров системы p , опишем процедуру решения задачи оптимального управления. Вектор оптимального управления u может быть найден аналогичным методом проекции градиента:

$$u^{(k+1)} = Proj_u(u^{(k)} - \alpha_k \nabla F(u^{(k)})) \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (16)$$

Где:

$$\nabla F(u^{(k)}) = \int_0^T \left(-\frac{\partial h(y^{(k)}(t), u^{(k)}, \bar{v}, p)}{\partial u} + \left[\frac{\partial f(y^{(k)}(t), u^{(k)}, \bar{v}, p)}{\partial u} \right]^T \varphi^{(k)}(t) \right) dt + \frac{\partial \Phi(y^{(k)}(T), u^{(k)}, \bar{v})}{\partial u}, \quad (17)$$

Тут $y^{(k)}(t) = y(t; u^{(k)}, \bar{v}, p)$ – решение, полученное при текущем управлении $u^{(k)}$ при

начальном условии $y^{(k)}(0) = \bar{x}_0$; $\varphi^k(t) = \varphi^k(t; \bar{x}_0, u^{(k)}, \bar{v})$ – решение сопряженной задачи:

$$\dot{\varphi}^k(t) = \frac{\partial h(y^{(k)}(t), u^{(k)}, \bar{v}, p)}{\partial y} - \left[\frac{\partial f(y^{(k)}(t), u^{(k)}, \bar{v}, p)}{\partial y} \right]^T \varphi^k(t), t \in [0, T], \quad (18)$$

При условии:

$$\varphi^k(T) = -\frac{\partial \Phi(y^{(k)}(T), u^{(k)}, \bar{v})}{\partial y}, \quad (19)$$

Ключевым недостатком классического двухэтапного подхода является его зависимость от единственной оценки параметров, основанной на имеющихся наблюдениях. Кроме того, при аппроксимации функции $g(\cdot)$ часто используются линейные или квадратичные приближения, поэтому оценочные значения траектории могут существенно отличаться от реальной траектории, особенно когда начальные состояния или параметры управления значительно изменяются в процессе наблюдений. Для решения этой проблемы предлагается единый алгоритм, объединяющий процедуры

параметрической идентификации и оптимизации управления. В частности, после каждого шага оптимизации управления (16) параметры p будут повторно идентифицироваться на основе данных, взвешенных по их близости к текущему контексту оптимума. В этом случае, каждому наблюдению i назначаются веса $\phi^i(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)})$, $i = 1, 2, \dots, N$, обратно пропорциональные расстоянию между наблюдаемыми параметрами процесса (x_0^i, v^i, u^i) и значениями $(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)})$. В таком случае функционал (7) на k -ой итерации принимает вид:

$$S_1^k(p; \bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)}) = \sum_{i=1}^N \phi^i(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)}) \sum_{j=1}^{L_i} \sigma_i \|y^i(t_{i,j}; v^i, u^i, p) - x_j^i\|_{R^n}^2 + \varepsilon \|p\|_{R^l}^2, \quad (20)$$

И в случае, когда $L_i = 1$ и $t_{i,L_i} = T$, функционал (8) принимает вид:

$$S_2^k(p; \bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)}) = \sum_{i=1}^N \phi^i(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)}) \sigma_i \|y^i(T; v^i, u^i, p) - x_T^i\|_{R^n}^2 + \varepsilon \|p\|_{R^l}^2, \quad (21)$$

Таким же образом изменяется и функционал (9). Такое локальное взвешивание обеспечивает, что оцениваемые параметры p лучше отражают динамику, соответствующую

текущей точке управления. В качестве весовых функций может использоваться функция следующего вида:

$$\begin{aligned} \phi^i(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)}) &= \phi_x^i(\bar{x}_0) + \phi_v^i(\bar{v}) + \phi_u^i(u^{(k)}), \\ \phi_x^i(\bar{x}_0) &= e^{-\lambda_1 \|x_0^i - \bar{x}_0\|}; \phi_v^i(\bar{v}) = e^{-\lambda_2 \|v^i - \bar{v}\|}; \phi_u^i(u^{(k)}) = e^{-\lambda_3 \|u^i - u^{(k)}\|}, \end{aligned} \quad (22)$$

Тут $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – постоянные. При этом функции $\phi_x^i(\bar{x}_0)$, $\phi_v^i(\bar{v})$ – остаются неизменными как в процессе параметрической идентификации, так и в процессе оптимизации управления. Они становятся известными после того, как задаются начальное состояние \bar{x}_0 и неуправляемые параметры \bar{v} . А параметры процесса p будут изменяться в ходе итерационного процесса оптимизации управления (16) в силу изменения

значений функции $\phi_u^i(u^{(k)})$, $i = 1, 2, \dots, N, k = 1, 2, \dots$.

Замечание 1. В качестве альтернативы аддитивной форме весовой функции (22) можно использовать мультипликативную формулу: $\phi^i(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)}) = \phi_x^i(\bar{x}_0) * \phi_v^i(\bar{v}) * \phi_u^i(u^{(k)})$, либо любую другую функцию, монотонно убывающую по мере увеличения значений разностей $\|x_0^i - \bar{x}_0\|$, $\|v^i - \bar{v}\|$, $\|u^i - u^{(k)}\|$.

Замечание 2. Альтернативная реализация стратегии совместного решения задачи параметрической идентификации и оптимизации управления заключается в исключении наблюдений, удалённых от текущих значений $(\bar{x}_0, \bar{v}, u^{(k)})$. В частности, на каждой итерации оптимизации управления (16) сохраняются только те наблюдения, которые находятся в пределах заранее заданного порога близости. В этом варианте реализации совместного

$$F(u; \bar{x}_0, \bar{v}, p^*(u)) \rightarrow \min_{u \in U}, p^*(u) = \arg \min_{p \in P} S(p; \bar{x}_0, \bar{v}, u), \quad (24)$$

Тут $F(\cdot)$ и $S(\cdot)$ – обозначают функционалы, аналогичные тем, которые были определены в (2), (20) и (21), в то время как значения (\bar{x}_0, \bar{v}) – известны. Пара точек $(u^*, p^*(u^*))$ – есть решение задачи (23) или (24), к тому же она отражает тот факт, что в процессе параметрической идентификации модели большое значение придается наблюдениям в окрестности u^* . Таким образом идентифицированная математическая модель становится «локально оптимальной» в окрестности реализуемой стратегии управления.

Для реализации описанной выше стратегии предлагается следующий алгоритм:

1. Инициализация. Для известных значений начального состояния \bar{x}_0 и неуправляемых параметров \bar{v} для всех наблюдений вычислить значения функций $\phi_x^i(\bar{x}_0)$ и $\phi_v^i(\bar{v})$. Установить значения $k = 0$ и $\phi_u^i(u^{(k)}) = 1, i = 1, 2, \dots, N$.

2. Оценка параметров. Используя выражения (10–15), выполнить процедуру параметрической идентификации и получить начальную оценку параметров $p^{(k)*}$.

3. Оптимизация управления. Применить итерационные формулы (16–19) для получения значений вектора управляемых параметров $u^{(k)*}$.

4. Уточнение. Используя один шаг итерационных формул (16–19), обновить значения вектора управляемых параметров до $u^{(k+1)*}$, затем пересчитать значения весовой функции $\phi_u^i(u^{(k+1)})$ и переоценить параметры $p^{(k+1)*}$.

5. Проверка сходимости. Если $\|u^{(k+1)*} - u^{(k)*}\| > \varepsilon$, то установить $k = k + 1$ и вернуться к шагу 4. Иначе завершить алгоритм, так как достигнута требуемая точность $\varepsilon > 0$.

При реализации данного алгоритма в какой-либо системе автоматизированного управления не требуется сохранять данные математической модели процесса. Вместо этого можно сохранять данные «информационной модели» процесса, состоящую из:

решения весовые функции $\phi^i(\cdot)$ не используются, а параметрическая идентификация выполняется только на сокращённом наборе наблюдений.

В предлагаемой совмещенной модели задачи параметрической идентификации и оптимизации управления объединяются в единую задачу в следующей форме:

$$F(u; \bar{x}_0, \bar{v}, \arg \min_{p \in P} S(p; \bar{x}_0, \bar{v}, u)) \rightarrow \min_{u \in U}, \quad (23)$$

Или:

1. Структуры дифференциальных уравнений (3);
2. Функционала (2);
3. Наблюдений (4), (5) или (6).

Очевидно, что предлагаемый подход требует больших вычислительных затрат по сравнению с классическим двухэтапным подходом. Однако он учитывает специфические значения начальных состояний и неуправляемых параметров в процессе оптимизации управления. В результате вышеописанной процедуры модель становится локально оптимальной в окрестности точки $u^* \in U$.

Результаты численных экспериментов

В качестве тестовой системы для исследования эффективности предложенного совмещенного подхода рассмотрим модифицированную модель Лотки-Вольтерры (хищник-жертва) с управлением. Пусть реальное поведение системы описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} ax_1 \left(1 - \frac{x_1}{5}\right) - 0.6 \frac{x_1 x_2}{1 + 0.1 x_1} - u_1 x_1 = \dot{x}_1(t) \\ -bx_2 + 0.4 \frac{x_1 x_2}{1 + 0.1 x_1} - u_2 x_2 = \dot{x}_2(t) \end{cases}, \quad (25)$$

Где $x_1(t)$ – плотность популяции жертв; $x_2(t)$ – плотность популяции хищников; $a = 1.5 + 0.3v$ – коэффициент рождаемости жертв; $b = 0.8 - 0.2v$ – коэффициент смертности хищников; $v \in [-0.5, 1]$ – неуправляемый параметр среды, отражающий внешние условия, влияющие на коэффициент рождаемости жертв a и коэффициент смертности хищников b ; $u = (u_1, u_2)$ – вектор управляемых параметров, где u_1 и u_2 – доли плотностей популяций жертв и хищников соответственно, изымаемых в единицу времени; $t \in (0, T]$; $T = 1$ – длительность процесса; и $x_0 \in X_0 = \{x(0): 1.5 \leq x_1(0) \leq 2.5, 1.0 \leq x_2(0) \leq 1.8\}$.

Задача заключается в том, чтобы найти вектор управляемых параметров u , который минимизирует расстояние между значениями $x(T)$ и заданным значением $x_T = (2.045; 1.187)$,

которое выражено в виде следующего функционала:

$$F(u; x_0, v, p) = \|x(T; x_0, u, v) - x_T\|_{R^2}^2 \rightarrow \min_{u \in R^2}, \quad (26)$$

Численным решением задачи при значениях $x(0) = (2, 1.5)$ и $v = 0.5$ является вектор $u^* = (0.3, 0.2)$, который минимизирует функционал (25).

Теперь, предположим, что точный вид реального процесса неизвестен и для моделирования реального сценария, предположим, что

$$\begin{aligned} X_0 &= \{x(0): 1.5 \leq x_1(0) \leq 2.5, 1.0 \leq x_2(0) \leq 1.8\}, \\ V &= [-0.5, 1], \\ U &= \{u = (u_1, u_2): 0.1 \leq u_1 \leq 0.5, 0.05 \leq u_2 \leq 0.35\}, \end{aligned} \quad (28)$$

Множества X_0, V, U выбраны как окрестности целевого режима $(x_0, v, u^*) = ((2.0, 1.5), 0.5, (0.3, 0.2))$. Положительность диапазонов множеств X_0 и U соответствует физическому смыслу задачи: x_1, x_2 обозначают плотности популяций, а u_1, u_2 – доли плотностей популяций, изымаемых в единицу времени. Для воспроизводимости численных

$$S(p) = \sum_{i=1}^N \sigma_i \|y^i(T; v^i, u^i, p) - x_T^i\|_{R^2}^2 + \varepsilon \|p\|_{R^2}^2, \quad (29)$$

Где все наблюдения имеют одинаковый вес – $\sigma_i = 1$, а $\varepsilon = 10^{-4}$ – параметр регуляризации. При условии, что на параметры p не наложены ограничения ($P = R^2$), итерационный процесс метода проекции градиента вырождается в градиентный спуск:

$$p^{(k+1)} = p^{(k)} - \alpha_k \nabla S(p^{(k)}), \quad (30)$$

Градиент вычисляется с помощью решений прямых и сопряженных задач. Соответствующая сопряженная задача для каждого наблюдения i определена аналитически и решается с использованием следующего условия:

$$\psi^i(T) = 2[y^i(T; v^i, u^i, p^{(k)}) - x_T^i], \quad (31)$$

Для определения вектора оптимального управления u^i при известных значениях начального состояния и неуправляемого параметра v , мы применяем процедуру градиентного спуска, основанную на формулах, выведенных в предыдущем разделе. Соответствующая сопряженная задача также решается численно для вычисления значения $\nabla F(u^{(k)})$.

Сравнение подходов

Используя классический двухэтапный подход (этап 1 – параметрическая идентификация, этап 2 – оптимизация управления), были найдены значения параметров $p^* = (1.0320, 0.3385)$ с соответствующими оптимальными значениями управляемых параметров $u^* = (0.2491, 0.1999)$ с результирующими значениями функционалов $S(p^*) \approx 0.638$, $F(u^*) \approx 6.03 \cdot 10^{-3}$. Используя предложенный

процесс аппроксимируется следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} (a - p_1 y_2 - u_1) y_1 = \dot{y}_1(t) \\ (-b + p_2 y_1 - u_2) y_2 = \dot{y}_2(t) \end{cases} \quad (27)$$

Где $p = (p_1, p_2) \in R^2$ – вектор неизвестных параметров.

Пусть наблюдения за состоянием системы проводятся $N = 12$ раз при случайно выбранных значениях параметров $x^i(0) \in X_0$, $u^i \in U$ и $v^i \in V$, $i = \overline{1, N}$, равномерно распределенных в соответствующих допустимых множествах:

экспериментов фиксируется начальное значение генератора псевдослучайных чисел.

Для каждого наблюдения регистрируется конечное состояние x_T^i реальной системы в момент времени $T = 1$. Параметрическая идентификация данной модели приводит к минимизации функционала:

совмещенный подход, в рамках которого параметрическая идентификация и оптимизация управления проводятся в едином вычислительном контуре, удалось получить значительно более качественные результаты. Вычисленные значения параметров $p^* = (1.0252, 0.3385)$ и $u^* = (0.2582, 0.2002)$ с результирующими значениями функционалов $S(p^*) \approx 1.07$, $F(u^*) \approx 4.15 \cdot 10^{-3}$. Для вычисления значений весовых функций были использованы значения постоянных: $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$ и $\lambda_3 = 15$.

Заметим, что значение функционала идентификации $S(p^*)$ в совмещенном подходе оказывается больше, чем в двухэтапном. Это закономерно: функционал $S(p)$ представляет собой сумму квадратов отклонений предсказаний модели от наблюдаемых значений, причём в совмещенном подходе эта сумма вычисляется с весовыми коэффициентами, тогда как в двухэтапном подходе все наблюдения имеют равный вес. Совмещенная процедура не стремится подогнать модель равномерно по всем наблюдениям, а делает это локально, придавая больший вес наблюдениям из окрестности оптимального режима. Прямое сравнение значений S в двух подходах методологически некорректно – это значения разных функционалов, минимизируемых до своих собственных минимумов.

Объективным критерием сравнения подходов является значение функционала

управления $F(u^*)$, вычисленного при подстановке найденного u^* в реальный процесс согласно формуле (26). Совмещенный подход даёт $F(u^*) \approx 4.15 \cdot 10^{-3}$ против $F(u^*) \approx 6.03 \cdot 10^{-3}$ для двухэтапного подхода – улучшение качества управления реальным процессом в 1.45 раза.

Дополнительным подтверждением преимущества совмещенного подхода является сравнение полученных оптимальных управлений с истинным оптимальным значением $u^* = (0.3, 0.2)$, известным по построению тестовой задачи. Расстояния до истинного оптимума: для двухэтапного подхода – 0.0509; для совмещенного подхода – 0.0418. Управление, найденное совмещенным методом, оказывается ближе к реально оптимальному вектору, чем управление, полученное двухэтапным методом.

Данный численный эксперимент подчёркивает явное преимущество совмещенной процедуры по сравнению с классической

двухэтапной процедурой: она позволяет получать управление, обеспечивающее более высокое качество функционирования реального процесса в окрестности целевого режима.

Анализ чувствительности по параметрам весовых функций

Эффективность совмещенного подхода существенно зависит от выбора параметров $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ в весовых функциях $\phi^i = \phi_x^i + \phi_v^i + \phi_u^i$. С целью изучения этой зависимости проведены серии вычислительных экспериментов, в каждом из которых варьируется один из параметров λ_j при фиксированных остальных. Качество найденного управления оценивается по значению функционала $F(u^*)$ согласно формуле (26). Базовое значение для двухэтапного подхода составляет $F(u^*) \approx 6.03 \cdot 10^{-3}$.

В таблице 1 приведены результаты варьирования параметра λ_3 (вес близости по управлению) при фиксированных $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$.

Таблица 1

Влияние λ_3 на качество управления

λ_3	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	15.0	25.0
$F(u^*) \cdot 10^{-3}$	5.57	5.46	5.26	4.81	4.36	4.15	4.05

Из таблицы 1 видно, что увеличение λ_3 от 0.5 до 25 приводит к монотонному улучшению качества управления – от $F = 5.57 \cdot 10^{-3}$ до $F = 4.05 \cdot 10^{-3}$. При всех значениях λ_3 совмещенный подход превосходит двухэтапный.

В таблице 2 приведены результаты варьирования параметра λ_1 (вес близости по начальному состоянию) при фиксированных $\lambda_2 = 1, \lambda_3 = 15$.

Таблица 2

Влияние λ_1 на качество управления

λ_1	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	15.0	25.0
$F(u^*) \cdot 10^{-3}$	4.50	4.16	3.71	3.41	3.71	3.90	4.00

Зависимость $F(u^*)$ от λ_1 имеет выраженный U-образный характер с минимумом при $\lambda_1 = 5$. Слишком малые значения λ_1 ослабляют локализирующее действие весовой функции ϕ_x^i , тогда как слишком большие приводят к «вырождению» выборки.

В таблице 3 приведены результаты варьирования параметра λ_2 (вес близости по неуправляемому параметру) при фиксированных $\lambda_1 = 1, \lambda_3 = 15$.

Таблица 3

Влияние λ_2 на качество управления

λ_2	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	15.0	25.0
$F(u^*) \cdot 10^{-3}$	4.25	4.16	3.81	2.71	1.94	1.79	1.95

Зависимость $F(u^*)$ от λ_2 также имеет U-образный характер с минимумом при $\lambda_2 = 15$, причем изменение λ_2 оказывает наибольшее влияние на результат среди всех трех параметров. При оптимальном значении $\lambda_2 = 15$ функционал $F(u^*) = 1.79 \cdot 10^{-3}$, что соответствует

улучшению в 3.4 раза по сравнению с двухэтапным подходом.

Выводы из анализа чувствительности

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, по всем трем параметрам $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ совмещенный подход

демонстрирует устойчивое преимущество над двухэтапным во всем исследованном диапазоне значений. Во-вторых, по параметрам λ_1 и λ_2 зависимость $F(u^*)$ имеет U -образный характер с выраженным минимумом, что указывает на существование оптимального уровня локализации выборки. В-третьих, наибольший эффект достигается при варьировании параметра λ_2 , что может быть связано с большим влиянием неуправляемого параметра v на динамику рассматриваемой системы Лотки-Вольтерры.

Полученные результаты указывают на перспективное направление дальнейших исследований – разработку методики адаптивного выбора параметров λ_j в зависимости от структуры конкретной задачи и характеристик имеющейся выборки наблюдений.

Заключение

В данной работе была представлена совмещенная процедура, которая одновременно решает задачи параметрической идентификации и оптимизации динамических процессов. В отличие от традиционных двухэтапных методов, которые рассматривают эти задачи, как отдельные, независимые друг от друга задачи, предложенная совмещенная процедура объединяет их в едином вычислительном контуре. Это позволяет получить субоптимальное решение, точно отражающее функционирование системы в окрестности её целевого режима.

Существенное достоинство метода состоит в том, что при идентификации параметров приоритет отдается тем экспериментальным данным, которые получены в условиях, наиболее близких к текущему режиму функционирования системы и реализуемому управлению. Такая схема приводит к построению модели, более адекватной реальной ситуации, в которой осуществляется синтез и реализация управляющих воздействий.

Несмотря на возрастание вычислительной нагрузки, обусловленной повторной

идентификацией параметров на каждом шаге оптимизации управления, проведенные численные эксперименты подтверждают эффективность предлагаемого подхода. Важно подчеркнуть, что стратегии управления, синтезированные в рамках данной процедуры, могут заметно отличаться от решений, полученных при классическом двухэтапном подходе; тем не менее при проверке на моделях с учетом истинной динамики системы они демонстрируют более высокую точность и эффективность.

Литература

1. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975. – 495 с.
2. Мотульский Х., Христопулос А. Подгонка моделей к биологическим данным с использованием линейной и нелинейной регрессии: практическое руководство по аппроксимации кривых. Оксфорд: Издательство Оксфордского университета, 2023.
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.А. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979. – 284 с.
4. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики: Учебное пособие. Изд. 3-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2009. – 480 с.
5. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. – М.: Наука, 1982. – 264 с.
6. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. – М.: Факториал Пресс, 2002. – 824 с.
7. Дж. Носедал, Дж. Райт С. Численная оптимизация. Нью-Йорк: Springer, 2006.
8. Габасов Р., Кирилова Ф.М. Принцип максимума в теории оптимального управления. – Минск: Наука и техника, 1974. – 272 с.
9. Лакшмикантам В. Метод вариации параметров для динамических систем. Лондон: Routledge, 2019.

AKHUNDOV Rustam Nazim oglu

Master Student, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan, Baku

QULIYEV Samir Zakir oglu

Associate Professor, Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan, Baku

COMBINING THE STAGES OF PARAMETRIC IDENTIFICATION AND OPTIMIZATION OF DYNAMIC PROCESSES

Abstract. *This paper presents a unified approach to the simultaneous solution of two traditionally separated problems in the theory of dynamic systems: parametric identification of mathematical models and determination of the optimal operating regime. The proposed approach is based on the use of a mathematical model that describes the evolution of a dynamic process and embeds optimization criteria directly into the parameter estimation procedure. As a result of the combined procedure, in which unknown model parameters are estimated simultaneously with the search for control actions, a suboptimal but practically efficient control solution is formed that ensures system operation in the vicinity of its ideal regime. Such integration makes it possible to explicitly account for the influence of control actions on system behaviour already at the stage of parametric identification within a unified computational framework, thereby improving the overall consistency and practical applicability of the resulting control solution. The classical approach, in which parametric identification and control optimization are performed sequentially, leads to error accumulation: identification inaccuracies directly reduce control efficiency, which is particularly critical for nonstationary objects with time-varying parameters. In contrast to the classical approach, the combined procedure integrates these stages and, despite the increased computational complexity, provides more robust results. The paper derives the necessary analytical relationships, develops computational algorithms, and discusses the practical implementation of the proposed method. The effectiveness of the approach is demonstrated through numerical experiments and computer simulations, confirming its potential for solving complex control and modelling problems in engineering applications.*

Keywords: *dynamic systems, parametric identification, optimal operation mode, mathematical modelling, suboptimal solution.*

ИЛЬГУВАТОВА Наиля Аликовна

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

САФИНА Камила Рафисовна

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

*Научный руководитель – старший преподаватель
Московского государственного университета технологий
и управления имени К. Г. Разумовского Хисамутдинова Гузьяль Римовна*

ЭВОЛЮЦИЯ ДЕСЕРТНОГО МЕНЮ: АКТУАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ В РЕСТОРАННОЙ ИНДУСТРИИ

Аннотация. В статье рассматриваются следующие аспекты: фьюжн, использование нетрадиционных ингредиентов, сезонность и локальность. В статье проанализированы современные тенденции формирования ассортимента десертов в кофейнях города Уфы.

Ключевые слова: десерт, технологии приготовления, подача и эстетика, здоровье и осознанность.

Современные десерты – это сочетание визуальной эстетики, новых текстур и осознанного подхода к питанию, направленное на создание запоминающихся впечатлений у гостя. Десерт – это слово французского происхождения. Дословно оно переводится как «убирать со стола». Такое название связано с тем, что десерты обычно подают в конце обеда или ужина, когда уже все убирают со стола.

В истории возникновения десертов наблюдаются эволюционные изменения:

Древний мир (истоки): первые десерты появились в Древнем Египте, Греции и Риме. Это были финики в меду, фрукты, орехи, а также первые прототипы сладких пирогов и творожных изделий (предшественники чизкейка).

Этимология и функция: само слово «десерт» произошло от французского *desservir* – «убирать со стола». Изначально это было финальное блюдо, призванное «очистить» вкус после основных блюд.

Средневековая Европа: десерты были редкостью и признаком роскоши, доступной знати (фрукты с медом, засахаренные орехи).

XIX век (европейская традиция): появление десертов в привычном понимании в ресторанах связано с ростом доступности сахара и развитием кондитерского искусства.

Эволюция подачи (XX век): до 1960-х годов десерты в ресторанах часто подавали с тележек

для разнообразия. С 1970-х годов в высокой кухне (новое французское движение) утвердился стиль «plated dessert» – десерт, приготовленный и оформленный порционно на тарелке кондитерами.

В мире современного ресторанного сервиса десерты занимают особое место. Они не только завершают великолепные ужины, но и поражают своим внешним видом, неповторимым вкусом и оригинальными сочетаниями ингредиентов. Ресторанные тенденции в области десертов постоянно развиваются, превращая эти сладкие блюда в настоящие произведения искусства.

Использование нетрадиционных ингредиентов

Кулинары все чаще экспериментируют с необычными и экзотическими ингредиентами, такими как суперфуды (например, чиа, спирулина), ароматные травы (базилик, мята, розмарин), а также натуральные подсластители (мед, сироп агавы). Эти продукты не только обогащают вкусовую палитру, но и добавляют пользу для здоровья.

Основные направления и технологии:

- Молекулярная гастрономия: создание муссов, эмульсий, сфер и пены, использование азота для мгновенной заморозки, позволяющее получить нежнейшую текстуру.

- **Sous-vide** (су-вид): приготовление фруктов, кремов и шоколадных десертов при низких температурах, что сохраняет натуральный вкус и аромат.

- **Использование текстур:** применение агар-агара, каррагинана и пектина для создания новых железированных форм и облегченных муссов.

- **Гибридные десерты:** смешение классических форм – краффин (круассан + маффин), кронат (круассан + пончик), капкарон.

Новая подача: акцент на сезонность, локальные продукты, минимализм в оформлении или, наоборот, деконструированные десерты, где классические ингредиенты подаются в необычном виде.

Смешение кухонь

Фьюжн-десерты – это настоящая палитра вкусов, где культурные традиции переплетаются друг с другом.

Основные принципы фьюжн-десертов

1. **Смешение культур:** например, французские техники (муссы) с азиатскими компонентами (йосу, матча, кокос).

2. **Игра текстур:** хрустящее + нежное, замороженное + теплое.

3. **Авторский подход:** в фьюжн-десертах повар сам устанавливает правила, предлагая уникальное авторское видение.

В 2026 году в ассортименте десертов в кофейнях Уфы наблюдаются несколько современных тенденций, связанных с глобальными трендами кондитерского рынка. Приготовление десертов в кофейнях Уфы может включать несколько аспектов: разработку ассортимента, технологические процессы, требования к качеству, особенности подачи и современные тенденции.

Корпусные десерты – это кондитерские изделия, которые сочетают хрустящий корпус и нежную начинку внутри. Например, в Ilzi Bakery в Уфе представлены корпусные десерты с твердой оболочкой из шоколада или карамели и мягкой начинкой. В ассортименте доступны вкусы малины, лайма, банана, кокоса, манго и других. Также упоминаются авторские арт-десерты с разными начинками, которые можно приобрести в боксах.

Растёт интерес к маленьким порциям, которые удобно брать с собой на перекус, в дорогу или есть на ходу. К таким форматам относятся трайфлы, десерты в вафельных или бумажных стаканчиках, наборы с маленькими порциями традиционных пирожных.

Сохраняется тенденция на здоровые варианты сладостей с добавлением протеина, клетчатки, витаминов, суперфудов и натуральных ароматических компонентов. Популярны протеиновые пирожные, чизкейки с пониженным содержанием сахара, батончики с коллагеном или на основе растительных напитков, выпечка без глютена. Многие заведения стремятся регулярно обновлять ассортимент, внедряя трендовые позиции. При этом сохраняется баланс: часть ассортимента – классические изделия, часть – новинки и трендовые позиции. Эти тенденции отражают стремление потребителей к разнообразию, качеству ингредиентов, удобному формату и эмоциональному восприятию десертов.

Эти тенденции отражают стремление потребителей к разнообразию, качеству ингредиентов, удобному формату и эмоциональному восприятию десертов.

Кофейня «Компромисс» в Уфе (ул. Чернышевского, 84) – предлагает качественный кофе, эстетичную подачу, легкие блюда и разнообразные десерты, ориентируясь на концепцию «чистого питания» и уютный отдых. Кофейня делает акцент на свежих десертах к кофе.

Ассортимент десертов и напитков:

- **Десерты:** включает широкий выбор пирожных, свежую выпечку, чизкейки и брауни.

- **Кофейные напитки:** классический кофе, напитки на основе эспresso, а также сезонные предложения.

- **Коктейли/Прохладительные напитки:** кофейня предлагает безалкогольные коктейли, смузи и чайные миксы.

В заключение можно сказать, что одной из главных тенденций в области десертов стало использование необычных и экзотических ингредиентов. Сегодня повара-кондитеры проявляют невероятную креативность и экспериментируют с различными вкусами, текстурами и презентацией десертов.

Литература

1. Джум Т.А. Инновации в индустрии питания / Т.А. Джум, М.Ю. Тамова. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. – 380 с.

2. Невзорова К.Г. Разработка рецептуры и технологии приготовления raw-десерта / К.Г. Невзорова, А.О. Козина, В.Ю. Карпенко // Инновации в индустрии питания и сервисе: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции,

посвященной 40-летию кафедры общественного питания и сервиса и в рамках Десятилетия науки и технологий, Краснодар, 20 декабря 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2025. – С. 81-83.

3. Ильгватова Н.А, Сафина К.Р. Возможности искусственного интеллекта в производстве мороженого // Актуальные исследования. 2025. № 49 (284). Ч. I. С. 31-33. URL:

<https://apni.ru/article/13781-vozmozhnosti-iskusstvennogo-intellekta-v-proizvodstve-morozhenogo>.

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

ILGUVATOVA Nailya Alikovna

Student,

Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky,
Russia, Moscow

SAFINA Kamila Rafisovna

Student,

Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky,
Russia, Moscow

Scientific Advisor – Senior Lecturer

*at the Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky
Khisamutdinova Guzal Rimovna*

MODERN TRENDS IN THE PREPARATION OF DESSERT DISHES IN THE RESTAURANT BUSINESS

Abstract. *The article discusses the following aspects: fusion, the use of non-traditional ingredients, seasonality and locality. The article analyzes current trends in the formation of an assortment of desserts in Ufa coffee shops.*

Keywords: *dessert, cooking technology, serving and aesthetics, health and awareness.*

КОЗЫРЕВА Алика Алексеевна

студентка, Вологодский государственный университет, Россия, г. Вологда

*Научный руководитель – доцент Вологодского государственного университета,
кандидат технических наук Тихомирова Елена Николаевна*

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА: РИСК-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация. Статья посвящена разработке и оценке результативности риск-ориентированной системы метрологического обеспечения производства на машиностроительном предприятии. В рамках исследования проведён аудит действующей системы МО, выполнена метрологическая экспертиза документации, проведён анализ MSA для ключевых средств измерений и оптимизированы межповерочные интервалы на основе данных о дрейфе. По итогам шестимесячного внедрения доля просроченных поверок снизилась с 9,8% до 1,7%, а средний цикл их восстановления сократился с 18 до 5 дней.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение (МО), риск-ориентированная модель, средства измерений (СИ), оптимизация межповерочных интервалов, воспроизводимость результатов измерений.

Метрологическое обеспечение (МО) производства представляет собой комплекс научно-технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений на всех стадиях жизненного цикла продукции – от научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ до эксплуатации и утилизации. В условиях перехода отечественных предприятий к риск-ориентированным системам качества, а также интеграции в глобальные цепочки поставок, требования к точности и воспроизводимости измерений ужесточаются. Нарушения метрологических правил и норм, как показывают материалы государственного надзора, составляют значительную долю причин выпуска продукции неудовлетворительного качества, что приводит к прямым потерям и репутационным рискам [1]. На практике ключевыми проблемами остаются: фрагментарность методик, несвоевременная поверка средств измерений (СИ), неоптимальные межповерочные интервалы, а также недостаточная вовлечённость технологических и конструкторских подразделений в МО.

В работе предложена и апробирована риск-ориентированная модель МО для производственных подразделений, сочетающая требования Федерального закона № 102-ФЗ [2] и Государственной системы обеспечения

единства измерений (ГСИ) с современными методиками оценки измерительных систем (MSA: Gage R&R, стабильность, смещение) и оптимизацией межповерочных интервалов на основе данных о фактическом дрейфе СИ. В отличие от традиционного «календарного» подхода, модель использует исторические данные о погрешностях и условиях эксплуатации СИ, ставя в приоритет ресурсы на критичных измерениях процессов, влияющих на показатели качества продукции. Решение интегрировано с метрологической экспертизой технической документации на ранних стадиях проектирования, что снижает риск закладки непригодных для контроля норм точности и уменьшает совокупную стоимость несоответствий [1].

Цель исследования – разработать и оценить результативность риск-ориентированной системы МО на машиностроительном предприятии. Задачи: провести аудит действующей системы МО и классифицировать измерительные процессы по критичности; внедрить стандартизованные методики измерений и процедуры поверки/калибровки в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 [3] и ГОСТ Р 8.568-2017 [4]; выполнить MSA для ключевых СИ; оптимизировать межповерочные интервалы с учётом дрейфа и условий эксплуатации; оценить влияние внедрения на долю измерительных несоответствий и на показатели качества продукции.

Объект исследования – производственный участок токарно-фрезерной обработки деталей из конструкционных сталей (серийное и мелкосерийное производство). Исходные данные: реестр СИ (штангенциркули, микрометры, индикаторы часового типа, датчики давления и температуры технологических сред), методики испытаний и документация по продукции. Проведена классификация МО по типу деятельности, сфере и характеру объекта; определена потребность в МО как совокупность измерительных процедур, необходимых для функционирования участка с заданными показателями качества [1]. В рамках аудита выполнены: метрологическая экспертиза конструкторской/технологической документации (по РМГ 63-2003), анализ соответствия применяемых единиц и методик требованиям ГОСТ 8.417-2002 [5] и ГОСТ Р 8.563-2009 [3], оценка состояния СИ (наличие утверждения типа, поверка/калибровка, прослеживаемость к эталонам ГСИ), MSA для 12 критичных характеристик (диаметр, шероховатость, допуск позиционирования, давление). Оптимизация межповерочных интервалов проводилась на основе регрессионного анализа дрейфа результатов

поверок за 24 месяца и оценки условий эксплуатации (влажность, ударные нагрузки).

По итогам стартового аудита выявлено: 9,8% СИ эксплуатировались с просроченной поверкой; в 17% методик отсутствовали или были неверно указаны единицы измерения; в 11% КД выявлены непригодные для контроля параметры (например, раздельное нормирование отклонений формы и расположения при отсутствии доступных средств контроля), что согласуется с типологией нарушений, описанной в ГСИ и РМГ-документах [1]. После внедрения модели за 6 месяцев:

- доля измерительных несоответствий (ошибки в записях, нарушения методик, просрочки поверок) снизилась с 6,4% до 2,1%;
- средний цикл восстановления просроченных поверок – с 18 до 5 дней;
- доля СИ с оптимизированными интервалами поверки составила 42%, при этом объём поверочных работ снизился на 15% без ухудшения показателей воспроизводимости;
- экономический эффект за счёт сокращения брака и простоя оборудования (оценочно) составил 2,8% от выручки участка.

Обобщённые результаты сведены в таблицу.

Таблица

**Динамика показателей до и после внедрения риск-ориентированной модели МО
(6 месяцев наблюдений)**

Показатель	Базовый уровень	Через 6 мес.	Изменение
Доля измерительных несоответствий	6,4%	2,1%	–4,3
Просроченные поверки (доля СИ)	9,8%	1,7%	–8,1
Объём поверочных работ	100%	85%	–15

Выводы:

1. Риск-ориентированная модель МО, интегрированная с метрологической экспертизой КД и стандартизованными методиками измерений, демонстрирует существенное снижение измерительных несоответствий и улучшение воспроизводимости результатов.

2. Оптимизация межповерочных интервалов на базе фактического дрейфа СИ позволяет перераспределять ресурсы поверки без потери качества измерений.

3. Вовлечение конструкторско-технологических служб на ранних стадиях снижает вероятность закладки непригодных для контроля норм точности и повышает эффективность систем качества.

4. Для масштабирования модели рекомендуется развитие цифровой прослеживаемости (электронные паспорта СИ), расширение MSA и регулярная метрологическая экспертиза методик испытаний в соответствии с требованиями ГСИ [1].

Литература

1. Раздел 11. Метрологическое обеспечение производства / Учебно-методические материалы. – Издание без указания места публикации и издателя, 2025 г. – 46 с.

2. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 26.

3. ГОСТ Р 8.563-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. – Взам. введен с 01.01.2010.

4. ГОСТ Р 8.568-2017. ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Общие требования. – Введ. 2018-07-01.

5. ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы величин. – Введ. 2002-09-01.

KOZYREVA Alikha Alekseevna

Student, Vologda State University, Russia, Vologda

*Scientific Advisor – Associate Professor of Vologda State University,
Candidate of Technical Sciences Tikhomirova Elena Nikolaevna*

METROLOGICAL SUPPORT FOR PRODUCTION: A RISK-BASED MODEL AND IMPLEMENTATION RESULTS AT A MECHANICAL ENGINEERING ENTERPRISE

Abstract. *This article focuses on the development and performance evaluation of a risk-based metrological support system for production at a mechanical engineering company. The study included an audit of the existing metrological support system, a metrological review of the documentation, an MSA analysis for key measuring instruments, and optimization of interverification intervals based on drift data. Following a six-month implementation, the proportion of overdue verifications decreased from 9.8% to 1.7%, and the average verification cycle decreased from 18 to 5 days.*

Keywords: *metrological support (MO), risk-based model, measuring instruments (MI), optimization of interverification intervals, reproducibility of measurement results.*

ПАПОРОТНЫЙ Никита Владимирович
независимый исследователь, Россия, г. Краснодар

АДАПТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ГЕНЕРАТИВНЫХ ФИШИНГОВЫХ АТАК (LLM-ФИШИНГ) С ОБЪЕДИНЕНИЕМ ТЕКСТОВЫХ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Аннотация. В статье рассматривается объединение богатых текстовых представлений с динамическими поведенческими индикаторами пользователя. Это включает в себя анализ лингвистических признаков, семантических эмбедингов и метаданных заголовков сообщений, которые предоставляют всестороннюю информацию о содержании и источнике потенциальной угрозы. Данные текстовые признаки дополняются поведенческими сигналами, отражающими взаимодействие пользователя с электронными письмами и другими коммуникационными каналами. Интеграция этих разнородных данных осуществляется в рамках ансамблевой архитектуры, что позволяет использовать сильные стороны различных детекторов и компенсировать их индивидуальные недостатки. Для повышения робастности детекции к перефразированию и стратегиям контекстной мимикрии со стороны LLM-атак будут применены методы устойчивого обучения, включая *adversarial training* и механизмы онлайн-адаптации. Это позволит системе непрерывно совершенствоваться и эффективно противостоять эволюционирующим угрозам в реальном времени.

Ключевые слова: искусственный интеллект, адаптивные угрозы, информационные системы, киберугрозы, кибербезопасность, машинное обучение, нейронные сети, LLM-атака, фишинг.

Современная экспоненциальная эволюция генеративных языковых моделей (LLM) привела к появлению нового класса фишинговых угроз, отличающихся беспрецедентной изощренностью. Эти модели способны создавать высоко персонализированные и контекстно-адаптивные сообщения, которые мастерски имитируют стилистику известных брендов и эффективно обходят традиционные системы фильтрации. Данное обстоятельство существенно повышает вероятность успешной компрометации пользователей, ставя под сомнение адекватность существующих эвристик и правил детекции.

Анализ действующих антифишинговых методов выявляет системные ограничения, особенно в условиях динамично развивающегося ландшафта угроз. Textoориентированные детекторы, хотя и эффективны против простых атак, испытывают значительные трудности при распознавании тонких семантических и стилистических изменений, характерных для LLM-генерируемого контента. Игнорирование поведенческого контекста взаимодействия пользователя с сообщением является еще одним критическим пробелом, который приводит к увеличению доли ложных срабатываний

и пропускам реальных угроз. Эти фундаментальные пробелы и ограничения традиционных подходов мотивируют переход к мультимодальной детекции, которая способна сочетать в себе анализ как языковых, так и поведенческих сигналов. Такой интегрированный подход обещает значительно повысить точность и надежность систем обнаружения фишинга, обеспечивая более комплексную защиту от новых видов атак.

Фишинговые атаки прошли последовательную эволюцию: от шаблонных массовых рассылок и простых приёмов социальной инженерии к использованию статистических генераторов, нейросетевых моделей и в конечном счёте больших языковых моделей (LLM). LLM обеспечили повышенную лингвистическую естественность сообщений, более точную контекстную релевантность и масштабируемую персонализацию, что усилило способность атак имитировать реальные коммуникации. Эти качественные изменения снизили эффективность сигнатурных и эвристических фильтров и увеличили устойчивость атак к традиционным методам обнаружения. Описанная динамика подтверждает необходимость перехода к адаптивным защитным механизмам, которые

учитывают более сложные текстовые признаки и поведенческие сигналы получателей.

Методы обхода фильтров включают техники семантического перефразирования и стилистической трансформации, применяемые для изменения поверхностных и лексических признаков сообщений. К adversarial-модификациям (включая токенные и синтаксические перестановки) относят также инъекции инструкций в промпты и автоматизированное изменение ключевых маркеров, что снижает эффективность детектирования на основе правил. Дополнительно создаются тексты с целевыми статистическими свойствами, такими как n-gram и embedding-профили, для уменьшения обнаруживаемости сигнатурными и ML-классификаторами.

Стратегии контекстной мимикрии опираются на агрегирование внешних и внутренних источников данных для формирования контекстных подсказок, направляющих генерацию более релевантного и персонализированного контента. Моделирование роли отправителя и стиля получателя вместе с динамической подстройкой тона и семантики под историю коммуникаций и актуальные события повышает правдоподобие сообщений. Синхронизация времени и каналов отправки дополнительно снижает подозрительность и увеличивает вероятность успешного обхода детекторов.

Современные антифишинговые решения преимущественно опираются на правила, сигнатуры и модели, ориентированные на лексико-статистические признаки, что делает их чувствительными к перефразированию и стилистическим изменениям в сообщениях. Отсутствие масштабной интеграции поведенческих признаков и механизмов мультиканальной корреляции ограничивает способность таких систем учитывать контекст взаимодействия пользователя и выявлять согласованные аномалии в разных каналах коммуникации. Кроме того, многие подходы демонстрируют низкую устойчивость к целевым adversarial-приёмам, поскольку детекторы не рассчитаны на адаптивные и направленные изменения генеративного контента. Механизмы быстрой адаптации при дрейфе распределений и появлении новых генеративных тактик либо отсутствуют, либо реализованы фрагментарно, что снижает эффективность обнаружения новых вариантов LLM-атак в условиях быстро

меняющегося ландшафта угроз.

Стратегия формирования датасета предполагает сбор репрезентативных образцов из реальных источников, включая сообщения электронной почты, пользовательские репорты и публичные репозитории, с отбором по критериям релевантности, полноты метаданных и наличия средств аутентификации отправителя. Процедуры отбора включают фильтрацию по наличию URL, признакам маскировки и временной релевантности, а также верификацию источника для минимизации ложных меток. Аннотация меток выполняется по заданной схеме (фишинг/легитимное, тактическая категория, степень уверенности) с использованием двойной разметки, процедуры арбитража и расчёта согласованности аннотаторов для контроля качества и обеспечения баланса классов методом стратифицированной выборки или повторной выборки редких категорий. «Для адекватного обучения и тестирования модели необходимо иметь данные, содержащие как легитимные, так и фишинговые URL [5, с. 3].

Генерация синтетических образцов базируется на контролируемом промптинге и инжиниринге шаблонов, включающем инструкции, ролевые подсказки и ограничения на формат выходных данных для получения разнообразных вариантов LLM-фишинга. Вариативность достигается через парафразирование, замену сущностей, изменение стиля и многоканальную генерацию, что позволяет моделировать широкий спектр тактик и адаптаций атакующих. Управление артефактами генерации осуществляется фильтрацией явных галлюцинаций, применением ограничений декодирования и автоматизированной валидацией целостности ссылок и контактных данных, а также маркировкой синтетичности для последующего анализа влияния на обучение. Разделение набора на тренировочные, валидационные и тестовые подмножества выполняется с учётом предотвращения утечки по доменам и сессиям, а также с применением процедур деидентификации и замены чувствительной информации для обеспечения приватности данных.

Поверхностные лингвистические признаки включают длину сообщений, частотные распределения n-грамм, пунктуационные и орфографические паттерны, а также распределения частей речи. Для количественной оценки

применяются статистические метрики, такие как средняя и дисперсия длины предложений, энтропия распределений символов и токенов, а также тесты на значимые отличия частот n-грамм между классами. Анализ этих признаков позволяет выделять характерные отличия LLM-сгенерированного текста и формирует первичный сигнальный слой перед более глубоким семантическим анализом.

Семантические признаки опираются на представления текста в виде эмбедингов, включая контекстные векторы из трансформеров и статические векторные представления. Измерения семантической несогласованности выполняются через вычисление внутритекстовых расстояний, кластеризацию семантических паттернов и оценку принадлежности к прототипным классам легитимного и фишингового контента. Расстояния до профильных классов и характеристики кластерной структуры используются в качестве признаков в классификационных конвейерах, что повышает обнаружение семантически аномальных или имитирующих шаблоны LLM сообщений.

Признаки генеративных артефактов и стилометрия включают показатели перплексии и вероятностей токенов, которые отражают согласованность модели с наблюдаемым текстом. Повторяемость формулировок, шаблонность связей предложений и метрики авторской обусловленности фиксируют характерные для генераторов паттерны построения высказываний. Комбинация перплексии, токенных вероятностей и стилометрических метрик повышает чувствительность детекторов к специфике LLM-генерации и служит важной составляющей многослойной системы обнаружения.

Сигналы кликов и откликов включают временные характеристики кликов по ссылкам, в частности задержку между открытием сообщения и первым кликом, распределение интеркликовых интервалов и частоту повторных кликов. Также важны частота и последовательность действий с сообщением: открытия, переходы на внешние ресурсы, просмотры вложений и последовательности типа открытие→клик→подтверждение/отказ. Доля переходов на внешние ресурсы относительно числа открытий и соотношение подтверждений (ввод данных, подписки) к отказам служат метриками стимулируемого поведения, указывающими на успешность социальной инженерии.

Аномальные паттерны, например быстрые клики с малой задержкой или необычно высокая конверсия переходов, рассматриваются как индикаторы подозрительной стимуляции и используются в ранних сигналах детекции.

Сессионные и контекстные поведенческие признаки охватывают длительность сессии и взаимодействия с элементами интерфейса, такими как *hover* и выделение текста, которые отражают глубину обработки сообщения. Повторные обращения к отправителю и частота вторичных взаимодействий позволяют оценить доверие и заинтересованность пользователя в контексте его обычного поведения. Агрегированные метрики поведения на уровне пользователя – средняя длительность сессии, типичные паттерны кликов и частота внешних переходов – служат базовыми профилями, против которых измеряются отклонения. Комбинация этих показателей обеспечивает контекстную оценку риска и дополняет текстовые признаки, что улучшает точность классификации в последующих этапах архитектуры ансамбля детекторов.

Многоуровневая архитектура ансамбля базируется на модульном извлечении признаков и на отдельной обработке текстовых и поведенческих сигналов при помощи специализированных детекторов. Для объединения результатов применяются различные стратегии слияния: ранняя агрегация признаков позволяет формировать общие векторные представления, поздняя агрегация комбинирует вероятностные оценки отдельных детекторов, а бустинг на уровне признаков укрепляет вклад наиболее информативных компонент через итеративное взвешивание. Калибровка выходных оценок детекторов и механизмы адаптивного перенастройки в потоке данных обеспечивают согласование шкал вероятностей и динамическую корректировку весов моделей при изменении характеристик LLM-генерируемого контента. Такое сочетание комплементарных текстовых и поведенческих признаков повышает устойчивость и адаптивность системы обнаружения фишинга по сравнению с мономодальными подходами и задаёт основу для последующей экспериментальной оценки эффективности.

Методология оценки описана через обоснованный выбор метрик качества – *precision*, *recall*, *F1-score*, *ROC-AUC* – с учётом

протоколов вычисления для несбалансированных классов и процедур пороговой оптимизации для достижения компромисса между полнотой и точностью. Требования к тестовым сценариям включают вариативность стилей LLM-генерации, охват целевых доменов, моделирование различных уровней социальной инженерии и имитацию поведенческих паттернов пользователей, что позволяет оценивать модель в условиях, близких к реальным. Детализированы процедуры разбиения на обучающую, валидационную и тестовую выборки и описаны меры предотвращения утечек данных между наборами, обеспечивающие независимость и воспроизводимость результатов. Эти методологические решения направлены на получение надёжных, интерпретируемых и сопоставимых метрик производительности для оценки устойчивости мультимодальной системы обнаружения LLM-фишинга.

На синтетических датасетах оценивались три режима работы модели: использование только текстовых признаков, только поведенческих признаков и их мультимодальная интеграция. Для каждого режима были рассчитаны метрики precision, recall, F1 и ROC-AUC, что позволило количественно сравнить детекторы в контролируемой среде. Мультимодальная модель показала статистически значимый прирост F1 по сравнению с однорежимными методами, подтверждающий вклад объединения сигналов. Дополнительно выполнен анализ чувствительности, который выявил зависимость производительности от степени реалистичности LLM-генерации и от объема доступных поведенческих данных.

На реальных датасетах и в стресс-тестах оценивалась устойчивость и переносимость модели при наличии имитаций поведения и адаптивных атак. Были измерены изменения ключевых метрик при варьировании сценариев атак, а также выполнен разбор ошибок с классификацией типичных случаев false positives и false negatives. Анализ показал, что типичные ошибки связаны с краудсорсинговыми шаблонами сообщений и редкими поведенческими паттернами, что позволяет нацеленно корректировать признаки. На основе результатов предложены практические рекомендации по настройке признаков и порогов для повышения надежности детекции в полевых условиях.

Проведен сравнительный анализ

предложенной мультимодальной архитектуры и базовых методов, включая лексико-эвристические фильтры, текстовые ML-классификаторы и поведенческие детекторы; в эксперименте отмечены относительные улучшения по метрикам F1 и ROC-AUC.

Методика оценки устойчивости модели включает формализацию наборов перефразировок и синтетических вариаций LLM-атак, создание контрольных корпусов с контролируемыми трансформациями текста и использование метрик изменения точности, полноты и AUC для количественной оценки деградации. В рамках подхода формируются уровни трансформаций с явным перечислением типов перефразирования и их параметризацией, что позволяет воспроизводимо генерировать тестовые последовательности. Контрольные корпуса включают как реальные примеры, так и синтетические варианты, сопоставимые по сложности и длине, для оценки переносимости детекторов. Измерение деградации выполняется через сравнительный анализ базовой и модифицированной производительности по точности, полноте и AUC при разных степенях трансформации.

Анализ результатов выявляет типы перефразирования и генеративных паттернов, наиболее критично снижающие детектирование, а также проверяет эффективность защитных мер (агументация признаков, ансамблирование, контрастивное обучение) в восстановлении производительности при новых вариантах атак. Наиболее существенное падение обнаружения наблюдается при комбинированных трансформациях, сочетающих лексические синонимизации и перестановки синтаксических конструкций, тогда как одиночные поверхностные изменения влияют менее критично. Эксперименты показывают, что агументация признаков улучшает устойчивость к лексическим сдвигам, ансамблирование компенсирует разнородность атакующих стратегий, а контрастивное обучение повышает разделимость представлений между легитимными и сгенерированными сообщениями. Совместное применение перечисленных мер восстанавливает большую часть исходной производительности и демонстрирует необходимость адаптивного сочетания подходов для противодействия новым вариантам LLM-атак.

Анализ продемонстрировал, что

генеративные фишинговые атаки на базе крупных языковых моделей трансформируют ландшафт угроз: текстовая поверхность сообщений становится семантически корректной и персонализированной, что снижает эффективность традиционных текстоцентричных детекторов. На основании выявленных тактик обхода фильтров и стратегий контекстной мимикрии обоснована необходимость перехода от однородных эвристик к мультимодальным решениям. Такие решения должны учитывать не только сформулированный контент, но и контекст доставки и динамику поведения пользователя, чтобы существенным образом снизить и ложные срабатывания, и пропуски реальных угроз.

Разработка гибридного датасета, объединяющего реальные и контролируемо синтетические образцы вместе с метаданными доставки и последовательностями пользовательских действий, обеспечила основу для устойчивых признаков представлений. Комбинация лингвистических маркеров и семантических эмбедингов дополняется поведенческими сигналами, формируя более репрезентативное и информативное пространство признаков. Такое представление оказалось чувствительным к тонким паттернам мимикрии при одновременной устойчивости к шуму, присутствующему в естественных данных.

Литература

1. Антропова Е.М., Конкин Н.А. Выбор ансамблевых моделей машинного обучения для прогнозирования полосы когерентности трансионосферных каналов связи // Всероссийская открытая научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн». – Муром, 2023. – С. 275-283.
2. Бурлаков М.Е., Ивкин А.Н. Система обнаружения вторжения на основе искусственной иммунной системы // Вестник пнипу. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019. – № 29. – С. 209-213.
3. Котенко И.В., Саенко И.Б., Лаута О.С. и др. Атаки и методы защиты в системах машинного обучения: анализ современных исследований // Вопросы кибербезопасности. – 2024. – № 1. – С. 24-37.
4. Кугаевских А.В., Муромцев Д.И., Кирсанова О.В. Классические методы машинного обучения. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2022. – 53 с.
5. Лукманова К.А., Картак В.М. Разработка системы защиты от фишинговых атак с использованием программно-аппаратной реализации методов машинного обучения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – № 4. – С. 1-8.
6. Лунев К.И. Особенности применения машинного обучения для классификации текстовых документов // Научные записки НГУЭУ. – 2020. – № 2. – С. 29-32.
7. Мадияров К.Г. Оценка точности и производительности моделей машинного обучения для прогнозирования оттока клиентов страховой компании // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. – № 4. – С. 1-15.
8. Мусаев А.А., Григорьев Д.А. Обзор современных технологий извлечения знаний из текстовых сообщений // Компьютерные исследования и моделирование. – 2021. – № 6. – С. 1291-1315.
9. Сазонов Г.В., Лукьянов К.С., Мелешин И.Н. Дилемма защитника: совместимы ли методы защиты от разных атак на модели машинного обучения? // Труды ИСП РАН. – Москва, 2024. – С. 109-126.
10. Усатова О.А., Батырханова А.А. Формирование будущего информационной безопасности в информационном бизнесе // Proceedings of the 7th international scientific and practical conference «International scientific discussion: Problems, tasks and prospects». – Brighton, 2023. – С. 342-346.
11. Polishchuk M.G. Electronic evidence in modern judicial procedure of ukraine // Colloquium-journal. – 2026. – № 5. – С. 76-76.

PAPOROTNY Nikita Vladimirovich
Independent Researcher, Russia, Krasnodar

ADAPTIVE PROTECTION AGAINST GENERATIVE PHISHING ATTACKS (LLM PHISHING) COMBINING TEXTUAL AND BEHAVIORAL FEATURES

Abstract. *The article considers the combination of rich textual representations with dynamic behavioral indicators of the user. This includes the analysis of linguistic features, semantic embeddings, and metadata of message headers, which provide comprehensive information about the content and source of a potential threat. These text signs are complemented by behavioral signals reflecting the user's interaction with electronic letters and other communication channels. The integration of these heterogeneous data is carried out within the framework of an ensemble architecture, which makes it possible to use the strengths of various detectors and compensate for their individual shortcomings. To increase detection robustness to paraphrasing and contextual mimicry strategies from LLM attacks, sustainable learning methods will be applied, including adversarial training and online adaptation mechanisms. This will allow the system to continuously improve and effectively counter evolving threats in real time.*

Keywords: *artificial intelligence, adaptive threats, information systems, cyber threats, cybersecurity, machine learning, neural networks, LLM attack, phishing.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

PINAEV Aleksandr

CEO, Founder, Swordfish Security and Mobix, United Arab Emirates, Dubai

TRANSFORMATION OF THE SECURE SOFTWARE DEVELOPMENT PARADIGM UNDER CONDITIONS OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION

Abstract. *This article examines the transformation of the secure software development paradigm under conditions of the large-scale adoption of generative artificial intelligence tools across the software development life cycle. The aim of the study is to systematize the current security threats that arise when large language models are integrated into software engineering processes and to formulate conceptual recommendations for adapting existing security assurance practices to these new conditions. The methodological foundation consists of a systematic literature review, a comparative analysis of industry cases, and a content analysis of technical documentation. The findings indicate that the use of GenAI tools substantially expands the attack surface, while the share of vulnerable code generated by LLMs reached as high as 62% according to 2024 evidence. A conceptual security management model, the GenAI Security Governance Framework, is proposed; it spans the levels of governance, processes, and technical controls. The findings may be of interest to information security specialists, software developers, security architects, and regulators involved in shaping policy for the application of artificial intelligence.*

Keywords: *generative artificial intelligence, secure software development, large language models, vulnerabilities in generated code, software development life cycle, DevSecOps, prompt injection, training data poisoning, AI security governance, software supply chains.*

Introduction

Generative artificial intelligence (GenAI) is rapidly penetrating all major stages of software creation, from code generation and test automation to requirements management and documentation. According to McKinsey, 71% of organizations now regularly use GenAI in at least one business function, whereas in 2023 this figure stood at only 33% [1]. Approximately 25% of all code produced within Google is already generated by AI systems, while developers who use GitHub Copilot on a systematic basis increase their coding output by 12–15% [2]. The total volume of private investment in GenAI reached \$25.2 billion, while the AI security market is projected to attain \$60.24 billion by 2029 [5].

Yet the acceleration of development carries a substantial security burden. According to Dark Reading analysis, at least 48% of code snippets generated by five popular models contained vulnerabilities [3, 19]. Gartner predicts that by 2027, more than 40% of AI-related data breaches will be

caused by the improper use of generative AI across borders [4, 20]. Lakera AI further indicates that, by 2025, the continued expansion of generative AI adoption will increase spending on application and data protection by more than 15% [5]. In that sense, the intensified use of GenAI tools in software development is creating a fundamentally new risk configuration, one that calls for a serious reconsideration of established secure development paradigms.

Against the backdrop of the intensive practical use of LLMs in software engineering, a notable scholarly gap has emerged within both academic and professional communities: existing security assurance methodologies, including the classic DevSecOps model, the OWASP Top 10, and the NIST Secure Software Development Framework (SSDF), were developed without accounting for the attack vectors introduced by LLM-based systems. The present study seeks to address this gap through a comprehensive analysis of emerging

threats and through the synthesis of an adapted conceptual security governance model.

The purpose of the study is to carry out a systematic analysis of how the threat landscape of the secure software development life cycle is being transformed under the influence of GenAI tools and to formulate recommendations for the creation of an adapted security governance system, the GSGF, suitable for practical application in an international context.

The scientific novelty of the study lies in the systematization of security threats specific to GenAI-enabled SDLC environments and in the development of a conceptual multilevel model, the GSGF, which integrates governance, process, and technical control layers into a unified structure tailored to the distinctive features of applying large language models in software development.

The authorial hypothesis rests on the assumption that integrating LLMs into the software development life cycle not only amplifies classical security threats but also generates fundamentally new attack vectors that cannot be mitigated by existing security tools without targeted adaptation of processes and governance methods. This hypothesis is tested through the analysis of documented cases and a comparative examination of existing frameworks.

Materials and Methods

The methodological basis of the study includes four complementary approaches that jointly ensure both breadth of coverage across the subject area and sufficient depth of analytical synthesis.

The systematic literature review was conducted in accordance with adapted PRISMA principles. The core databases used were IEEE Xplore, the ACM Digital Library, and Scopus, including Springer and ScienceDirect. The inclusion criteria were as follows: the presence of primary empirical data or a systematic review, publication in peer-reviewed outlets, and relevance to the subject domain, including LLM security, AI-assisted development, and DevSecOps. The exclusion criteria covered blogs, press releases, and non-peer-reviewed materials.

The case study method was employed to illustrate specific security incidents documented in authoritative technical sources: the GitLab Duo vulnerability case (2025, Legit Security) [6], the empirical findings reported by Pearce et al. (2022) [9, p. 754-768] and Perry et al. (2023) [7, p. 2785-2799], as well as the study of iterative security

degradation in AI-generated code by Schreiber and Tippe (2025) [15]. All cases were selected according to the criteria of verifiability and documentary support. For each case, specific metrics were recorded, including the share of vulnerable code, the vulnerability type, and the scale of the incident.

Comparative analysis made it possible to contrast classical secure development frameworks OWASP Top 10, NIST SSDF, and ISO/IEC 27001:2022 with standards specifically oriented toward GenAI, including the OWASP Top 10 for LLM Applications (2025) [10], the NIST AI Risk Management Framework, GenAI Profile (2024) [16], and the EU AI Act (2024) [17]. This comparison made it possible to identify systemic blind spots within existing regulatory and technological approaches.

The content analysis of technical documentation included an examination of the requirements set forth by the OWASP GenAI Security Project (2025) [10], the recommendations contained in Gartner's Hype Cycle for Application Security (2025) [4], as well as industry reports published by Legit Security [6], GitGuardian [14], and other analytical materials from 2024-2025 [5]. Academic publications from *Frontiers in Big Data* [12, p. 1386720], *Information and Software Technology* [8, p. 107572], and conference proceedings including *IEEE Security & Privacy* [18, p. 73-81], *ACM CCS* [7, p. 2785-2799], *IEEE/ACM ICPC* [13, p. 1-13], and related venues were also analyzed separately.

The source base was classified into the following categories: (1) academic articles in peer-reviewed journals and conference proceedings (IEEE, ACM, *Frontiers in Big Data*, ScienceDirect), accounting for approximately 70% of all sources; (2) normative and technical documents issued by international organizations (OWASP, NIST, ISO), accounting for approximately 15%; and (3) verifiable analytical reports (Gartner, McKinsey, Legit Security, GitGuardian), accounting for no more than 15% [1, 4, 6, 10, 14, 16]. This proportion is consistent with the conventions of academic peer review in computer science.

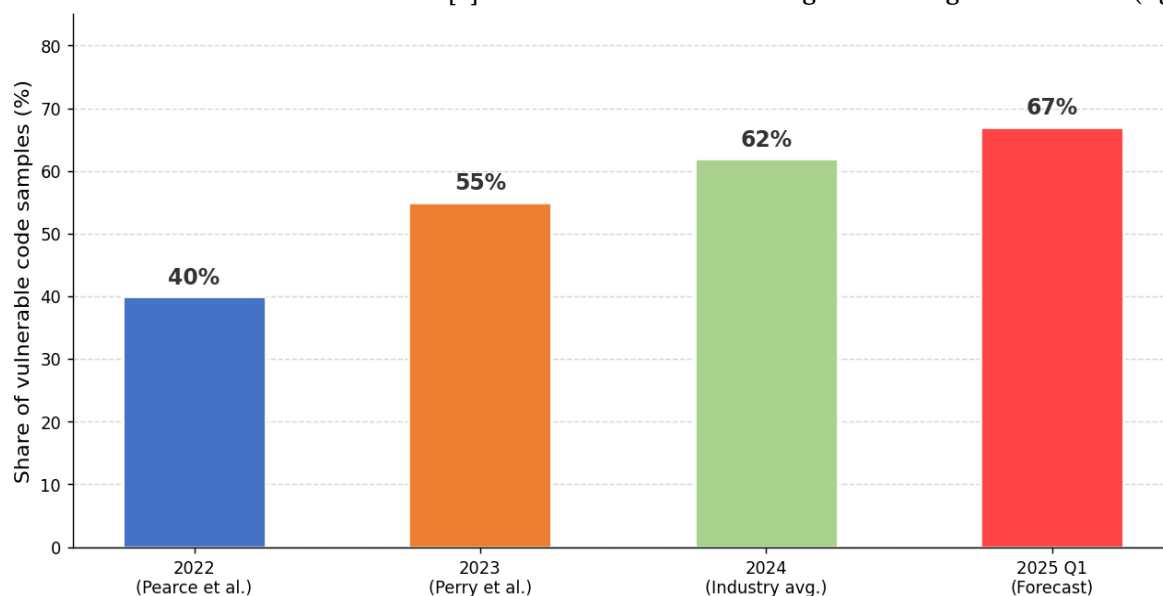
Results and Discussion

To understand the scale of the transformation taking place in software development, it is essential to assess the pace at which GenAI tools are entering production processes. According to GitHub Octoverse 2024, 73% of developers involved in open-source projects use AI tools for writing code

and documentation [2]. Google reports that approximately one quarter of all code is now created with the assistance of AI-based systems, while developers save at least two hours per week through such use [2]. More broadly, the rapid spread of AI-assisted development suggests that coding assistants are moving from an auxiliary role toward a structurally embedded component of contemporary software engineering workflows [1, 2].

At the same time, the security problem is becoming more acute. According to the Legit Security study (2025), which covered 400 security professionals and developers, an average of 17% of an organization's repositories use AI tools without adequate code review procedures, while 98% of respondents indicated the need to strengthen controls over the use of GenAI solutions [6]. The

situation is marked by a certain paradox: 76% of developers believe that AI tools generate safer code than humans do, yet 59% of those same specialists express concern about the security of AI-generated code [3]. This phenomenon, which may be described as a “false sense of security,” is broadly consistent with academic findings showing that developers often overestimate the reliability of AI-assisted outputs or fail to identify insecure patterns when generated suggestions appear plausible and syntactically convincing [7, p. 2785-2799; 9, p. 754-768; 11, p. 435-444; 12, p. 1386720; 18, p. 73-81]. Emerging first at the level of the individual developer, this distortion gradually acquires a systemic character at the organizational scale, substantially reducing the effectiveness of human oversight over AI-generated code (fig. 1).



*Fig. 1. Share of Vulnerable Code in AI-Generated Software Products
(compiled by the author based on [3; 6; 7, p. 2785-2799])*

As Figure 1 shows, the share of vulnerable code generated by LLMs displays a stable upward trajectory, rising from 40% in the earliest empirical studies of 2022 to 62% according to 2024 evidence [9, p. 754-768; 11, p. 435-444]. This increase is not explained by a deterioration in the quality of LLM models per se, but rather, and more importantly, by the substantial expansion in the volume and complexity of tasks delegated to AI assistants: from simple line-level code autocompletion to the generation of full modules and architectural components. It is especially telling that, as of June 2025, AI-generated code was introducing more than 10,000 new vulnerabilities per month, a ten-fold increase compared with December 2024 [6].

This statistic makes it plain enough that security assurance in the context of GenAI tool adoption requires a systemic rather than a point-by-point response.

The systematization of threats is the first, and really the foundational, step toward building an effective control framework. On the basis of the analysis of the OWASP Top 10 for LLM Applications (2025) [10], IEEE publications by Majdinasab et al. (2024) [11, p. 435-444], and the findings of the systematic review by Negri-Ribalta et al. (2024) [12, p. 1386720], the author compiled a taxonomy of security threats in a GenAI-oriented SDLC (tab. 1).

Table 1

Taxonomy of Security Threats Associated with the Use of GenAI in the SDLC
(compiled by the author based on [6; 10; 13, p. 1-13; 14; 16])

Risk Category	Description	Vuln. Type (CWE)	Severity (CVSS)
Prompt Injection	Attacker manipulates LLM behavior via crafted inputs	CWE-77	Critical (9.1)
Insecure Code Generation	LLM produces code with known security flaws	CWE-119, CWE-89	High (7.8)
Training Data Poisoning	Malicious data corrupts model training output	CWE-20	High (8.2)
Supply Chain Risk	Vulnerable or malicious third-party AI components	CWE-937	High (7.5)
Secret Leakage	LLM outputs credentials or sensitive data from training	CWE-312	High (7.4)
Insecure Output Handling	Insufficient validation of AI-generated content	CWE-116	Medium (6.5)
Model Theft (Extraction)	Adversarial queries reveal proprietary model logic	CWE-200	Medium (6.1)
Hallucination-Driven Defects	Fabricated API names or package references in code	CWE-703	Medium (5.9)

An analysis of Table 1 makes it possible to distinguish several essential features of the GenAI threat taxonomy as applied to the SDLC. First, a substantial portion of these threats is concentrated in the high and critical CVSS ranges, which indicates their direct impact on the confidentiality, integrity, and availability of systems. Second, many of these threats do not have direct analogues in traditional CWE classifications, since the behavioral specificity of LLMs gives rise to fundamentally new compromise mechanisms. Third, the threats are interconnected and may reinforce one another. Data poisoning, for instance, can establish the systematic production of code containing certain classes of vulnerabilities, including memory-safety flaws and insecure input handling, which, when combined with the absence of code review, produces a scalable attack chain [13, p. 1-13; 16].

The most important vector is prompt injection (OWASP LLM01): the attacker embeds malicious instructions into user input, thereby hijacking the behavior of the LLM assistant. A particularly illustrative example is the GitLab Duo incident in early 2025, when a remote prompt injection vulnerability was discovered in an AI assistant operating on

Claude, making it possible to steal source code from private repositories and exfiltrate information about unpatched zero-day vulnerabilities [6].

A fundamentally new phenomenon specific to GenAI tools is represented by hallucination-driven defects produced by the model’s hallucinations. According to Dark Reading (2025), more than 5% of the code generated by commercial models and around 22% of the code generated by open models contain references to nonexistent packages [3]. This opens a new attack vector: the attacker registers a package under a “predictably hallucinated” name and then infects codebases written with the assistance of LLMs through a so-called package substitution attack. In a way, the issue looks deceptively mundane at first glance, just a bad package name, but the downstream consequences can be rather severe.

Moving from taxonomy to concrete practice, it is worth considering documented security cases. Table 2 systematizes the most significant incidents and experimental findings, making it possible to assess the real consequences of using GenAI tools in the SDLC.

Table 2

Case Studies: Documented Incidents and Security Threats Associated with the Use of GenAI in the SDLC (compiled by the author based on [3; 6; 7, p. 2785-2799; 8, p. 107572; 9, p. 754-768; 15])

Case/Tool	Finding/Incident	Security Impact	Key Metric
GitHub Copilot (2022)	1,689 generated programs evaluated	40% of the code contained vulnerabilities; about 50% of the code was written in the C programming language.	40% vuln.
GitHub Copilot (2023)	User study vs. manual coding	Users wrote significantly less secure code; false sense of security	User study
GitLab Duo (2025)	Remote prompt injection discovered	Exfiltration of source code from private repos; zero-day leakage	CVE reported
Multi-LLM Study (2025)	Five popular models, snippet evaluation	At least 48% of snippets contained vulnerabilities	48% vuln.
Iterative Generation (2025)	400 samples, 40 refinement rounds	37.6% increase in critical vulnerabilities after five iterations	+37.6%
Enterprise Survey (2025)	400 security professionals surveyed	98% say security teams lack sufficient GenAI visibility	98% gap

A comparative analysis of the data presented in Table 2 reveals three key patterns. The first is that, over time, the share of vulnerable code is not declining but increasing, despite declared improvements in the security performance of newer LLM versions. The second is that vulnerabilities are not confined to the code level; they extend to the infrastructure layer, including access control and secret management, and to the process layer, where the absence of code review becomes a critical weakness. The third pattern, and perhaps the most practically significant one, is the observed phenomenon of iterative security degradation.

This phenomenon is documented in detail in the work of Schreiber and Tippe (2025) [15]. In a controlled experiment involving 400 snippets, 40 “improvement” cycles, and four prompting strategies, the author has recorded a 37.6% increase in critical vulnerabilities after five iterations. The most serious security problems were observed under performance-oriented prompting strategies. Only 27% of iterations with security-oriented prompts led to an actual improvement in security, and even then, mostly within the first three iterations. This finding is of fundamental importance for practice because it directly challenges the widespread assumption that repeated iteration with an LLM assistant automatically improves code quality. It does not, at least not reliably. What it does support, quite strongly, is the necessity of mandatory human oversight.

A critical analysis of existing methodological approaches shows that the frameworks currently in use suffer from a persistent structural gap when applied to GenAI-specific threats. The traditional OWASP Top 10 addresses web application threats, yet it does not include threat models for LLMs as components of the development process. OWASP developed a separate document, the LLM Top 10 (2025) [10], precisely because the attack surface is fundamentally different.

The NIST Secure Software Development Framework (SSDF) offers a mature methodology for managing security requirements, but it does not account for the specificity of AI-assisted development tools. The NIST AI RMF (2024) [16] closes part of this gap in relation to AI systems as products, yet it addresses, only to a limited extent, the security of development processes carried out with AI. The EU AI Act (2024) [17] introduces a risk categorization for AI systems and establishes mandatory documentation requirements, but it remains focused primarily on AI as an end product.

Thus, no existing framework fully covers the scenario in which GenAI is used as a code-writing instrument in a production environment. This gap constitutes the fundamental justification for the GSGF model proposed by the author. What matters here is that the GSGF neither duplicates nor replaces existing frameworks. Rather, it is embedded within their structure, adding the missing layer of GenAI-specific controls (fig. 2).

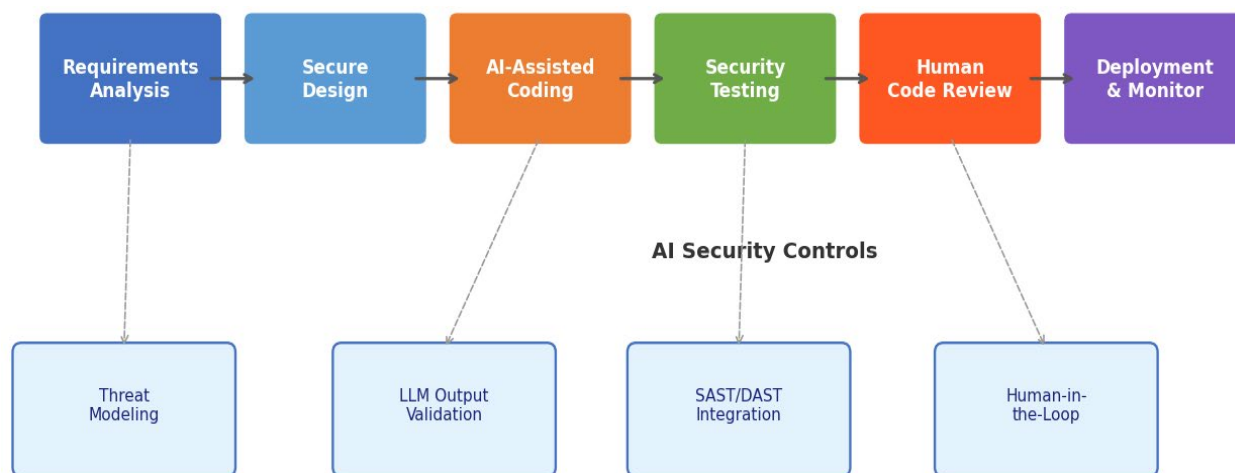


Fig. 2. Model of a Secure SDLC with GenAI Integration (AI-SecSDLC)
(compiled by the author based on [10; 12, p. 1386720; 16])

Figure 2 presents the author's conceptual model for integrating AI assistants into a secure software development life cycle, referred to as the AI-Secure SDLC. The model identifies four key control insertion points corresponding to the most critical nodes of compromise.

First, at the requirements analysis stage, the model prescribes formalized threat modeling that explicitly accounts for AI-specific threats. This is necessary because the use of LLMs in development introduces risks that are poorly captured by conventional secure design assumptions and therefore require early-stage identification in the architecture and requirements phase [10; 12, p. 1386720; 16].

Second, at the stage of AI-assisted coding, the central control is the validation of LLM-generated outputs. In this context, generated code cannot be treated as presumptively trustworthy merely because it is syntactically correct or functionally plausible. On the contrary, the model assumes that every AI-produced fragment should be regarded as potentially unsafe until verified against secure coding requirements and contextual development constraints [10; 12, p. 1386720].

Third, within security testing, the model provides for the integration of SAST and DAST procedures with specialized rules tailored to AI-generated code. This point is especially important because conventional static and dynamic analysis pipelines are often configured for human-written code and may fail to detect defects specific to LLM-generated outputs, including insecure dependency references, hallucinated calls, and reproducible

vulnerability patterns inherited from unsafe training distributions [10; 12, p. 1386720].

Fourth, at the stage of code review, the model requires the mandatory participation of a human expert. This element is fundamental rather than auxiliary. The accumulated empirical evidence suggests that iterative interaction with AI assistants does not eliminate the need for expert review; in some cases, it actually increases the probability that insecure solutions will pass into production if human oversight is weakened or treated as optional [12, p. 1386720]. In this sense, the human reviewer functions not as a redundant checkpoint, but as the final interpretive and accountability layer within the secure development process.

Taken together, these controls form a protective perimeter that neutralizes the principal threat classes identified in Table 1 without requiring organizations to abandon GenAI tools altogether. The logic of the model is therefore not prohibitive but adaptive: GenAI is treated neither as an inherently secure accelerator nor as a technology that must be categorically excluded, but as a high-variance instrument whose benefits are achievable only under conditions of structured governance and layered control [10; 12, p. 1386720; 16].

For the structured prioritization of threats and to justify the allocation of resources, the author developed a risk matrix (fig. 3) reflecting both the likelihood of realization and the potential impact of each threat on the basis of OWASP materials, Gartner assessments, and academic sources [4; 10; 12, p. 1386720].

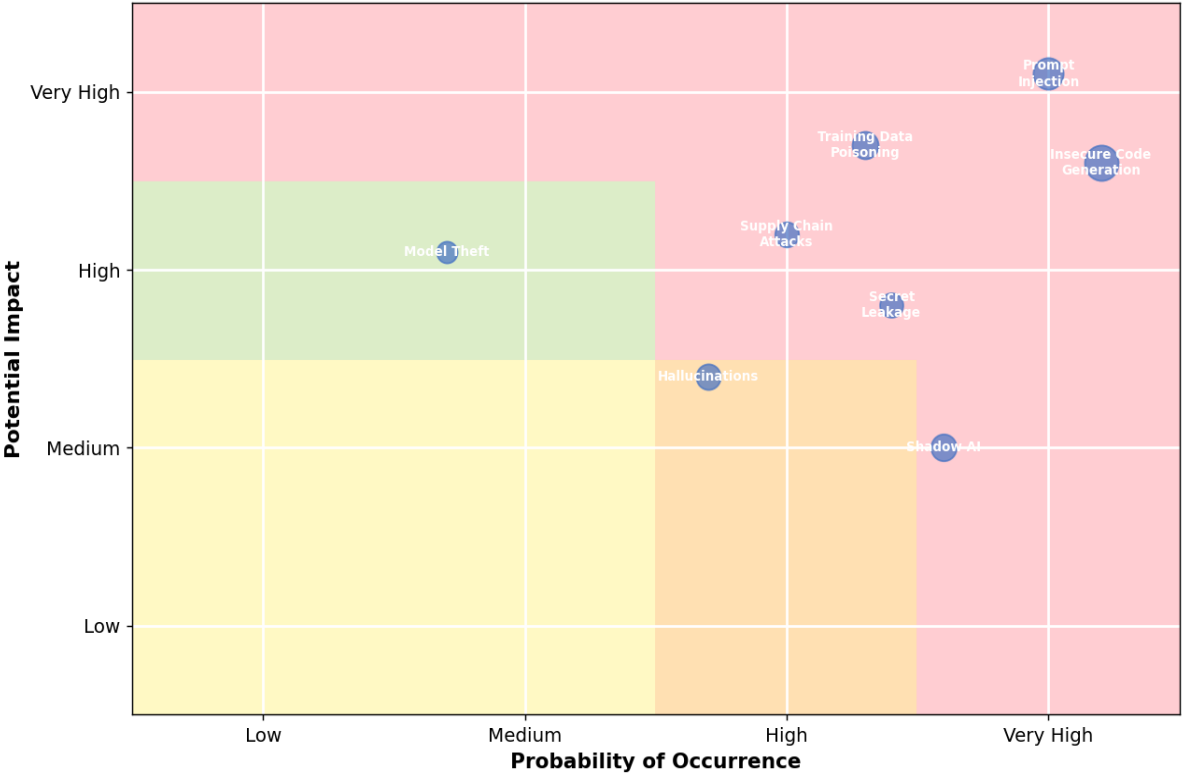


Fig. 3. Risk Matrix of GenAI Security Threats in the SDLC (compiled by the author based on [4; 10; 11, p. 435-444; 16])

The analysis of the matrix reveals three priority groups of threats. The highest-priority zone, combining high likelihood with high impact, includes Prompt Injection and Insecure Code Generation threats that require the immediate deployment of specialized technical controls. The high-priority zone, defined by medium-to-high likelihood and medium-to-high impact, includes Training Data Poisoning, Supply Chain Attacks, and Secret Leakage. The monitoring zone includes Hallucinations and Model Theft, which may not always produce immediate large-scale damage, yet remain strategically important because of their capacity to evolve into more severe compromise scenarios when combined with weak governance and insufficient validation procedures. Gartner’s assessments likewise indicate that attacks against AI-enabled systems will increasingly exploit weaknesses in access management and instruction handling, including direct and indirect prompt-based manipulation [4].

A distinctive authorial observation concerns the special position of Shadow AI within the matrix. Although its direct damage may appear comparatively moderate, it functions as a systemic amplifier of nearly all other threats. The use of unauthorized GenAI tools creates blind spots within the

security architecture, making it impossible to apply the controls prescribed by the GSGF model in a consistent manner. According to executive survey evidence, a substantial share of security leaders already acknowledge incidents involving corporate data leakage through unsanctioned GenAI tools [1]. Consequently, the governance of Shadow AI should be treated not as an auxiliary administrative matter but as a necessary precondition for the effectiveness of any technical protection measures.

On the basis of the analysis conducted, the author proposes the conceptual model GenAI Security Governance Framework (GSGF). The principal distinction between the GSGF and existing frameworks lies in three aspects. First, it applies the principle of defence in depth, specifically adapted to LLM-related threats across all three layers of the model. Second, the GSGF explicitly takes into account the phenomenon of iterative security degradation [15], embedding mandatory human checkpoints into every cycle of AI-assisted development. Third, the model integrates the current regulatory requirements of the EU AI Act (2024) [17] and the NIST AI Risk Management Framework (2024) [16] as they relate to SDLC processes (fig. 4).

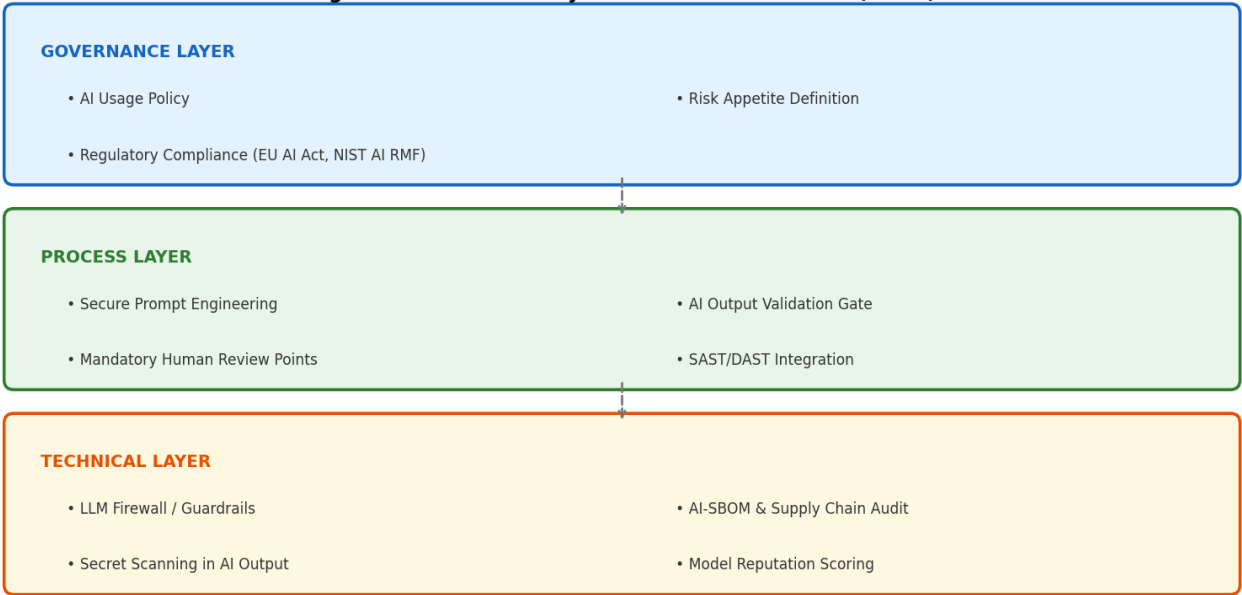


Fig. 4. GenAI Security Governance Framework (compiled by the author based on [10, 16, 17])

The Governance Layer covers the following elements:

1. An AI Usage Policy, including the list of approved LLM tools, prohibited use scenarios, the classification of data permitted for processing by AI assistants, and the boundaries of acceptable use;
2. A formalized definition of risk appetite as applied to GenAI, with measurable threshold values, for example, the maximum permissible share of AI-generated code allowed to enter the workflow without verification;
3. Assurance of compliance with the EU AI Act and the NIST AI Risk Management Framework, particularly in the areas of governance, accountability, documentation, and risk treatment [16, 17]. Without this layer, technical controls will almost inevitably be bypassed through Shadow AI practices.

The Process Layer provides for Secure Prompt Engineering in the form of corporate prompt libraries with mandatory security context and role-based templates; an AI Output Validation Gate, including automated SAST checks directly in the CI/CD pipeline, with merge prohibition where vulnerabilities meeting criticality thresholds are

detected; Human Review Checkpoints, requiring the mandatory involvement of a senior developer or security specialist in the review of critical modules written with AI participation; and the integration of specialized SAST/DAST rules for AI-specific vulnerabilities. This layer directly addresses the phenomenon of iterative security degradation documented in [15].

The Technical Layer includes LLM Firewall / Guardrails systems for filtering model inputs and outputs in order to detect prompt injection attempts; AI-SBOM (Software Bill of Materials), meaning the documentation of all AI components in use together with reputation assessment and a policy restricting the use of low-rated or insufficiently verified models; automated Secret Scanning of AI-generated code for, according to GitGuardian (2025), 6.4% of repositories using GitHub Copilot expose at least one secret, which is 40% higher than the rate observed in repositories without AI assistants [14]; and a Model Reputation Scoring mechanism applied before integration into the SDLC.

A more detailed description of the GSGF components, the required practices, and their normative alignment is presented in Table 3.

Table 3

GSGF Components: Required Practices and Regulatory Alignment
(compiled by the author based on [4, 10, 14, 16, 17])

GSGF Layer	Component	Required Practice	Regulatory Alignment
Governance	AI Usage Policy	Define approved LLMs, prohibited use cases, and data classification	EU AI Act; NIST AI RMF
Governance	Risk Appetite	Quantify acceptable vulnerability introduction rate per sprint	ISO/IEC 27001:2022

GSGF Layer	Component	Required Practice	Regulatory Alignment
Process	Secure Prompt Engineering	Mandatory security context injection; role-based prompt templates	OWASP LLM07
Process	AI Output Validation Gate	SAST scan before merge; deny merge if critical findings exceed accepted thresholds	NIST-aligned secure development practice
Process	Human Review Checkpoints	Mandatory senior review for AI-generated critical modules	Gartner recommendations, 2025
Technical	LLM Firewall / Guardrails	Input/output filtering; prompt injection detection layer	OWASP LLM01
Technical	AI-SBOM	Bill of materials for all AI models; reputation scoring policy	EU AI Act; AI governance best practices
Technical	Secret Scanning	Pre-commit hooks to detect credentials in LLM output	GitGuardian, 2025

An objective analysis of the proposed model requires acknowledging the barriers that currently constrain its practical implementation. The first, and perhaps the most significant, barrier is organizational: the structural divide between development teams and information security teams. Gartner indicates that, in the coming years, a growing share of application vulnerabilities may emerge from forms of so-called “vibe coding,” situations in which GenAI is used without any meaningful security controls [4]. Eliminating this barrier requires organizational change that extends well beyond purely technical solutions.

The second barrier is technological: the growth in the volume of AI-generated code far outpaces the expansion of the analytical capacity available to security teams. According to Legit Security (2025), AI-generated code was introducing more than 10,000 new vulnerabilities per month by June 2025, a tenfold increase over a six-month period [6]. Under conditions of constrained security resources, this dynamic all but guarantees the accumulation of security technical debt.

The third barrier is regulatory: the EU AI Act and the broader European data protection regime do not yet fully cover scenarios in which AI is used as a software development instrument, thereby creating legal uncertainty regarding responsibility for vulnerabilities introduced by LLM systems [16, 17]. The issue here is not simply one of formal compliance, but of attribution, accountability, and enforceable control boundaries.

In the author’s view, the key condition for overcoming these barriers is the development of an AI security awareness culture, within which every developer understands the specific risk profile of LLM-based tools and accepts responsibility for validating AI-generated code. The study by Negri-Ribalta et al. (2024) confirms that AI tools may

either strengthen or weaken security depending on the competence and judgment of their users [12, p. 1386720]. Technical controls are therefore necessary, but not sufficient; without a cultural shift, their effect will remain limited. The combined organizational, procedural, and technical measures embodied in the GSGF are aimed precisely at creating a systemic environment in which AI-aware security becomes part of the corporate development culture.

Conclusion

The study makes it possible to formulate several key conclusions that confirm both the stated research objective and the author’s hypothesis. First, the integration of GenAI tools into the software development life cycle does indeed transform the nature of security threats: alongside traditional vulnerabilities, fundamentally new vectors emerge, including prompt injection, data poisoning, supply chain compromise through AI components, and hallucination-driven defects. The available empirical evidence indicates a persistently high share of vulnerable AI-generated code across recent studies, while the volume of newly introduced vulnerabilities rose sharply in the first half of 2025. In that sense, the author’s hypothesis regarding a qualitative, and not merely quantitative, transformation of the threat landscape is supported.

Second, it has been established that existing security frameworks OWASP Top 10, NIST SSDF, and BSIMM, in their conventional form, contain systematic gaps when applied to GenAI-specific threats: none of them was originally designed with LLMs in mind as active components of the development process. This gap creates a real operational risk for organizations that continue to rely exclusively on traditional security mechanisms.

Third, the proposed conceptual model, the GSGF, fills the identified gap by offering a three-layer structure governance process, technically adapted to the specificity of GenAI-related threats and aligned with the current regulatory requirements of the EU AI Act and the NIST AI RMF. A central normative element of the model is the mandatory inclusion of a human expert in every cycle of AI-assisted development involving critical modules. This approach directly counteracts the documented phenomenon of iterative security degradation.

The practical significance of the study lies in the fact that the formulated recommendations and the components of the GSGF may be used directly by organizations when developing internal policies governing the use of GenAI tools, when building AI-integrated CI/CD pipelines with embedded security controls, and when assessing compliance with the EU AI Act and the NIST AI RMF.

Further directions for research include the quantitative assessment of the effectiveness of individual GSGF components on the basis of A/B experiments in production environments; the development of an AI Security Maturity Model; and a comparative analysis of vulnerabilities generated by different LLM models in light of sector-specific requirements, including the financial sector, medical software, and critical infrastructure.

References

1. McKinsey & Company (2025). The state of AI: How organizations are rewiring to capture value. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (date accessed: November 3, 2025).
2. GitHub (2024). Octoverse 2024: AI leads Python to top language as the number of global developers surges. Retrieved from: <https://github.blog/news-insights/octoverse/octoverse-2024/> (date accessed: November 9, 2025).
3. Chickowski E. (2025, January 6). Will AI code generators overcome insecurities in 2025? Dark Reading. Retrieved from: <https://www.darkreading.com/application-security/will-ai-code-generators-overcome-their-insecurities-2025> (date accessed: November 14, 2025).
4. Gartner, Inc. (2025). Hype cycle for application security, 2025. Gartner Research. Retrieved from: <https://www.gartner.com/en/documents/hype-cycle-for-application-security-2025> (date accessed: November 21, 2025).
5. Lakera AI. (2025). 2025 GenAI security readiness report. Retrieved from: <https://www.lakera.ai/genai-security-report-2025> (date accessed: November 27, 2025).
6. Legit Security. (2025). 2025 state of application risk report. Retrieved from: <https://info.legitsecurity.com/state-of-application-risk> (date accessed: December 4, 2025).
7. Perry N., Srivastava M., Kumar D., Boneh D. (2023). Do users write more insecure code with AI assistants? In Proceedings of the 2023 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. P. 2785-2799. ACM. <https://doi.org/10.1145/3576915.3623157>.
8. Cotroneo D., De Luca R., Liguori P. (2025). DeVAIC: A tool for security assessment of AI-generated code. Information and Software Technology, No. 177, P. 107572. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2024.107572>.
9. Pearce H., Ahmad B., Tan B., Dolan-Gavitt B., Karri R. (2022). Asleep at the keyboard? Assessing the security of GitHub Copilot's code contributions. In 2022 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). P. 754-768. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SP46214.2022.9833571>.
10. OWASP Foundation. (2025). OWASP Top 10 for LLM applications 2025. Retrieved from: <https://genai.owasp.org/llm-top-10/> (date accessed: December 11, 2025).
11. Majdinasab V., Bishop M.J., Rasheed S., Moradidakhel A., Tahir A., Khomh F. (2024). Assessing the security of GitHub Copilot's generated code: A targeted replication study. In 2024 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER). P. 435-444. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SANER60148.2024.00051>.
12. Negri-Ribalta C., Geraud-Stewart R., Sergeeva A., Lenzini G. (2024). A systematic literature review on the impact of AI models on the security of code generation. Frontiers in Big Data, No. 7, P. 1386720. <https://doi.org/10.3389/fdata.2024.1386720>.
13. Liguori P., Improta C., Natella R., Cukic B., Cotroneo D. (2024). Vulnerabilities in AI code generators: Exploring targeted data poisoning attacks. In Proceedings of the 32nd IEEE/ACM International Conference on Program Comprehension. P. 1-13. ACM. <https://doi.org/10.1145/3643916.3644416>.
14. GitGuardian (2025). The state of secrets sprawl 2025. Retrieved from: <https://www.gitguardian.com/state-of-secrets-sprawl-report-2025> (date accessed: December 18, 2025).

15. Shukla S., Joshi H., Syed R. (2025). Security degradation in iterative AI code generation: A systematic analysis of the paradox. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.11022>.

16. National Institute of Standards and Technology. (2024). Artificial intelligence risk management framework: Generative AI profile (NIST AI 600-1). U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1>.

17. European Parliament & Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1689> (date accessed: January 6, 2026).

18. Natella R., Liguori P., Improta C., Cukic B., Cotroneo D. (2024). AI code generators for security: Friend or foe? IEEE Security & Privacy, No. 22(5), P. 73-81. <https://doi.org/10.1109/MSEC.2024.3355713>.

19. Google. (2025, February 25). Get coding help from Gemini Code Assist—now for free. Retrieved from: <https://blog.google/innovation-and-ai/technology/developers-tools/gemini-code-assist-free/> (date accessed: January 6, 2026).

20. Gartner, Inc. (2025, February 17). Gartner predicts 40% of AI data breaches will arise from cross-border GenAI misuse by 2027. Retrieved from: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-02-17-gartner-predicts-forty-percent-of-ai-data-breaches-will-arise-from-cross-border-genai-misuse-by-2027> (date accessed: January 6, 2026).

ПИНАЕВ Александр

генеральный директор, основатель, Swordfish Security и Mobix,
Объединенные Арабские Эмираты, г. Дубай

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПАРАДИГМЫ РАЗРАБОТКИ БЕЗОПАСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. В данной статье рассматривается трансформация парадигмы разработки безопасного программного обеспечения в условиях широкомасштабного внедрения инструментов генеративного искусственного интеллекта на протяжении всего жизненного цикла разработки программного обеспечения. Цель исследования - систематизировать современные угрозы безопасности, возникающие при интеграции больших языковых моделей в процессы разработки программного обеспечения, и сформулировать концептуальные рекомендации по адаптации существующих методов обеспечения безопасности к этим новым условиям. Методологическая основа состоит из систематического обзора литературы, сравнительного анализа отраслевых примеров и контент-анализа технической документации. Полученные данные свидетельствуют о том, что использование инструментов GenAI существенно расширяет возможности для атак, в то время как доля уязвимого кода, генерируемого LLMs, по данным на 2024 год, достигла 62%. Предлагается концептуальная модель управления безопасностью, GenAI Security Governance Framework; она охватывает уровни управления, процессов и технического контроля. Полученные результаты могут представлять интерес для специалистов по информационной безопасности, разработчиков программного обеспечения, архитекторов безопасности и регулирующих органов, участвующих в формировании политики применения искусственного интеллекта.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, безопасная разработка программного обеспечения, большие языковые модели, уязвимости в сгенерированном коде, жизненный цикл разработки программного обеспечения, DevSecOps, оперативное внедрение, заражение обучающих данных, управление безопасностью ИИ, цепочки поставок программного обеспечения.

ГАДЖИЕВ Фуад Руслан оглы

магистрант,

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

*Научный руководитель – доцент кафедры компьютерной инженерии
Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,
доктор философии по техническим наукам Аскеров Талех Кямран оглы*

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ HTTP-СЕРВЕРОВ

Аннотация. В статье рассматриваются методы повышения производительности HTTP-серверов. Анализируются архитектурные модели обработки HTTP-запросов, включая многопоточную, асинхронную и событийно-ориентированную (event-driven) архитектуры. Особое внимание уделяется механизмам оптимизации, таким как кеширование, балансировка нагрузки, управление соединениями и использование протоколов HTTP/2 и HTTP/3. Результаты анализа показывают, что применение современных архитектурных решений позволяет снизить задержки обработки запросов и повысить эффективность использования серверных ресурсов.

Ключевые слова: HTTP-сервер, производительность, асинхронная архитектура, event-driven модель, кеширование, HTTP/2, HTTP/3.

Введение

Производительность HTTP-серверов является одним из ключевых факторов, определяющих эффективность современных веб-приложений и распределённых информационных систем. Под производительностью в данном контексте обычно понимается способность сервера обрабатывать максимальное количество запросов за единицу времени при минимальных задержках ответа (latency), а также устойчиво функционировать под высокой нагрузкой [1, 6].

HTTP-серверы работают в условиях постоянного обмена данными между клиентской и серверной частями системы, что делает их чувствительными к различным ограничениям. Основными факторами, влияющими на производительность, являются сетевые задержки, вычислительная нагрузка на процессор, эффективность использования оперативной памяти, а также скорость операций ввода-вывода.

Одним из наиболее критичных ограничений является работа с сетевыми соединениями. Установление и поддержание большого количества TCP-соединений требует значительных ресурсов операционной системы, включая память и процессорное время. При увеличении

числа одновременно активных соединений это может приводить к снижению общей пропускной способности системы и росту задержек [3, 10].

Дополнительным ограничением выступает модель обработки запросов внутри сервера. При использовании потоковой модели, где каждому соединению соответствует отдельный поток, возрастает нагрузка на планировщик операционной системы и увеличивается количество переключений контекста. Это приводит к снижению эффективности использования вычислительных ресурсов при высокой нагрузке [3, 6].

Также важным фактором является организация ввода-вывода. Блокирующие операции чтения и записи могут приводить к простоем вычислительных ресурсов, если сервер ожидает завершения внешних операций, таких как обращение к базе данных или файловой системе. В условиях высокой нагрузки это становится одним из основных источников задержек [5, 6].

Таким образом, производительность HTTP-сервера определяется совокупностью ограничений на уровне сети, операционной системы и архитектуры приложения. Эти ограничения

формируют необходимость применения различных методов оптимизации, направленных на повышение эффективности обработки запросов и снижение времени отклика системы [6, 14].

Архитектуры обработки HTTP-запросов и модели ввода-вывода

Архитектура обработки HTTP-запросов определяет способ распределения вычислительных ресурсов при обслуживании входящих соединений и оказывает прямое влияние на производительность серверных систем. В условиях высокой нагрузки ключевым становится не только скорость выполнения отдельных

операций, но и способность системы эффективно масштабировать обработку конкурентных запросов.

С точки зрения производительности важным параметром является количество одновременно обслуживаемых соединений N и среднее время обработки одного запроса T . В упрощённом виде пропускная способность сервера может быть представлена как:

$$Throughput \approx \frac{N}{T}, \tag{1}$$

Где увеличение N ограничено архитектурой обработки соединений и моделью ввода-вывода.

Таблица 1

Сравнение архитектур обработки HTTP-запросов

Архитектура	Принцип работы	Масштабируемость	Накладные расходы	Примеры
Thread-based	Один поток на соединение	Низкая при высокой нагрузке	Высокие (context switching)	Apache
Event-driven	Обработка через цикл событий (event loop)	Высокая	Низкие	Nginx
Async I/O	Неблокирующие операции ввода-вывода	Очень высокая	Минимальные	Node.js

Thread-based модель

В потоковой модели каждому соединению выделяется отдельный поток выполнения. Это упрощает разработку, так как логика запроса выполняется последовательно. Однако при росте числа соединений увеличивается нагрузка на операционную систему из-за управления потоками и переключения контекста (context switching), что приводит к деградации производительности.

Приблизительно нагрузку можно выразить как:

$$C_{thread} \propto N \cdot C_{switch}, \tag{2}$$

Где:

- N – количество потоков;
- C_{switch} – стоимость переключения контекста.

Event-driven модель

Событийно-ориентированная архитектура использует один или несколько потоков, работающих через цикл событий. Вместо блокирующего ожидания операций сервер регистрирует события и обрабатывает их по мере готовности.

Это позволяет эффективно использовать ресурсы, так как количество потоков не растёт линейно с числом соединений. Основное

преимущество данной модели проявляется при большом N , когда потоковые модели становятся неэффективными.

Async I/O модель

Асинхронная модель ввода-вывода является развитием событийного подхода. Основная идея заключается в том, что операции ввода-вывода выполняются неблокирующим образом, а результат обрабатывается после их завершения.

В этом случае сервер не простаивает в ожидании операций, связанных с сетью или диском, что особенно важно при высокой латентности внешних систем (например, баз данных).

Основные методы оптимизации HTTP-серверов

Оптимизация HTTP-серверов представляет собой комплекс технических решений, направленных на снижение времени отклика системы, увеличение пропускной способности и более эффективное использование вычислительных ресурсов. В современных серверных архитектурах данные методы затрагивают несколько ключевых уровней: обработку сетевых соединений, управление задержками, механизмы кеширования и оптимизацию сетевого трафика.

1. Оптимизация обработки соединений и ввода-вывода

Одним из основных факторов, влияющих на производительность HTTP-серверов, является эффективность обработки сетевых соединений. Каждый входящий запрос требует установления соединения, получения данных, их обработки и формирования ответа, что при неэффективной реализации может приводить к значительным накладным расходам [4, 6].

В традиционных системах обработка соединений часто реализуется с использованием блокирующих операций ввода-вывода на основе сокетов. В этом случае поток выполнения ожидает завершения операции, что упрощает реализацию, но существенно ограничивает масштабируемость при большом количестве одновременных подключений.

Современные серверные системы переходят к неблокирующим моделям обработки, основанным на механизмах событийного уведомления операционной системы, таких как *epoll*. Такой подход позволяет одновременно отслеживать большое количество соединений и обрабатывать только те события, которые готовы к выполнению, что значительно повышает эффективность использования ресурсов [10].

Дополнительно применяется асинхронный ввод-вывод (*async I/O*), при котором операции выполняются параллельно основному потоку выполнения, а результат обрабатывается по завершении. Это снижает нагрузку на процессор и повышает общую масштабируемость системы [5, 6].

2. Снижение задержек обработки запросов

Задержка ответа сервера (*latency*) является одним из ключевых показателей качества работы HTTP-системы. Для её снижения применяются различные методы оптимизации соединений и обработки запросов [6].

Одним из базовых подходов является использование *keep-alive* соединений, позволяющих повторно использовать одно TCP-соединение для обработки нескольких HTTP-запросов. Это уменьшает накладные расходы, связанные с установлением и разрывом соединений.

Более развитым механизмом являются *persistent connections*, которые определены в спецификации HTTP/1.1 и RFC документах [7].

Дополнительно снижение задержек достигается за счёт оптимизации *request pipeline*,

включающей уменьшение количества промежуточных обработчиков и упрощение маршрутизации запросов [3].

3. Кеширование как механизм повышения производительности

Кеширование является одним из наиболее эффективных методов повышения производительности HTTP-серверов, поскольку позволяет повторно использовать ранее полученные результаты без повторного обращения к *backend*-системам.

В зависимости от уровня реализации выделяют клиентское кеширование (*browser cache*), серверное кеширование (*in-memory cache*, *Redis*) и промежуточное кеширование через *CDN* или *reverse proxy* [11].

Эффективность кеширования оценивается через коэффициент *cache hit/miss*. Чем выше доля *cache hit*, тем ниже нагрузка на серверную часть системы.

Основной проблемой является *cache invalidation*, связанная с согласованностью данных в распределённых системах [6, 12].

4. Оптимизация сетевого трафика и протоколов передачи данных

Производительность HTTP-серверов также существенно зависит от объёма передаваемых данных и используемых сетевых протоколов [13].

Методы сжатия данных, такие как *gzip* и *brotli*, позволяют уменьшить размер HTTP-ответов и снизить сетевую нагрузку.

HTTP/2 вводит мультиплексирование потоков в рамках одного TCP-соединения, что снижает количество соединений и уменьшает накладные расходы [8].

Следующим этапом развития является HTTP/3, основанный на протоколе *QUIC*, который использует *UDP* вместо *TCP* и обеспечивает более быстрое установление соединений и устойчивость к потерям пакетов [9].

Масштабирование и балансировка нагрузки

Масштабирование и балансировка нагрузки серверных систем являются ключевыми механизмами повышения производительности и устойчивости HTTP-инфраструктуры при росте числа пользователей и объёма обрабатываемых запросов. По мере увеличения нагрузки производительность отдельного сервера становится ограниченной, что требует распределения вычислительных ресурсов между несколькими узлами системы [6, 14].

Масштабирование (scaling) представляет собой процесс увеличения доступных вычислительных ресурсов для обработки возрастающей нагрузки. В практике выделяют два основных подхода: вертикальное и горизонтальное масштабирование. Вертикальное масштабирование заключается в увеличении ресурсов одного сервера, таких как процессорная мощность, объём оперативной памяти или дисковое пространство. Данный подход относительно прост в реализации, однако имеет физические ограничения и не обеспечивает линейного роста производительности при значительном увеличении нагрузки [14].

Горизонтальное масштабирование основано на добавлении дополнительных серверных узлов в систему. В этом случае нагрузка распределяется между несколькими машинами, что позволяет значительно повысить общую пропускную способность и устойчивость системы. Такой подход широко применяется в современных распределённых и облачных архитектурах [14].

Важную роль в таких системах играет балансировка нагрузки, которая обеспечивает равномерное распределение входящих запросов между серверами. Основная цель данного механизма заключается в предотвращении перегрузки отдельных узлов и более эффективном использовании вычислительных ресурсов. В зависимости от архитектуры системы применяются различные алгоритмы балансировки, такие как Round Robin и Least Connections. В более сложных сценариях используется взвешенная дистрибуция (Weighted Distribution), учитывающая производительность каждого узла и его вычислительные возможности [4, 6].

Эффективность масштабирования можно рассматривать через изменение общей пропускной способности системы. В идеализированном случае суммарная производительность

распределённой системы может быть выражена как сумма производительности отдельных серверов:

$$Throughput_{system} \approx \sum_{i=1}^n Throughput_i, \quad (3)$$

Где n обозначает количество серверных узлов в системе, а $Throughput_i$ – производительность каждого отдельного сервера.

На практике линейная зависимость достигается только при отсутствии узких мест, таких как централизованные базы данных, сетевые ограничения или общие ресурсы. Тем не менее данная модель позволяет оценить теоретический предел масштабирования и показывает, что увеличение числа серверов при корректной балансировке нагрузки приводит к росту общей производительности системы.

Таким образом, горизонтальное масштабирование и балансировка нагрузки являются основными инструментами построения высоконагруженных HTTP-систем, обеспечивая повышение производительности, устойчивости и отказоустойчивости инфраструктуры.

Практический анализ влияния оптимизационных методов на производительность

Для оценки влияния различных методов оптимизации на производительность HTTP-серверов был проведён сравнительный анализ ключевых показателей, таких как задержка обработки запросов (latency), количество обрабатываемых запросов в секунду (requests per second) и загрузка процессора. Анализ позволяет выявить, какие подходы оказывают наибольшее влияние на эффективность работы серверной системы.

В рамках практического рассмотрения сравнивались различные архитектурные и оптимизационные подходы при одинаковых условиях нагрузки. Результаты представлены в таблице ниже.

Таблица 2

Сравнение производительности при различных архитектурах

Архитектура	Задержка (ms)	Запросов/сек
Thread-based	140	8200
Event-driven	95	12500
Async I/O	80	14100

Полученные результаты показывают, что переход от потоковой модели к событийной и асинхронной архитектуре приводит к существенному снижению задержек и увеличению пропускной способности системы. Наиболее

эффективной в данном сравнении оказалась асинхронная модель ввода-вывода, обеспечивающая максимальное количество обработанных запросов в секунду.

Дополнительно был проведён анализ влияния кеширования на производительность серверной системы. В рамках эксперимента

сравнивались показатели работы системы при наличии и отсутствии кеширования.

Таблица 3

Влияние кеширования на производительность

Показатель	Без кеша	С кешем
Latency	120 ms	60 ms
CPU Load	70%	45%

Результаты демонстрируют, что использование кеширования позволяет существенно снизить нагрузку на процессор и уменьшить время отклика системы. Особенно заметный эффект наблюдается при высоком проценте повторяющихся запросов, когда cache hit ratio достигает высоких значений.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что наибольшее влияние на производительность HTTP-серверов оказывают:

1. Переход к событийно-ориентированым и асинхронным архитектурам;
2. Использование кеширования на различных уровнях системы;
3. Снижение накладных расходов на обработку соединений.

При этом эффективность оптимизации зависит не только от выбранного метода, но и от характера нагрузки, структуры запросов и особенностей инфраструктуры.

Заключение

В ходе работы были рассмотрены основные методы оптимизации производительности HTTP-серверов. Показано, что эффективность серверных систем определяется совокупностью факторов, включая архитектуру обработки запросов, модель ввода-вывода, кеширование, сетевые протоколы и подходы к масштабированию.

Анализ подтвердил, что переход к асинхронным и событийно-ориентированным моделям позволяет снизить задержки и повысить пропускную способность системы. Дополнительное использование кеширования и оптимизации сетевого трафика уменьшает нагрузку на серверную инфраструктуру и улучшает время отклика.

Также установлено, что горизонтальное масштабирование и балансировка нагрузки являются ключевыми механизмами обеспечения устойчивости при высоких нагрузках.

Таким образом, применение комплексного подхода к оптимизации HTTP-серверов позволяет значительно повысить их

производительность и эффективность в современных распределённых системах.

Литература

1. Tanenbaum A.S., Wetherall D.J. Computer Networks. – 5th ed. – Boston: Pearson, 2011. – 960 p.
2. Fielding R.T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures (REST dissertation). – University of California, Irvine, 2000.
3. Apache Software Foundation. Apache HTTP Server Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://httpd.apache.org/docs/>.
4. Nginx Inc. Nginx Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nginx.org/en/docs/>.
5. Node.js Foundation. Node.js Official Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nodejs.org/en/docs/>.
6. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. – 616 p.
7. IETF. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1 (RFC 7230) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data-tracker.ietf.org/doc/html/rfc7230>.
8. IETF. HTTP/2 (RFC 7540) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data-tracker.ietf.org/doc/html/rfc7540>.
9. IETF. QUIC: A UDP-Based Multiplexed and Secure Transport (RFC 9000) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data-tracker.ietf.org/doc/html/rfc9000>.
10. Linux Man Pages. epoll(7) – Linux manual page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://man7.org/linux/man-pages/man7/epoll.7.html>.
11. Redis Ltd. Redis Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://redis.io/docs/latest/>.

12. Martin Fowler. Cache Patterns [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://martinfowler.com/bliki/Cache.html>.

13. Mozilla. HTTP Compression (gzip, brotli) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Compression>.

14. AWS. What is Scalability? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aws.amazon.com/what-is/scalability/>.

15. Google. Brotli Compression Algorithm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/google/brotli>.

HAJIYEV Fuad Ruslan oglu

Master's Student,

Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan, Baku

Scientific Advisor – Associate Professor of Computer Engineering at the Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Doctor of Philosophy in Technical Sciences Askerov Taleh Kamran oglu

METHODS FOR OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF MODERN HTTP SERVERS

Abstract. *The article examines methods for improving the performance of HTTP servers. Architectural models for processing HTTP requests are analyzed, including multi-threaded, asynchronous, and event-driven architectures. Particular attention is paid to optimization mechanisms such as caching, load balancing, connection management, and the use of HTTP/2 and HTTP/3 protocols. The results show that the application of modern architectural solutions reduces request processing latency and increases the efficiency of server resource utilization.*

Keywords: *HTTP server, performance, asynchronous architecture, event-driven model, caching, HTTP/2, HTTP/3.*

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

РЫБИНА Анастасия Евгеньевна

студентка,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОТОЛКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО КАПИЛЛЯРНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается вопрос равномерности распределения температуры на поверхности потолка при использовании системы водяного капиллярного отопления с различным шагом прокладки капиллярных матов.

Ключевые слова: потолочные системы отопления, капиллярные трубчатые маты, распределение температуры.

В последнее время становятся популярными потолочные лучистые системы отопления, которые работают по принципу теплового излучения. Одной из таких технологий потолочного отопления являются системы из тонких капиллярных трубок, которые монтируются на потолок под тонкий слой штукатурки [1, с. 88-92; 2]. В такой системе обеспечивается требуемая плотность теплового потока, в том числе при работе в низкотемпературном режиме. Это не только экономит ресурсы, но и обеспечивает оптимальные параметры микроклимата в помещении [3]. Для стабильной работы системы крайне важно, чтобы поверхность потолка прогревалась равномерно. Именно отсутствие «холодных зон» определяет, насколько эффективной будет теплоотдача и насколько комфортно будут чувствовать себя люди в помещении.

Для исследования данного вопроса рассматривается межэтажное перекрытие с системой из капиллярных трубок. Решение выполнено в среде Ansys с использованием встроенного вычислительного инструмента Steady-State Thermal.

Межэтажное перекрытие состоит из железобетонной плиты, снизу к которой крепятся полипропиленовые капиллярные маты и покрываются слоем цементно-песчаной штукатурки. На железобетонной плите уложены тепловая изоляция, гидроизоляция, цементно-песчаная стяжка и паркет.

Рассмотрены два варианта укладки трубок: с шагом 20 мм и 30 мм. В каждом случае рассматривался коврик, состоящий из 16 трубок, внешний диаметр которых 3,35 мм, внутренний – 2,35 мм. Разрезы рассматриваемых вариантов межэтажных перекрытий представлены на рисунках 1 и 2.

В системах потолочного отопления с капиллярными матами, монтируемыми в слой штукатурки, рекомендуется использовать низкотемпературный теплоноситель с температурой $27\div 37^{\circ}\text{C}$ с предельным значением 45°C , чтобы избежать повреждения штукатурного слоя и обеспечить комфортную температуру поверхности потолка [2].

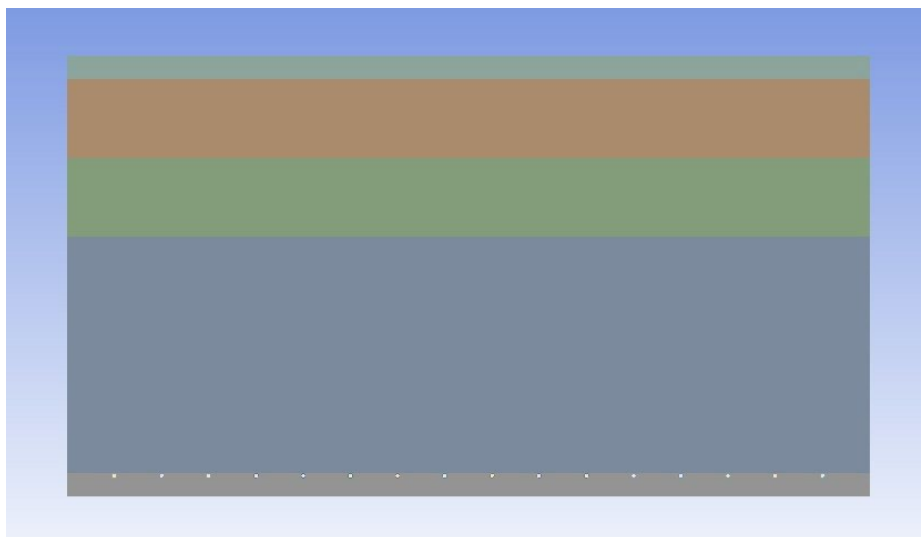


Рис. 1. Разрез межэтажного перекрытия при укладке капиллярных труб с шагом 30 мм

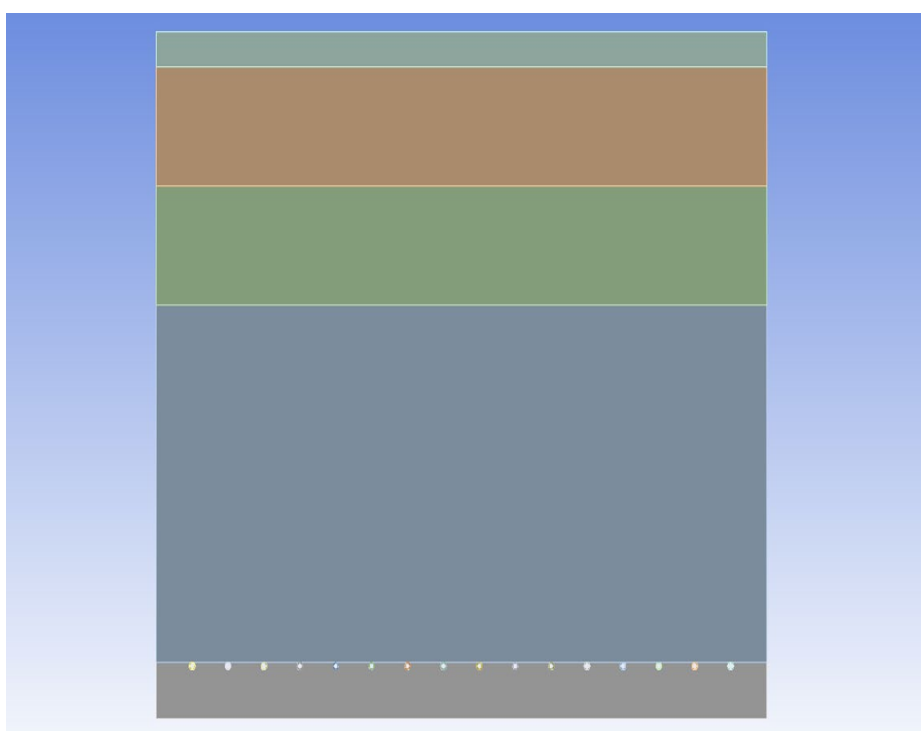


Рис. 2. Разрез межэтажного перекрытия при укладке капиллярных труб с шагом 20 мм

Для расчёта температура теплоносителя была принята равной 30°C ; температура воздуха в помещении – 20°C .

Допустимое изменение температуры по поверхности потолка в системах лучистого отопления следует ограничивать в пределах локальной асимметрии результирующей температуры: не более $2,5^{\circ}\text{C}$ для оптимальных и $3,5^{\circ}\text{C}$ для допустимых показателей теплового комфорта [3].

Для оценки перепада температур результаты построены графики распределения температур на поверхности потолка (рис. 3 и 4).

По результатам расчёта установлено:

- при шаге труб 30 мм:
- максимальная температура на поверхности – $t_{max} = 28,506^{\circ}\text{C}$;
- минимальная температура на поверхности – $t_{min} = 27,914^{\circ}\text{C}$;
- максимальный перепад температур – $0,592^{\circ}\text{C}$.
- при шаге труб 20 мм:
- максимальная температура на поверхности – $t_{max} = 28,124^{\circ}\text{C}$;
- минимальная температура на поверхности – $t_{min} = 27,903^{\circ}\text{C}$;
- максимальный перепад температур – $0,221^{\circ}\text{C}$.

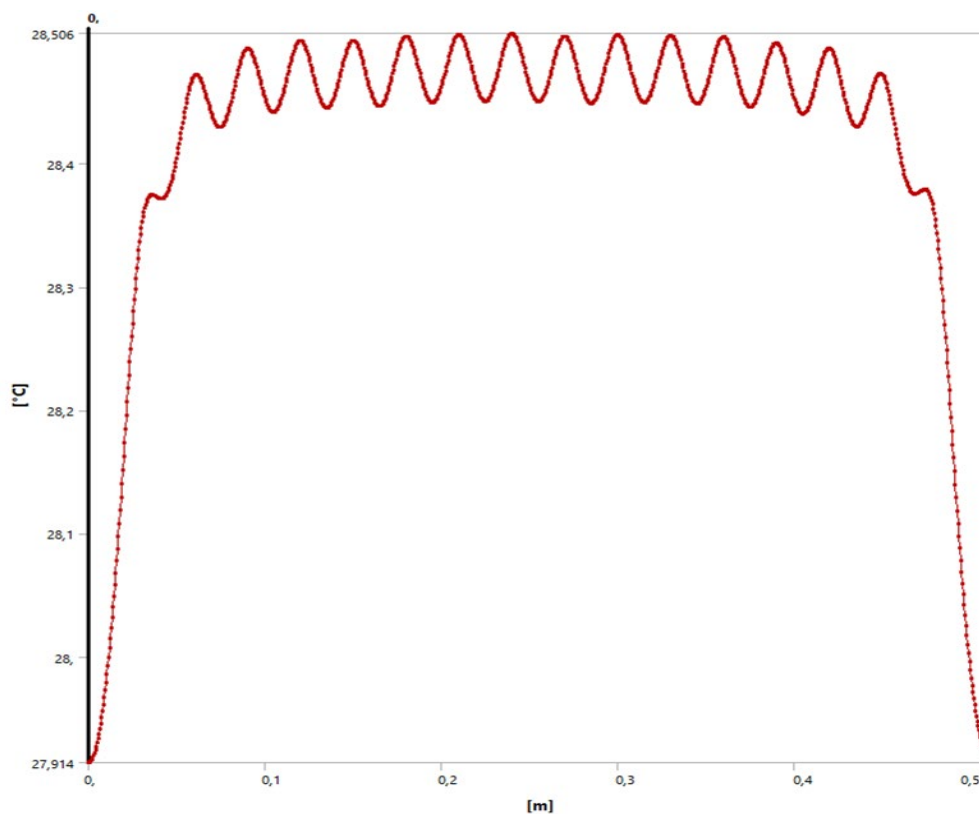


Рис. 3. График распределения температуры на поверхности потолка при шаге трубок 30 мм

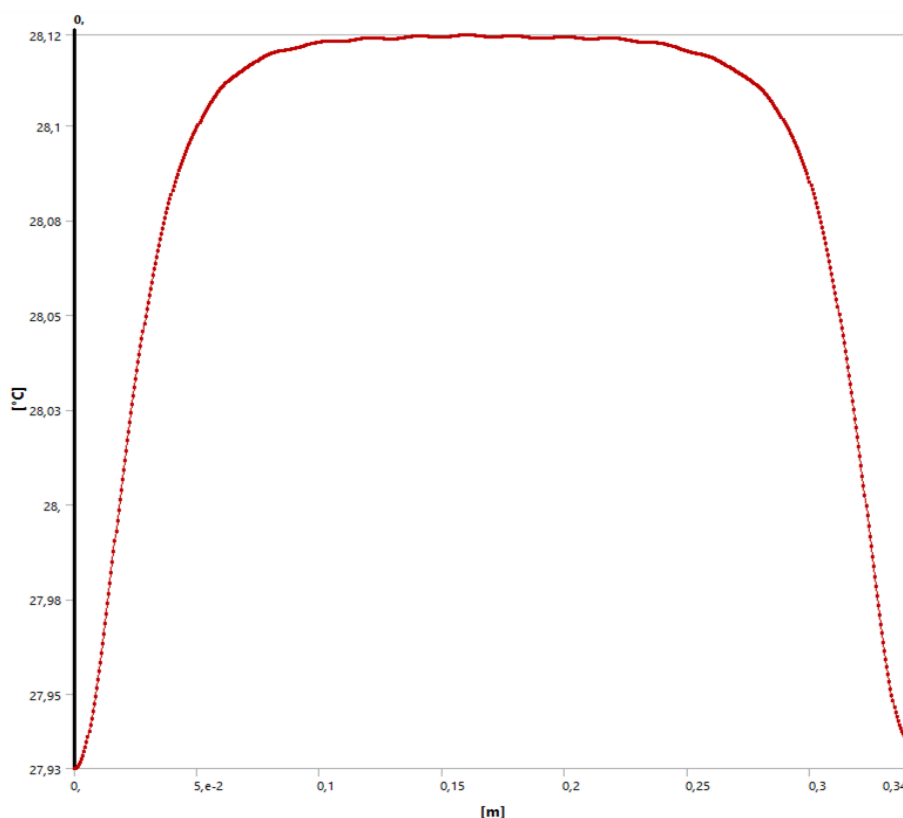


Рис. 4. График распределения температуры на поверхности потолка при шаге трубок 20 мм

Величины перепадов температур в обоих случаях значительно меньше предельно допустимых значений. Также, стоит отметить, что уменьшение шага капиллярных трубок заметно выравнивает температурное поле на

поверхности потолка. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о тепловой однородности потолочной поверхности.

Использование системы потолочного лучистого отопления с капиллярными матами

является эффективным и комфортным техническим решением, обеспечивающим равномерное температурное поле на поверхности потолка и высокий уровень теплового комфорта.

Литература

1. Волошин С.А. Лучистые климатические системы. Особенности проектирования // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная

теплофизика. 2013, № 2. – С. 88-92.

2. Hersteller von Heiz-Kühldecken. Strahlungswärme von der Decke, die begeistert und Energie spart. – URL: <https://www.bekaklima.de/heiz-kuehldecken/>.

3. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013–01–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.

RYBINA Anastasia Evgenievna

Student,

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Russia, Saint Petersburg

STUDY OF THE UNIFORMITY OF TEMPERATURE DISTRIBUTION ON THE CEILING SURFACE WHEN USING A WATER CAPILLARY HEATING SYSTEM

Abstract. *The article discusses the issue of uniform temperature distribution on the ceiling surface when using a water capillary heating system with different spacing of capillary mats.*

Keywords: *ceiling heating systems, capillary tube mats, and temperature distribution.*

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ЕФИМОВА Мария Алексеевна

инженер-технолог, Сургутский научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности ПАО «Сургутнефтегаз», Россия, г. Сургут

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ РЕКИ ЧЕРНАЯ (ПРАВОБЕРЕЖНЫЙ ПРИТОК СРЕДНЕЙ ОБИ)

Аннотация. В работе представлены результаты содержания тяжелых металлов в реке Черная.

Ключевые слова: загрязнение вод, поверхностные воды, тяжелые металлы, река Черная, антропогенный характер воздействия, медь, марганец, свинец.

Интенсивное освоение земель Обского бассейна, и, в частности, земель Сургутского района, нарушает протекание естественных процессов нормального функционирования экосистем. Результатом регулярной выраженной антропогенной нагрузки является разрушение водных экосистем, проявляющееся в вытеснении упрощенными формами сложноорганизованных видов сообществ, снижении способности к самоочищению и эвтрофированию водного объекта.

Цель настоящего исследования – оценить содержание тяжёлых металлов в водах реки Черная (правобережный приток Средней Оби).

Исследуемый водный объект принадлежит к бассейну реки Обь. Было установлено 12 контрольных точек, расположенных на разном удалении друг от друга выше по течению от плотины водохранилища-охладителя тепловых электростанций ГРЭС-1 и ГРЭС-2 (рис.). Характеристика точек отбора проб представлена в таблице 1.

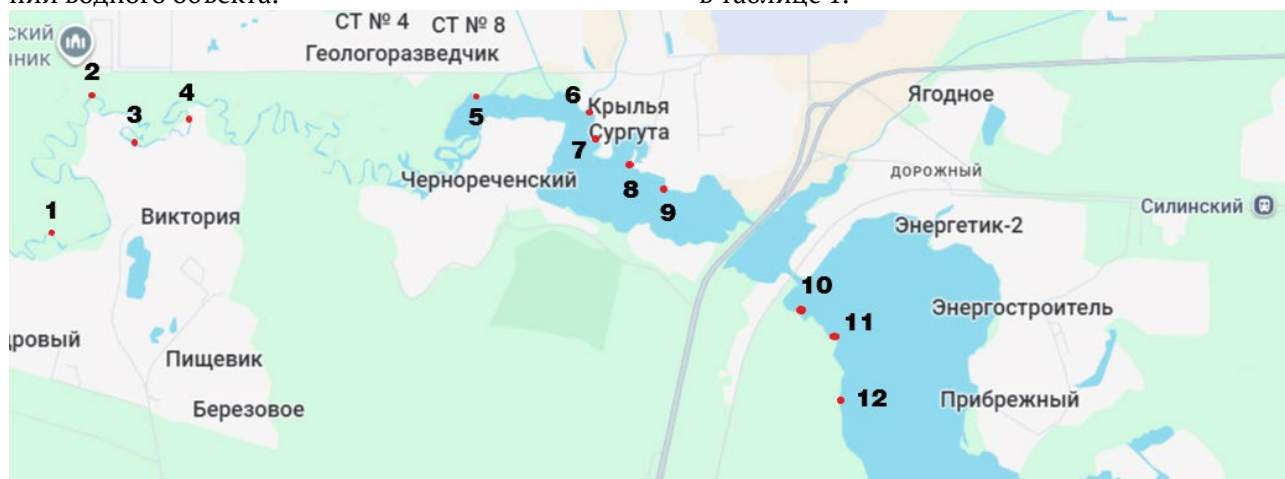


Рис. Схема расположения точек отбора проб

Анализ проб проводился по 4 показателям с использованием стандартного метода гидрохимического анализа атомно-абсорбционной спектроскопии. Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024–2020 в период осенней межени в сентябре 2026

года. Анализ проб был осуществлен в лаборатории Экологического мониторинга кафедры экологии и биофизики и в Центре коллективного пользования Сургутского государственного университета.

Таблица 1

Характеристика точек отбора проб

№ пробы	Наименование водотока	Характеристика места отбора пробы	Географические координаты
1	р. Черная	В районе СОР «Летние Юрты»	61°32'26" с.ш. 73°27'79" в.д.
2	р. Черная	В районе СОР «Виктория»	61°19'57" с.ш. 73°17'49" в.д.
3	р. Черная	В районе СОР «Виктория»	61°33'09" с.ш. 73°31'12" в.д.
4	р. Черная	В районе СОР «Виктория»	61°32'96" с.ш. 73°31'13" в.д.
5	р. Черная	В районе СОР «Крылья Сургута»	61°19'57" с.ш. 73°21'23" в.д.
6	р. Черная	В районе СОР «Крылья Сургута»	61°32'95" с.ш. 73°38'02" в.д.
7	р. Черная	В районе СОР «Крылья Сургута»	61°32'80" с.ш. 73°37'68" в.д.
8	р. Черная	В районе ДНТ «Тихий Бор»	61°32'63" с.ш. 73°38'70" в.д.
9	р. Черная	В районе ДНТ «Рассвет»	61°31'54" с.ш. 73°41'13" в.д.
10	р. Черная	В районе ДНТ «Рассвет»	61°32'61" с.ш. 73°39'50" в.д.
11	р. Черная	В районе ДНТ «Рассвет»	61°30'65" с.ш. 73°41'54" в.д.
12	р. Черная	В районе ДНТ «Рассвет»	61°30'65" с.ш. 73°41'54" в.д.

Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты гидрохимических исследований

№	Показатель	Сезон	Min	Max	Ср. ± дов. инт.	ПДК _{вр} , мг/дм ³	% проб превышающих ПДК _{вр}	Кратность превышения ПДК _{вр}
1	Ni, мг/дм ³	октябрь	0,066	0,218	0,152±5 2,98	0,01	100	15,2
2	Cu, мг/дм ³	октябрь	0,001	0,002	0,0015± 0,54	0,001	50	1,5
3	Mn, мг/дм ³	октябрь	0,156	0,532	0,283±1 08,35	0,1	100	2,83
4	Zn, мг/дм ³	октябрь	0,046	0,109	0,074±2 5,58	2	-	-

В ходе анализа полученных результатов, представленных в таблице, можно сделать вывод о стабильном превышении ПДК_{вр} по трём показателям. В 100% исследованных проб зафиксировано превышение нормативов для никеля и марганца, для меди превышение отмечено в 50% проб. При этом цинк во всех образцах находится в пределах допустимых значений.

Наибольшая кратность превышения ПДК_{вр} характерна для никеля – в среднем в 15,2 раза, при максимальной зафиксированной концентрации 0,218 мг/дм³ (против норматива 0,01 мг/дм³). Среднее содержание никеля составило 0,152±5,298 мг/дм³ (указанная доверительная погрешность отражает значительный разброс данных).

Марганец превышает ПДК_{вр} (0,1 мг/дм³) в среднем в 2,83 раза, при колебаниях

концентрации от 0,156 до 0,532 мг/дм³. Среднее значение – 0,283±108,35 мг/дм³. Медь, хотя и демонстрирует превышение в половине проб, имеет наименьшую кратность – 1,5 (среднее 0,0015 мг/дм³ при ПДК_{вр} 0,001 мг/дм³).

Можно отметить, что наиболее загрязненными по совокупности показателей являются пробы с максимальными значениями никеля и марганца (0,218 и 0,532 мг/дм³ соответственно). Превышение ПДК_{вр} для цинка не зафиксировано ни в одном из вариантов исследований – его концентрация колеблется от 0,046 до 0,109 мг/дм³ при нормативе 2 мг/дм³, что полностью соответствует требованиям к качеству воды.

Выводы. По результатам проведенного исследования на водотоке река Черная (правобережный приток Средней Оби) в период осенней межени (сентябрь 2026 г.) зафиксировано устойчивое превышение рыбохозяйственных ПДК_{вр} по никелю, марганцу и меди.

Высокое содержание марганца (100% проб, превышение до 2,83 ПДК_{вр}) характерно для водных объектов таежной зоны Западной Сибири; его концентрация в значительной степени зависит от природных ландшафтно-климатических факторов (заболоченность водосбора, восстановительные условия в донных отложениях) и слабо подвержена влиянию антропогенных факторов.

В свою очередь, загрязнение водных объектов никелем (100% проб, превышение до 15,2 ПДК_{вр}) и медью (50% проб, превышение до 1,5 ПДК_{вр}) происходит под действием антропогенной нагрузки на водоток, например, при поступлении стоков с сопредельных территорий, включая районы с развитой нефтегазодобывающей и энергетической инфраструктурой (в зоне влияния ГРЭС-1 и ГРЭС-2). Отсутствие превышений по цинку (концентрации ниже ПДК_{вр} во всех точках отбора) позволяет предположить, что данный металл не является приоритетным загрязнителем для исследуемого водотока в осенний период. Для уточнения сезонной динамики и выявления источников поступления никеля и меди требуются дополнительные исследования в различные гидрологические фазы.

Литература

1. ГОСТ Р 59024–2020 Вода. Общие требования к отбору проб. Москва: Стандартинформ, 2020.
2. Шорникова Е.А. Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы. Сургут: Дефис, 2007. – 88 с.

EFIMOVA Maria Alekseevna

Technologist,

Surgut Scientific Research and Design Institute of the Oil Industry of Surgutneftegaz PJSC,
Russia, Surgut

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE WATERS OF THE CHERNAYA RIVER (A RIGHT-BANK TRIBUTARY OF THE MIDDLE OB)

Abstract. *The paper presents the results of the content of heavy metals in the Chernaya River.*

Keywords: *water pollution, surface water, heavy metals, Chernaya River, anthropogenic impact, copper, manganese, lead.*

ЕФИМОВА Мария Алексеевна

инженер-технолог, Сургутский научно-исследовательский и проектный институт
нефтяной промышленности ПАО «Сургутнефтегаз», Россия, г. Сургут

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ЧЕРНАЯ ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования состава зоопланктона и оценка качества воды реки Черная по гидробиологическим показателям.

Ключевые слова: зоопланктон, видовое разнообразие, видовое сходство, загрязнение вод, поверхностные воды, химический состав, биогенные вещества, река Черная, растворенный кислород.

Деятельность человека в Обском бассейне в XXI веке, связанная главным образом с поиском, разведкой и добычей углеводородного сырья, привела к деградации качественных и количественных характеристик поверхностных и подземных вод на территории Югры. Как результат – снижение потенциала водных объектов для питьевого водоснабжения, отдыха, сельского хозяйства, промышленности и рыбного промысла. Река Черная, находящаяся близ города Сургут, протекает вблизи дачных кооперативов и является местом рекреации горожан. Вследствие этого она испытывает достаточную антропогенную нагрузку. Определить

состояние водоема можно при использовании методик, включающих химические и физико-химические показатели. Изучение видового состава зоопланктона – неотъемлемая часть при исследовании экологического состояния водоема или водотока.

Цель настоящего исследования – оценить качество воды реки Черная по гидробиологическим показателям.

Исследуемый водный объект принадлежит к бассейну реки Обь. Было исследовано 3 контрольных точки, расположенные на разном удалении друг от друга (рис. 1). Характеристика точек отбора проб представлена в таблице 1.

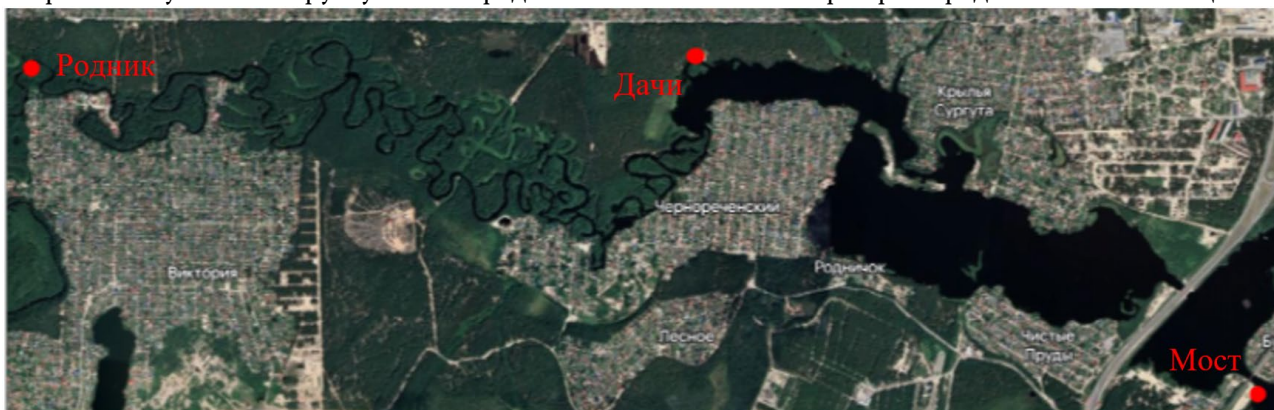


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб

Исследования состава зоопланктона проводились в два сезона: лето и осень 2022 года; пробы отбирались с трёх точек. С каждой точки трижды отбирался объем 100 л воды и процеживался через коническую планктонную сеть Апштейна. При анализе проб зоопланктона использовались определители. Видовое разнообразие оценивали по индексу Маргалефа, видовое сходство с помощью коэффициента Серенсена. Определили численность (количество организмов в 1 м³) зоопланктона по формуле:

$x = n \cdot 1000 / v$, где x – количество организмов в 1 м³ воды, экз./м³; n – количество организмов в пробе, экз; v – объем воды, процеженной через сеть. Оценили качество воды при помощи соотношения видов зоопланктона и индексу сапробности по методу Панте-Букка в модификации Сладчека. В работе представлены качественные и количественные результаты зоопланктона. Анализ биогенных элементов в пробах проводился по 5 показателям с использованием стандартных методов, принятых в

гидрохимических исследованиях: титриметрическим и фотометрическим. Отбор проб был осуществлен в сентябре 2022 года и в сентябре 2025 года, в соответствии с требованиями ГОСТ

Р 59024–2020. Анализ проб осуществлялся в лаборатории Экологического мониторинга кафедры экологии и биофизики Сургутского государственного университета.

Таблица 1

Характеристика точек отбора проб

№ пробы	Наименование водотока	Характеристика места отбора пробы	Географические координаты
1	р. Черная	В районе СОР «Виктория»	61°19'57" с.ш. 73°17'49" в.д.
2	р. Черная	В районе СОР «Крылья Сургута»	61°19'57" с.ш. 73°21'23" в.д.
3	р. Черная	В районе ДНТ «Рассвет»	61°32'61" с.ш. 73°39'50" в.д.

Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сезонная динамика видового состава ракообразных р.Черная

Вид	Месяц	
	Август	Октябрь
1. <i>Bosmina longirostris</i>	+	+
2. <i>Bosmina crassicornis</i>	+	+
3. <i>Chydorus sphaericus</i>	+	+
4. <i>Polyphemus pediculus</i>	+	+
5. <i>Scapholeberis mucronata</i>	+	+
6. <i>Moina brachiata</i>	+	-
7. <i>Leptodora kindtii</i>	+	-
8. Отряд Podocoropia	+	+
9. Род Cyclops	+	+
Итого	9	7

По нашим данным таксономический состав реки Черная представлен 9 семействами, из них 8 – ветвистоусые, 1 – веслоногие. За летний период наблюдения (август) зоопланктон был качественно однообразен, число видов колебалось от 7 до 9 (табл. 2). Наименьшее разнообразие отмечено в октябре, так как уменьшилось количество теплолюбивых форм: *L. Kindtii*, *M.*

Brachiata, и увеличилось число особей род *Cyclops*. Постоянными или круглогодичными компонентами планктона являются 2 вида, из них ветвистоусые ракообразные - *B. Longirostris*, *Ch. Sphaericus*. В летний период наблюдалось закономерное обогащение видового состава зоопланктона за счет теплолюбивых форм (*L. Kindtii*, *Ch. Sphaericus*).

Таблица 3

Видовой состав зоопланктона р. Черная

Вид/Проба	Точка № 1		Точка № 2		Точка № 3	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
Класс Crustacea Подкласс Cladocera Отряд Dafniiformes Сем-во Bosminidae Род Bosmina Вид Bosmina longirostris	-	-	608	9	152	-
Класс Crustacea Подкласс Cladocera Отряд Dafniiformes Сем-во Bosminidae Род Bosmina	-	6	217	110	-	24

Вид/Проба	Точка № 1		Точка № 2		Точка № 3	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
Вид <i>Bosmina Crassicornis</i>						
Класс Crustacea Подкласс Cladocera Отряд Dafniiformes Сем-во Chydoridae Вид Chydorus sphaericus	0	3	28	27	-	1
Класс Crustacea Подкласс Cladocera Отряд Polyphemiformes Сем-во Polyphemidae Вид Polyphemus pediculus	15	-	15	2	168	-
Класс Crustacea Подкласс Cladocera Отряд Daphniiformes Сем-во Daphniidae Род Scapholeberis Вид Scapholeberis mucronata	-	-	7	135	-	22
Класс Crustacea Подкласс Cladocera Отряд Daphniiformes Сем-во Moinidae Вид Moinidae brachiata	-	-	-	-	1	-
Класс Crustacea Отряд Leptodoriformes Сем-во Leptodoridae Вид Leptodora kindtii	-	-	-	-	9	-
Класс Crustacea Подкласс Ostracoda Отряд Podocopodia	4	4	-	-	1	-
Класс Crustacea Отряд Copepoda Сем-во Cyclopidae Род Cyclops	4	43	-	12	52	4

В летний сезон доминировали ветвистоусые ракообразные, составлявшие 98% от общего числа особей всех видов. Наименьшими по численности оказались семейства *Moinidae* и *Cyclopidae*, и отряд *Podocopodia* (табл. 3). В осенний сезон доминировал вид *Bosmina*

Crassicornis и *Scapholeberis mucronata*. Также увеличилось количество организмов семейства *Cyclopidae*, процент которого составил 11%, что может быть связано с понижением температуры воды.

Таблица 4

Количество организмов в 1 м³ воды, экз./м³

Сезон: лето	Точка №1			Точка №2			Точка №3		
№ пробы	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Кол-во орг-в в 1 м ³	0,8	0,8	1,2	43,9	25,5	18,4	20,3	9,9	8,2
Сезон: осень	Точка № 1			Точка № 2			Точка № 3		
№ пробы	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Кол-во орг-в в 1 м ³	19	6	4,5	54,5	24	68,5	9	13	3,5

В летний период наибольшее количество организмов в 1 м³ выявилось в точке № 2 в пробе № 1, наименьшее в точке № 1 в пробах № 1 и № 2. В осенний период наибольшее

количество организмов в 1 м³ в точке № 2 в пробе № 1, наименьшее в точке № 3 в пробе № 3 (табл. 4).

Таблица 5

Видовое разнообразие по индексу Маргалефа.

Лето			
Точка	№ 1	№ 2	№ 3
d	2,6	1,2	1,4
Осень			
d	1,9	1,4	1,7

Наиболее разнообразной по видовому составу оказалась точка № 1 со значениями

индекса равными 2,6 и 1,9. Менее разнообразной точка № 2 со значениями 1,2 и 1,4 (табл. 5).

Таблица 6

Коэффициент видовой сходства.

Сезон: лето	Точка № 1	Точка № 2	Точка № 3
Кс	0,75	0	0,46
Сезон: осень	Точка № 1	Точка № 2	Точка № 3
Кс	0,37	0,7	0,75

Основываясь на расчете коэффициента Сренсена можно сказать, что большим видовым сходством обладают: в летний период – пробы с точки № 1, в осенний – пробы с точки № 3 (табл. 6).

Оценку водоема можно производить по показателям, предложенным М. Б. Ивановой, в нашем случае это соотношение числа видов кладоцер к числу видов копепоид: 7:1 – данное соотношение свидетельствует о слабом загрязнении вод.

Количественная оценка гидробионтов по методу Пантле и Букка учитывает

относительную частоту встречаемости организмов h и отношение отдельных видов к пяти известным степеням системы сапробности s . Обе эти величины входят в формулу для вычисления индекса сапробности:

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h}, \quad (1)$$

В летний сезон индекс составил 1,74, это говорит о том, что воды р. Черная слабо загрязненные и имеют III класс. Осенью индекс равен 1,64 – воды также слабо загрязненные.

Результаты химических исследований представлены на рисунках 2, 3, 4.

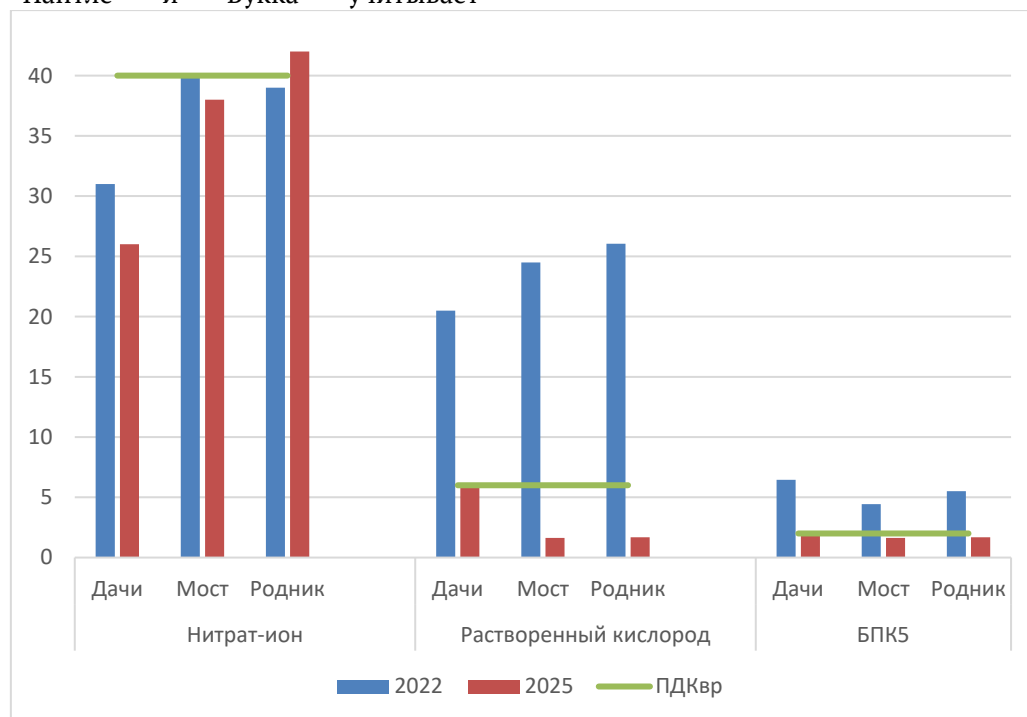


Рис. 2. Пространственное распределение биогенных веществ в пробах реки Черная

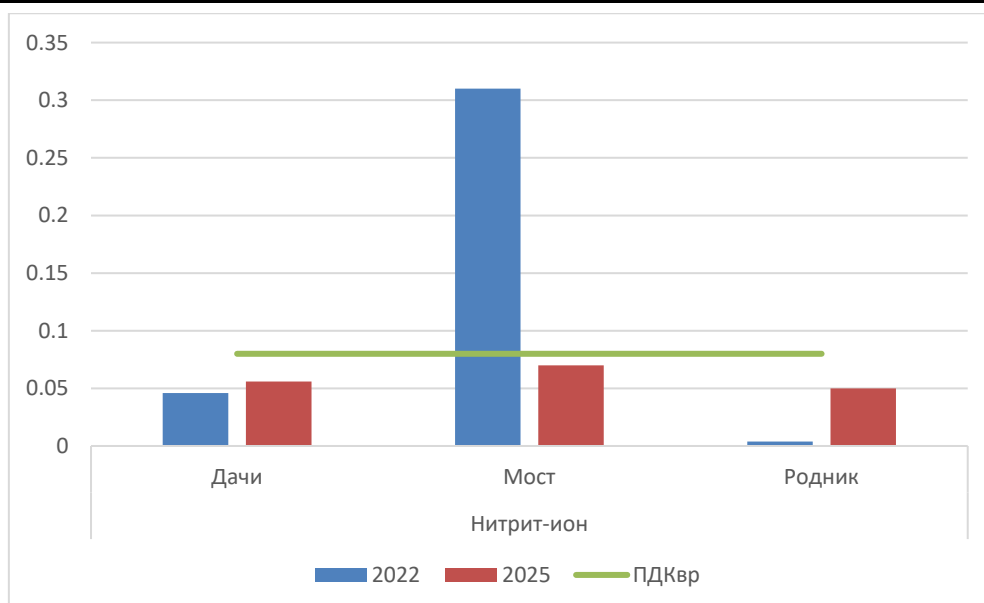


Рис. 3. Пространственное распределение биогенных веществ в пробах реки Черная

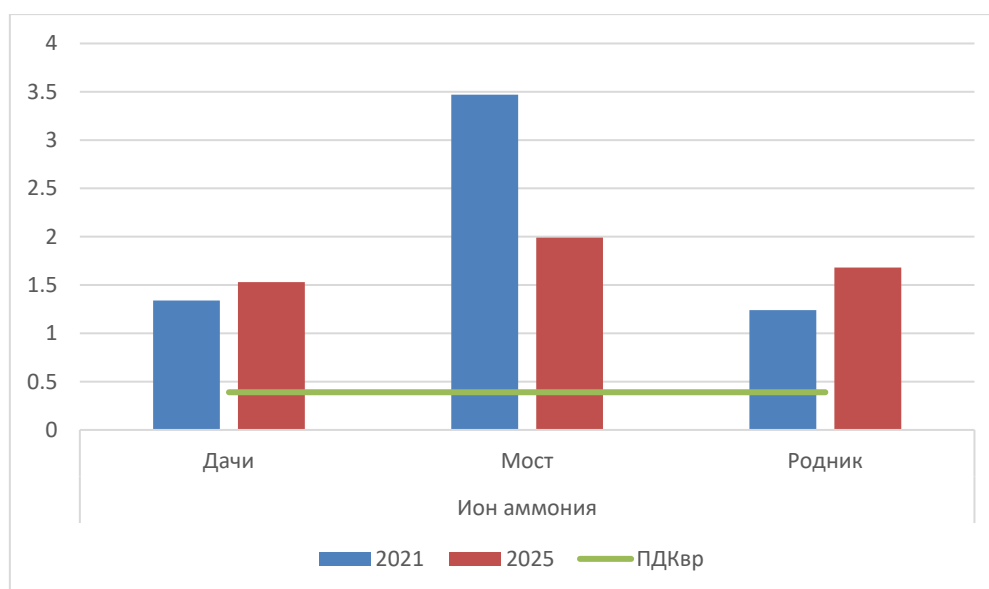


Рис. 4. Пространственное распределение биогенных веществ в пробах реки Черная

Проведён анализ гидрохимических показателей воды в точках «Дачи», «Мост» и «Родник». Исследовались концентрации иона аммония, нитрат-ионов, нитрит-ионов, растворённого кислорода и БПК₅ со сравнением результатов с ПДК_{вр}.

Содержание иона аммония во всех точках превышало допустимую норму 0,39 мг/л. Наибольшее значение зафиксировано в точке «Мост» – 3,47 мг/л. Это указывает на загрязнение воды соединениями азота.

Концентрация нитрат-ионов в основном соответствовала нормативам, однако в точке «Родник» в 2025 году наблюдалось превышение ПДК_{вр} в 1,05 раз при норме 40 мг/л.

Показатель растворённого кислорода в 2025 году значительно снизился по сравнению с

2022 годом, что связано с сезоном отбора проб. В точках «Мост» и «Родник» содержание кислорода оказалось ниже допустимого уровня 6 мг/л, что свидетельствует об ухудшении экологического состояния водоёма.

Значения БПК₅ в 2022 году превышали норму 2 мг/л, что указывало на высокую органическую нагрузку. В 2025 году показатели снизились и приблизились к нормативным значениям.

Концентрация нитрит-ионов в большинстве проб соответствовала норме. Превышение ПДК_{вр} наблюдалось только в точке «Мост» в 2022 году в 3,9 раза.

Вывод. В ходе исследования река Черная не показала большого разнообразия. Было отмечено 9 семейств, крупным из которых по

количеству стало семейство *Bosminidae* (*B. Longirostris*). В обоих сезонах наиболее разнообразной по видовому составу оказалась точка № 1. По химическому составу результаты показывают наличие загрязнения водоёма азотсодержащими веществами. Исходя из расчетов состояния водоема его можно определить как слабо загрязненное.

Литература

1. ГОСТ Р 59024–2020 Вода. Общие требования к отбору проб. Москва: Стандартинформ, 2020.
2. Маюрова М.В. Атлас-определитель пресноводных беспозвоночных Ханты-

Мансийского автономного округа – Югры. Сургут: МБОУ ДО СЮН, 2016. – 89 с.

3. Маюрова М.В. Водные беспозвоночные рек Сургутского района. – Сургут, 2002 г. – 55 с.

4. Чертопруд, М.В. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России: 4-е изд.- М.: изд-во КМК, 2011. – 220 с. / М.В. Чертопруд; соавт. Чертопруд Е.С. – [Б. м.: б. и.]. – Б. ц.

5. Шорникова Е.А. Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы. Сургут: Дефис, 2007. – 88 с.

EFIMOVA Maria Alekseevna

Process Engineer,

Surgut Scientific Research and Design Institute of the Oil Industry of Surgutneftegaz PJSC,
Russia, Surgut

ASSESSMENT OF THE BLACK RIVER WATER QUALITY BASED ON HYDROBIOLOGICAL INDICATORS

Abstract. *The paper presents the results of a study of the composition of zooplankton and the assessment of the water quality of the Chernaya River based on hydrobiological indicators.*

Keywords: *zooplankton, species diversity, species similarity, water pollution, surface water, chemical composition, biogenic substances, the Chernaya River, dissolved oxygen.*

РОДЫГИН Даниил Вячеславович

инженер-проектировщик, Сургутский научно-исследовательский и проектный институт
нефтяной промышленности ПАО «Сургутнефтегаз», Россия, г. Сургут

ПИНЧУК Данил Олегович

студент, Сургутский государственный университет, Россия, г. Сургут

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Аннотация. В статье рассматриваются особенности изменения параметров поверхностной интерференционной электромиограммы (иЭМГ) человека в условиях локального холодового воздействия в осенний и весенний периоды года.

Ключевые слова: интерференционная электромиограмма, электромиография, нервно-мышечная система, локальное охлаждение, холодовое воздействие, нелинейный анализ, фрактальная размерность, корреляционная энтропия, корреляционная размерность, адаптация организма, биоэлектрическая активность мышц, Север РФ, сезонная динамика, гипотермия, функциональные системы организма.

Климатические условия Севера Российской Федерации оказывают значительное влияние на состояние здоровья человека и функционирование его физиологических систем. Одним из наиболее значимых факторов окружающей среды является низкая температура, воздействие которой вызывает выраженные адаптационные реакции организма. Особенно актуальна проблема влияния холода на нервно-мышечную систему, поскольку именно она обеспечивает поддержание двигательной активности и адаптацию к изменяющимся условиям среды.

Для северных регионов характерны продолжительные периоды низких температур, высокая влажность воздуха, резкие перепады атмосферного давления и выраженные сезонные изменения климатических факторов. В условиях постоянного воздействия холода организм человека функционирует в режиме повышенного напряжения, направленного на поддержание температурного гомеостаза. Длительное действие неблагоприятных климатических факторов приводит к изменению функционального состояния сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем, а также к снижению адаптационных резервов организма.

Современные методы электромиографии позволяют оценивать состояние нервно-мышечной системы по параметрам биоэлектрической активности мышц. Интерференционная электромиограмма отражает суммарную активность двигательных единиц и является

информативным методом исследования процессов возбуждения и проведения импульсов в мышечной ткани. Особый интерес представляет применение нелинейных методов анализа, позволяющих оценивать хаотичность, сложность и степень самоорганизации биологических сигналов.

Целью настоящего исследования стало выявление особенностей динамики параметров поверхностных интерференционных электромиограмм мышц человека в условиях локального охлаждения в разные сезоны года.

Исследование проводилось на базе научно-исследовательской лаборатории функциональных систем организма человека на Севере РФ при Сургутском государственном университете. В эксперименте приняли участие 10 практически здоровых добровольцев в возрасте от 20 до 24 лет: 5 мужчин и 5 женщин.

Критериями включения являлись отсутствие хронических заболеваний, жалоб на состояние здоровья и наличие добровольного согласия на участие в исследовании. Все обследование проводилось в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации.

Регистрация поверхностной интерференционной электромиограммы осуществлялась с помощью биофизического измерительного комплекса. Электроды накладывались на область гипотенара кисти. Испытуемые выполняли изометрическое сокращение мышцы с усилием 10 даН в течение 20 секунд.

Во второй части эксперимента проводилось локальное холодное воздействие: кисть испытуемого помещалась в воду температурой $+3^{\circ}\text{C}$ на одну минуту, после чего повторно регистрировались параметры иЭМГ.

Для анализа использовались как линейные, так и нелинейные параметры сигнала. К линейным параметрам относились амплитуда и средняя частота спектра иЭМГ. Нелинейный анализ включал определение:

- фрактальной размерности (D);
- корреляционной размерности (D_c);
- корреляционной энтропии (K_2).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ «Excel MS Office» и «Statistica 6.1». В связи с отсутствием нормального распределения использовались

методы непараметрической статистики, в частности критерий Вилкоксона. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Анализ полученных данных показал, что локальное охлаждение вызывает выраженные изменения параметров биоэлектрической активности мышц. Наиболее существенные изменения наблюдались в нелинейных характеристиках иЭМГ, отражающих сложность и степень хаотичности биологического сигнала.

Установлено, что в весенний период значения корреляционной размерности и корреляционной энтропии были статистически значимо ниже по сравнению с осенним периодом.

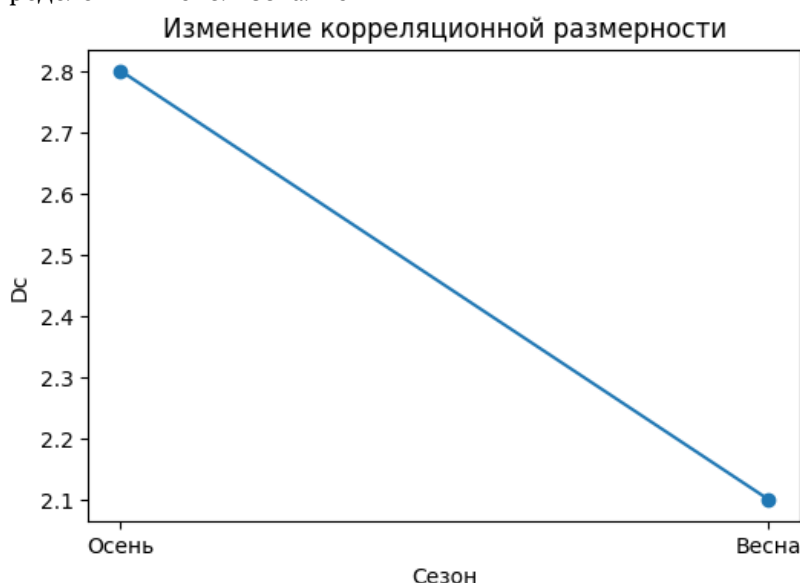


Рис. 1. График изменения корреляционной размерности (D_c)

Снижение корреляционной размерности свидетельствует об уменьшении сложности функционирования нервно-мышечной системы и сокращении числа факторов,

определяющих её активность. Одновременно снижение корреляционной энтропии указывает на уменьшение хаотичности сигнала и рост его предсказуемости.

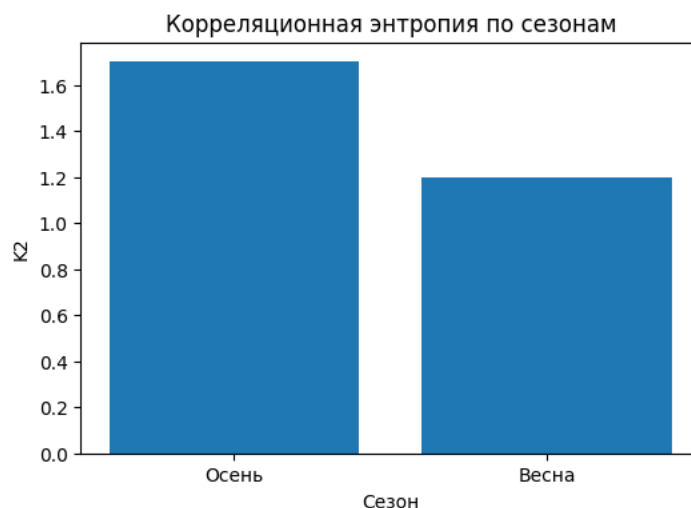


Рис. 2. График «Корреляционная энтропия (K_2) по сезонам»

Полученные результаты могут свидетельствовать о сезонных изменениях адаптационных возможностей организма человека. Осенью нервно-мышечная система демонстрирует более высокий уровень вариативности и сложности биоэлектрических процессов, тогда как весной наблюдается снижение функциональных резервов, связанное с длительным воздействием неблагоприятных климатических факторов зимнего периода.

Локальное охлаждение вызывало изменение амплитудно-частотных характеристик иЭМГ, что связано с изменением скорости проведения возбуждения по нервным и мышечным волокнам. Известно, что снижение температуры тканей приводит к замедлению обменных процессов, уменьшению скорости нервно-мышечной передачи и изменению активности двигательных единиц.

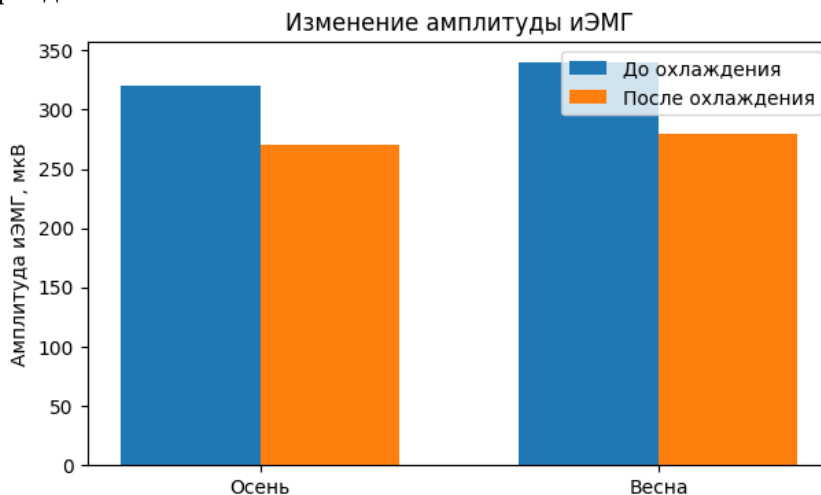


Рис. 3. График изменения амплитуды интерференционной ЭМГ

Нелинейные методы анализа показали высокую чувствительность к изменениям функционального состояния нервно-мышечной системы. Фрактальная размерность, корреляционная размерность и корреляционная энтропия позволяют оценивать не только количественные, но и качественные характеристики биоэлектрического сигнала. Это делает данные показатели перспективными для оценки адаптационных процессов организма в условиях холодного воздействия.

Результаты исследования подтверждают, что организм человека, проживающего в условиях Севера, функционирует в условиях постоянного напряжения адаптационных механизмов. Воздействие низких температур вызывает перестройку деятельности функциональных систем организма, в том числе нервно-мышечной системы, что отражается в параметрах электромиограммы.

Проведённое исследование позволило выявить особенности изменения параметров поверхностной интерференционной электромиограммы человека в условиях локального холодного воздействия в различные сезоны года.

Установлено, что локальное охлаждение оказывает значительное влияние на биоэлектрическую активность мышц и сопровождается изменением как линейных, так и нелинейных

параметров иЭМГ. Наиболее информативными оказались показатели корреляционной размерности и корреляционной энтропии, отражающие степень сложности и хаотичности функционирования нервно-мышечной системы.

Выявленные сезонные различия свидетельствуют о том, что весной наблюдается снижение функциональных резервов организма и уменьшение адаптационных возможностей нервно-мышечной системы по сравнению с осенним периодом.

Таким образом, использование методов нелинейного анализа электромиографических сигналов является перспективным направлением изучения адаптационных процессов организма человека в условиях воздействия неблагоприятных климатических факторов Севера.

Литература

1. Баевский Р.М. Адаптация организма к условиям Севера. – М.: Медицина, 2010.
2. Берсенева А.П. Нелинейная динамика биологических систем. – СПб.: Наука, 2012.
3. Гехт Б.М. Электромиография в клинической практике. – М.: МЕДпресс-информ, 2008.

4. Казначеев В.П. Проблемы адаптации человека на Севере. – Новосибирск, 2009.

5. Хохлов А.П., Савченко Ю.Н. Физиология нервно-мышечной системы. – М., 1990.

6. Шмидт Р., Тевс Г. Физиология человека. – М.: Мир, 2011.

RODYGIN Daniil Vyacheclavovich

Design Engineer,
Surgut Scientific Research and Design Institute of the Oil Industry of Surgutneftegaz PJSC,
Russia, Surgut

PINCHUK Danil Olegovich

Student, Surgut State University, Russia, Surgut

EFFECT OF LOCAL COOLING ON THE PARAMETERS OF HUMAN INTERFERENTIAL ELECTROMYOGRAM IN DIFFERENT SEASONS

Abstract. *The article discusses the features of changes in the parameters of a person's surface interference electromyogram (iEMG) under conditions of local cold exposure during the autumn and spring seasons.*

Keywords: *interference electromyogram, electromyography, neuromuscular system, local cooling, cold exposure, nonlinear analysis, fractal dimension, correlation entropy, correlation dimension, body adaptation, bioelectric activity of muscles, Northern Russia, seasonal dynamics, hypothermia, and functional systems of the body.*

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

НАРБУТАВИЧЮС Владислав Иозасович

старший преподаватель кафедры анатомии и общей патологии,
Медицинский институт имени Н. В. Склифосовского
Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко,
Молдова (Приднестровье), г. Тирасполь

ЧЕПЕНДЮК Татьяна Анатольевна

кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии и общей патологии,
Медицинский институт имени Н. В. Склифосовского
Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко,
Молдова (Приднестровье), г. Тирасполь

ЧУМАКОВА Диана Владимировна

студентка,
Медицинский институт имени Н. В. Склифосовского
Приднестровского государственного университета им. Т. Г. Шевченко,
Молдова (Приднестровье), г. Тирасполь

Архимандрит Паисий (Чекан)

настоятель,
Ново-Нямецкий Кицканский монастырь, Молдова (Приднестровье), с. Кицканы

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА: ТЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ТЕЛЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ

Аннотация. Статья посвящена междисциплинарному анализу анатомии человека в контексте теологической антропологии и концепции *Imago Dei*. Рассматриваются телеологические интерпретации ключевых морфологических особенностей человека, включая прямохождение, строение кисти, речевой аппарат и нейроанатомические основы когнитивных и духовных процессов. На основе синтеза данных философской антропологии, нейронаук и богословской традиции анализируется тело человека как целостная система, обладающая биологическим и смысловым измерением. Подчеркивается значение нейропластичности, полового диморфизма и биоэтических аспектов современных биомедицинских технологий. Делается вывод о том, что анатомия человека может рассматриваться как основа понимания границ человеческой природы в условиях технологического развития.

Ключевые слова: теологическая антропология, анатомия человека, *Imago Dei*, телеология, нейронауки, нейропластичность, биоэтика, трансгуманизм.

Введение

Анатомия человека традиционно рассматривается как дисциплина, изучающая строение организма и закономерности его функционирования. В рамках современного биомедицинского подхода тело понимается преимущественно как результат эволюционно-

биологических процессов. Однако теологическая антропология предлагает расширенную интерпретацию, в которой телесность рассматривается как носитель смыслового и антропологического содержания [1, с. 15-21].

Согласно христианской традиции *Imago Dei*, человек представляет собой единство

телесного и духовного начал. В этой перспективе анатомия человека приобретает не только описательное, но и телеологическое значение, отражающее направленность человеческой природы к разумной и свободной деятельности [2, с. 52-58].

Цель работы – анализ анатомии человека в контексте телеологической антропологии и выявление телеологических аспектов основных морфологических систем.

Телеологические основания человеческой анатомии

Человеческое тело характеризуется рядом уникальных анатомических особенностей, которые в рамках телеологического подхода интерпретируются как функционально-смысловые структуры.

Прямохождение обеспечивает вертикальную ориентацию тела и освобождает верхние конечности для сложной манипуляторной деятельности. Кисть человека обладает высокой степенью дифференциации движений, что создаёт анатомическую основу труда, творчества и культурной деятельности [3, с. 104-118].

Речевой аппарат человека, включающий гортань, язык и резонаторные структуры, обеспечивает возможность членораздельной речи. Данная особенность рассматривается как биологическая основа символического мышления и передачи культурного опыта [6, с. 73-79].

Таким образом, анатомические системы человека демонстрируют функциональную направленность, выходящую за пределы чисто биологической адаптации.

Нейроанатомические основы когнитивных и духовных процессов

Современные нейронаучные исследования показывают, что мозг человека обладает высокой степенью функциональной специализации, связанной с когнитивной и эмоциональной регуляцией [4, с. 34-49].

Особое значение имеет префронтальная кора, обеспечивающая процессы самоконтроля, планирования и нравственного выбора. В ряде исследований она рассматривается как нейробиологическая основа волевой регуляции поведения [9, с. 88-96].

Феномен нейропластичности отражает способность нервной системы изменять структурные и функциональные связи под воздействием опыта. Это позволяет рассматривать обучение, социальное взаимодействие и

духовные практики как факторы, влияющие на организацию мозговой деятельности [4, с. 97-109].

Половой диморфизм и антропологическая дополнительность

Анатомические различия между мужским и женским организмами в биомедицинском и антропологическом контексте рассматриваются как проявление функциональной и репродуктивной специализации.

С точки зрения персоналистической антропологии, половой диморфизм отражает принцип взаимодополнительности, реализуемый через социальные и биологические формы взаимодействия [5, с. 121-136]. Репродуктивная система человека требует координации двух организмов, что подчеркивает её реляционный характер.

Таким образом, половая дифференциация может интерпретироваться как структурный элемент целостной организации человеческой природы.

Генетическая организация и информационный аспект жизни

На молекулярном уровне организация человеческого организма характеризуется высокой степенью информационной сложности. Генетический аппарат рассматривается как система кодирования биологической информации, обеспечивающая развитие и функционирование организма [6, с. 91-108].

В ряде теоретических подходов ДНК интерпретируется как информационная система, что позволяет проводить аналогии между биологическими и семиотическими структурами. Дополнительно концепция микробиома расширяет понимание организма как сложной экосистемы, включающей симбиотические формы жизни [3, с. 201-214].

Биоэтические аспекты и современные вызовы

Развитие биомедицинских технологий, включая вспомогательные репродуктивные технологии и генетическую диагностику, актуализирует новые биоэтические вопросы.

Экстракорпоральное оплодотворение связано с формированием эмбрионов вне организма, что поднимает проблему их статуса. Пренатальная диагностика, в свою очередь, может приводить к селективным решениям, связанным с прерыванием беременности [4, с. 156-163].

В рамках биоэтической дискуссии данные технологии рассматриваются как область напряжения между медицинской эффективностью и антропологическими принципами.

Нейропластичность и формирование личности

Нейропластичность представляет собой ключевой механизм адаптации нервной системы. Изменения в нейронных сетях происходят под воздействием обучения, социального опыта и поведенческой активности [9, с. 144-151].

Исследования показывают, что регулярные когнитивные и эмоциональные практики могут влиять на функциональную организацию мозга. Это позволяет рассматривать развитие личности как процесс биологически обусловленной пластической перестройки [7, с. 190-197].

Заключение

Анатомия человека в рамках теологической антропологии может рассматриваться как система, обладающая не только биологической, но и телеологической структурой. Основные морфологические особенности человека – прямохождение, развитая моторика, речевой аппарат и сложная организация нервной системы – демонстрируют функциональную направленность, связанную с когнитивной и социальной деятельностью.

Современные нейронаучные и биомедицинские данные подтверждают сложность и многоуровневость человеческой природы. Полученные результаты позволяют рассматривать анатомию человека как объект междисциплинарного анализа, объединяющего биомедицинские и антропологические подходы.

Литература

1. Григорий Нисский, свт. Об устройении человека. – М., 2000. – 192 с.
2. Лука (Войно-Ясенецкий), архиеп. Дух, душа и тело. – М., 2016. – 384 с.
3. Conway Morris, S. The Runes of Evolution. – Templeton Press, 2015. – 320 p.
4. Newberg, A. Neurotheology. – Columbia University Press, 2018. – 240 p.
5. John Paul II. Theology of the Body. – Pauline Books, 2006. – 576 p.
6. Collins, F. S. The Language of God. – Free Press, 2006. – 320 p.
7. Schjoedt, U. «The Religious Brain» Method & Theory in the Study of Religion, 2009. – Vol. 21, No. 3. – P. 181-214.
8. Teilhard de Chardin, P. The Phenomenon of Man. – Harper, 2008. – 320 p.
9. Brown, W. S. The Physical Nature of Christian Life. – Cambridge University Press, 2012. – 256 p.
10. Van Huyssteen, J. W. Alone in the World? – Wm. B. Eerdmans, 2006. – 336 p.

NARBUTAVICHYUS Vladislav Iozasovich

Senior Lecturer at the Department of Anatomy and General Pathology,
N. V. Sklifosovsky Medical Institute of T. G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Moldova (Pridnestrovie), Tiraspol

CHEPENDYUK Tatyana Anatolyevna

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy
and General Pathology, N. V. Sklifosovsky Medical Institute
of T. G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Moldova (Pridnestrovie), Tiraspol

CHUMAKOVA Diana Vladimirovna

Student,
N. V. Sklifosovsky Medical Institute of T. G. Shevchenko Pridnestrovian State University,
Moldova (Pridnestrovie), Tiraspol

Archimandrite Paisiy (Chekan)

Abbot, Novo-Nyametsky Kitskany Monastery, Moldova (Transnistria), Kitskany

HUMAN ANATOMY: THEOLOGICAL ASPECTS AND TELEOLOGICAL DETERMINATION

Abstract. *The article is devoted to the interdisciplinary analysis of human anatomy in the context of theological anthropology and the concept of Imago Dei. It examines the teleological interpretations of key morphological features of the human body, including bipedalism, the structure of the hand, the speech apparatus, and the neuroanatomical foundations of cognitive and spiritual processes. Based on the synthesis of data from philosophical anthropology, neuroscience, and theological tradition, the article analyzes the human body as a holistic system with both biological and semantic dimensions. The article emphasizes the importance of neuroplasticity, sexual dimorphism, and the bioethical aspects of modern biomedical technologies. It concludes that human anatomy can be considered as a basis for understanding the limits of human nature in the context of technological development.*

Keywords: *theological anthropology, human anatomy, Imago Dei, teleology, neuroscience, neuroplasticity, bioethics, and transhumanism.*

ИСТОРИЯ, АРХЕОЛОГИЯ, РЕЛИГИОВЕДЕНИЕ

НИКОНОВ Денис Дмитриевич

студент, Дальневосточный филиал

Российского государственного университета правосудия им. В. М. Лебедева,
Россия, г. Хабаровск

*Научный руководитель – доцент кафедры гуманитарных
и социально-экономических дисциплин Дальневосточного филиала*

*Российского государственного университета правосудия им. В. М. Лебедева
Бучко Николай Петрович*

ПРАВОВАЯ СИСТЕМА ДРЕВНЕГО ЕГИПТА: ИСТОЧНИКИ ПРАВА И РОЛЬ ФАРАОНА КАК ЗАКОНОДАТЕЛЯ

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу правовой системы Древнего Египта, её эволюции и ключевых характеристик. В работе систематизируются знания о развитии правовых институтов в разные исторические периоды – от Раннего царства до Нового царства, выявляются и классифицируются основные источники права (указы фараонов, судебные решения, обычаи, религиозные тексты и административные распоряжения).

Ключевые слова: история государства и права зарубежных стран, Древний Египет, законотворчество, религиозно-правовые нормы.

Актуальность

Изучение правовой системы Древнего Египта позволяет:

- понять эволюцию правовых институтов;
- увидеть взаимосвязь права, религии и власти в древневосточных цивилизациях;
- использовать исторический опыт при анализе современных правовых систем с сильной централизованной властью.

Проблема исследования

Недостаточная систематизация знаний о конкретных источниках права Древнего Египта и неоднозначность оценки роли фараона как законодателя в различных исторических периодах.

Цель работы

Комплексно охарактеризовать правовую систему Древнего Египта, выявить основные источники права и определить роль фараона в законотворческом процессе.

Гипотеза

Фараон выступал не только как верховный правитель, но и как ключевой законодатель, чьи указы и распоряжения формировали основу правовой системы Древнего Египта.

Задачи исследования:

1. Определить хронологические рамки развития правовой системы Древнего Египта.
2. Выявить и классифицировать основные источники права.
3. Проанализировать полномочия фараона в сфере законотворчества.
4. Изучить механизмы реализации правовых норм.
5. Оценить влияние религиозных представлений на правовую систему.

Объект исследования

Правовая система Древнего Египта в её историческом развитии.

Предмет исследования

Источники права Древнего Египта и законодательные функции фараона.

Методы исследования:

- историко-правовой анализ;
- сравнительно-правовой метод;
- метод системного анализа;
- герменевтический метод (толкование древних текстов);
- хронологический метод.

Теоретическая значимость

Работа систематизирует знания о правовой системе Древнего Египта, углубляет понимание взаимосвязи права, религии и власти в древневосточном государстве.

Практическая значимость

Материалы исследования могут быть использованы в преподавании:

- истории государства и права зарубежных стран;
- египтологии;
- теории государства и права.

Научная новизна

В работе предложен комплексный анализ эволюции источников права Древнего Египта с акцентом на законодательной роли фараона в разные исторические периоды.

1. Теоретический раздел**1.1. Этапы развития правовой системы Древнего Египта**

Правовая система Египта прошла несколько этапов:

- Раннее царство (≈ 3100–2686 гг. до н. э.) – зарождение правовых норм.
- Древнее царство (≈ 2686–2181 гг. до н. э.) – формирование централизованной системы.
- Среднее царство (≈ 2055–1650 гг. до н. э.) – кодификация отдельных норм.
- Новое царство (≈ 1550–1077 гг. до н. э.) – расцвет правовой системы.

1.2. Источники права Древнего Египта

Основные источники:

- Указы и декреты фараонов – первичные нормативные акты.
- Судебные решения – прецеденты, закреплявшие правоприменительную практику.
- Обычаи – древнейшие нормы, регулировавшие повседневную жизнь.
- Религиозные тексты (например, «Книга мёртвых») – содержали морально-правовые предписания.
- Административные распоряжения – регулировали деятельность чиновников.

1.3. Роль фараона как законодателя

Фараон обладал следующими законодательными полномочиями:

- издание указов, обязательных для исполнения;
- утверждение судебных решений как высшей инстанции;
- регулирование земельных отношений и налогообложения;
- назначение высших чиновников и определение их полномочий;
- санкционирование религиозных норм, имевших правовое значение.

Его власть легитимировалась концепцией божественного происхождения: фараон считался земным воплощением бога Амона Ра.

2. Методический раздел

Для исследования использовались:

- анализ первоисточников (надписи на стелах, папирусы, например, папирус Харриса);
- изучение трудов античных авторов (Геродот, Диодор Сицилийский);
- обзор современной египтологической литературы;

3. Практический раздел**3.1. Примеры законодательных актов фараонов:**

- Указы Аменхотепа III о регулировании труда ремесленников.
- Декреты Рамсеса II о земельных пожалованиях храмам.
- Реформы Хoremхеба по борьбе с коррупцией (конец XIV в. до н. э.).

3.2. Механизмы правоприменения:

- Визирь (джати) – главный судья и администратор, осуществлявший надзор за судами.
- Номовые суды – разбирали дела на местах.
- Храмовые суды – рассматривали религиозные и семейные споры.
- Царский суд – высшая инстанция, возглавляемая фараоном или его представителем.

3.3. Влияние религии на право:

- Правовые нормы часто формулировались как божественные предписания.
- Клятвы и ордалии использовались как доказательства.
- Нарушение религиозных норм могло влечь правовые санкции.

Заключение

Правовая система Древнего Египта представляла собой сложную иерархическую структуру, где фараон играл центральную роль как законодатель и верховный судья. Источники права были многообразны, но ключевое

значение имели указы фараона, подкреплённые религиозной легитимацией.

Выводы:

1. Правовая система Египта эволюционировала от простых обычаев к сложной системе нормативных актов.
2. Основными источниками права были указы фараона, судебные прецеденты и религиозные тексты.
3. Фараон обладал исключительным правом законотворчества, его власть имела божественный характер.
4. Механизмы правоприменения включали централизованные и локальные судебные инстанции.
5. Религия оказывала существенное влияние на формирование и реализацию правовых норм.

Практическая ценность результатов

Результаты исследования могут быть применены:

- в учебных курсах по истории права;
- при подготовке научных работ по египтологии;
- для сравнительного анализа древневосточных правовых систем.

Подтверждение гипотезы

Гипотеза о ключевой роли фараона как законодателя подтверждена анализом источников. Указы фараона были основным инструментом

правового регулирования, а его власть, освящённая религией, обеспечивала исполнение норм на всей территории государства.

Литература

1. Касаткина Е.М. История становления и развития права в Древнем Египте // Журнал юридических исследований. – 2020. – № 2. – С. 4-7.
2. Бунсон М. Энциклопедия Древнего Египта / пер. с англ. – М.: Вече, 2022. – 500 с.
3. Дэвид Р. Справочник по жизни в Древнем Египте / пер. с англ. – М.: Центрполиграф, 2021. – 465 с.
4. Шоу И. Оксфордская история Древнего Египта / пер. с англ. – М.: Ломоносовъ, 2023. – 600 с.
5. Уилкинсон Р.Х. Боги и богини Древнего Египта / пер. с англ. – СПб.: Евразия, 2022. – 108 с.
6. Лаврентьева Н.В. Право и правосудие в Древнем Египте // Вестник древней истории. – 2021. – Т. 81, № 3. – С. 589-607.
7. Петров А.А. Фараон как законодатель: источники и практики правотворчества в Новом царстве // Египет и соседние страны. – 2022. – Вып. 4. – С. 45-62.
8. Копцева Н.П. Религия и право в древнеегипетском государстве // Государство и право. – 2023. – № 5. – С. 112-120.

NIKONOV Denis Dmitrievich

Student, Far Eastern Branch of the Lebedev Russian State University of Justice, Russia, Khabarovsk

Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Humanities and Socio-Economic Disciplines, Far Eastern Branch of the Lebedev Russian State University of Justice
Buchko Nikolai Petrovich

THE LEGAL SYSTEM OF ANCIENT EGYPT: SOURCES OF LAW AND THE ROLE OF THE PHARAOH AS A LEGISLATOR

Abstract. The article is devoted to a comprehensive analysis of the legal system of Ancient Egypt, its evolution and key characteristics. The work systematizes knowledge about the development of legal institutions in different historical periods – from the Early Kingdom to the New Kingdom, identifies and classifies the main sources of law (decrees of the pharaohs, court decisions, customs, religious texts and administrative orders).

Keywords: history of the state and the rights of foreign countries, Ancient Egypt, lawmaking, religious and legal norms.

ПОЛИТОЛОГИЯ

УЛУСНОВА Софья Сергеевна

студентка, Волгоградский государственный университет, Россия, г. Волгоград

*Научный руководитель – доцент кафедры российской государственности, социологических и политических наук Волгоградского государственного университета,
кандидат политических наук Морозов Сергей Иванович*

РЕГИОНАЛЬНОЕ ПУБЛИЧНОЕ ПРОСТРАНСТВО В ЗЕРКАЛЕ ОФИЦИАЛЬНОГО МЕДИА (НА ПРИМЕРЕ «ВОЛГОГРАДСКОЙ ПРАВДЫ.РУ»)

Аннотация. В статье рассматривается процесс формирования регионального публичного пространства на примере сетевого издания «Волгоградская правда.ру». На основе качественного контент-анализа публикаций медиа за 2025 год были определены четыре устойчивых паттерна конструирования политической реальности: доминирование исполнительной власти, сведение политики к управлению и заботе, бесконфликтный режим коммуникации, апелляция к исторической памяти. В ходе исследования были рассмотрены некоторые особенности отражения легитимации региональной власти в медиа, а также ряд институциональных условий, оказавших влияние на возникновение этих паттернов.

Ключевые слова: региональные сетевые СМИ, паттерны конструирования реальности, легитимация региональной власти, публичное политическое пространство, «Волгоградская правда.ру».

Цифровая трансформация в современном обществе превращает региональные СМИ из пассивных трансляторов в активных конструкторов политической реальности. В российских регионах сетевые издания, связанные с властью, задают тональность общественной дискуссии и формируют образ территории [7]. Под публичным политическим пространством по П. Бурдьё понимается иерархичное поле символической борьбы, где акторы конкурируют за символический капитал, определяющий их способность навязывать легитимное видение социального мира [1, с. 55]. Ключевым инструментом анализа публичной сферы является паттерн – устойчивая, повторяющаяся модель коммуникации, структурирующая это пространство [5].

Особенно значимы эти паттерны для сетевых СМИ. Оперативность, гипертекстуальность и интерактивность позволяют им формировать первичную интерпретацию событий и задавать повестку дня [8, с. 182]. В региональном контексте близость к аудитории и способность конструировать территориальную идентичность

делают сетевые медиа ключевым инструментом легитимации местной власти [6, с. 425]. Понимание этих механизмов необходимо для анализа того, как официальное издание – на примере «Волгоградской правды.ру» – выстраивает устойчивые паттерны коммуникации.

«Волгоградская правда.ру» – цифровой преемник одноимённой областной газеты, основанной в 1917 году и выступающей в роли официального издания для публикации нормативных актов [3]. Согласно информации на сайте издания, его учредителями являются администрация Волгоградской области, профильный комитет региона и ООО «Издательский дом «Волгоградская правда»» [4]. Таким образом, региональная власть выступает непосредственным соучредителем, что влияет на редакционную политику. При этом, по данным «Медиадиалогии» за 2023 год, издание занимает 3-е место в рейтинге цитируемости медиа Волгоградской области, сохраняя значимый символический капитал [2]. Именно этот гибридный статус – сочетание официального положения, близости к власти и заметной цитируемости –

делает «Волгоградскую правду.ру» показательным примером для анализа паттернов формирования региональной публичной сферы.

Анализ публикаций «Волгоградской правды.ру» за 2025 год позволяет выделить несколько устойчивых паттернов, которые в совокупности определяют то, как издание конструирует публичное политическое пространство региона. Эти модели не изолированы, они переплетены и работают в комплексе, формируя единую коммуникативную логику.

Первый и наиболее очевидный паттерн касается расстановки акторов. В материалах издания абсолютно доминирует региональная исполнительная власть – губернатор и администрация области. Они предстают как единственный источник значимых действий, инициатив и решений. Федеральные структуры появляются лишь как высшая инстанция, которая легитимирует и подтверждает правильность курса местной власти, что рисует картину цельной властной вертикали. Все остальные акторы показаны исключительно как пассивные объекты. Они либо получают «заботу», либо одобряют уже принятые решения, либо просто констатируют факт свершившихся изменений. Их собственное право голоса, способность предлагать альтернативы или критиковать в медиа просто отсутствует. Эта модель напрямую связана с тем, что администрация области является одним из учредителей издания, и закономерно отражает редакционную политику, нацеленную на укрепление монополии власти на публичную агентность.

Второй паттерн касается того, как именно подаются действия власти. Политика здесь систематически сводится к управлению и заботе. Любой социально-экономический вопрос лишается политического измерения, то есть обсуждения целей, ценностей и альтернатив и предстаёт как техническая задача, которую власть успешно решает. Можно выделить три устойчивых ракурса такой подачи:

1. Забота – власть как попечитель, который обеспечивает лекарства, выплаты, социальную стабильность;
2. Развитие – власть как эффективный менеджер, отчитывающийся о километрах отремонтированных дорог и построенных школах;
3. Контроль – власть как гарант безопасности, борющийся с коррупцией и ликвидирующий последствия ЧП.

Во всех трёх случаях проблема подаётся не как повод для общественной дискуссии, а как

уже решённый или решаемый вопрос. Гражданам остаётся только роль благодарных получателей.

Третий паттерн описывает общий режим коммуникации. В издании практически нет места публичной дискуссии, столкновению мнений или критике. Пространство конструируется как изначально бесконфликтное и единое. Это достигается через постоянное воспроизводство ритуалов: освещение официальных мероприятий, отчёты о единогласных голосованиях в думе, репортажи с церемоний награждения, где все участники выступают «единой командой». Если возникает проблема, которую невозможно обойти молчанием, она подаётся не как конфликт, а как уже урегулированный властью инцидент. Мнения граждан или независимых экспертов появляются крайне редко и, как правило, только для того, чтобы поблагодарить власть или подтвердить правильность её решений. Критические же высказывания либо отсутствуют, либо даются в обезличенной форме и сразу опровергаются официальной позицией. Так создаётся иллюзия всеобщей гармонии, где любая дискуссия выглядит излишней.

Четвёртый паттерн даёт ценностное обоснование всей этой конструкции. Она опирается на постоянную апелляцию к исторической памяти и патриотизму. Для Волгоградской области ключевым символом является Сталинградская битва. Издание регулярно возвращается к этой теме, связывая её с современностью – особенно с поддержкой участников военных действий. Возникает непрерывная смысловая связь: подвиг предков утверждает историческую преемственность, которая, в свою очередь, требует солидарности с государством, а солидарность подразумевает безусловную поддержку действующей власти. Это придаёт действиям власти сакральный, почти не подлежащий сомнению характер. Особенно ярко эта модель проявилась весной 2025 года, в период 80-летия Победы, когда патриотическая тематика временно подчинила себе практически всю повестку, отодвинув даже обычные экономические и социальные сюжеты. Тем самым, видно, как гибко издание использует символические ресурсы для легитимации власти в зависимости от календарного контекста.

В итоге все четыре паттерна работают как единый механизм. В совокупности они формируют публичное пространство, которое является не площадкой диалога, а полем для

демонстрации власти. «Волгоградская правда.ру» выступает здесь не как независимый источник информации, а как инструмент этой демонстрации – медийный рупор, транслирующий населению образ эффективной, заботливой и единодушно поддерживаемой власти. Обратная связь, критика или альтернативная точка зрения в этой модели просто не предусмотрены. Это и есть ключевой вывод: официальное региональное сетевое СМИ функционирует как неотъемлемая часть системы управления, а не как четвертая власть.

Литература

1. Бурдье П. Социология политики / П. Бурдье; пер. с фр. Е.Д. Вознесенской. – Москва: Logos, 1993. – 336 с.
2. «Волгоградская правда» вошла в топ-3 самых цитируемых СМИ Волгоградской области // Волгоградская правда: сетевое издание. – 2023. – 13 мая. – URL: <https://vpravda.ru/obshchestvo/volgogradskaya-pravda-voshla-v-top-3-samyh-citiruemyyh-smi-volgogradskoy-oblasti-157311/> (дата обращения: 15.05.2026).
3. Волгоградская правда: история издания, тираж, год основания, редакторы // Рувикс: свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Волгоградская_правда](https://ruwiki.ru/wiki/Волгоградская_правда) (дата обращения: 15.05.2026).
4. Волгоградская правда: контакты // Волгоградская правда: сетевое издание. – URL: <https://vpravda.ru/kontakty/> (дата обращения: 15.05.2026).
5. Дзялошинский И.М. Медиапространство России: коммуникационные стратегии социальных институтов: монография / И.М. Дзялошинский. – Москва: АПК и ППРО, 2013. 479 с. – ISBN 978-5-8429-0984-1.
6. Клемёнова Е.Н., Роль региональных СМИ в формировании городского сообщества / Е.Н. Клемёнова, Н.И. Федосеева // Неофилология. – 2023. – Т. 9, № 2. – С. 420-430. – DOI: 10.20310/2587-6953-2023-9-2-420-430.
7. Никовская Л.И. Особенности публичной политики в регионах России: состояние и современные вызовы [Электронный ресурс] / Л.И. Никовская, В.Н. Якимец // Cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-publichnoy-politiki-v-regionah-rossii-sostoyanie-i-sovremennyye-vyzovy> (дата обращения: 15.05.2026).
8. Сяндюков Н.К. Интернет-СМИ и особенности их функционирования / Н.К. Сяндюков // Управленческое консультирование. 2014. – № 12 (72). – С. 180-191.

ULUSNOVA Sofya Sergeevna

Student, Volgograd State University, Russia, Volgograd

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Russian Statehood, Sociology and Political Sciences at Volgograd State University,
Candidate of Political Sciences Morozov Sergey Ivanovich*

REGIONAL PUBLIC SPACE IN THE MIRROR OF OFFICIAL MEDIA (BASED ON THE EXAMPLE OF VOLGOGRADSKAYA PRAVDA.RU)

Abstract. This article examines the process of forming a regional public space on the example of the online publication Volgograd Pravda.ru. Based on a qualitative content analysis of media publications for 2025, four stable patterns of constructing political reality were identified: the dominance of executive power, the reduction of politics to management and care, a conflict-free communication regime, and an appeal to historical memory. The study examined some features of the reflection of the legitimation of regional power in the media, as well as a number of institutional conditions that influenced the emergence of these patterns.

Keywords: regional online media, patterns of constructing reality, legitimation of regional power, public political space, «Volgogradskaya Pravda.ru».

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 20 (306)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 20.05.2026г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40