

Научно-исследовательский
центр «Иннова»



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: ОТ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ – К ПРИКЛАДНЫМ РЕШЕНИЯМ

Сборник научных трудов по материалам
XIV Международной научно-практической конференции,
24 июля 2026 года, г.-к. Анапа

Анапа
2026

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89
ББК 94.3 + 72.4: 72.5
С56

Научный редактор:
Скорикова Екатерина Николаевна

Редакционная коллегия:

Бондаренко С. В., к.э.н., профессор (Россия, г. Краснодар), **Дегтярев Г. В.**, д.т.н., профессор (Россия, г. Краснодар), **Хилько Н. А.**, д.э.н., доцент (Россия, г. Анапа), **Ожерельева Н. Р.**, к.э.н., доцент (Россия, г. Анапа), **Жиянова Н. Э.**, к.э.н., профессор (Узбекистан, г. Ташкент), **Климов С. В.** к.п.н., доцент (Россия, г. Пермь), **Михайлов В. И.** к.ю.н., доцент (Россия, г. Москва).

С56 СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: ОТ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ – К ПРИКЛАДНЫМ РЕШЕНИЯМ. Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции (г.-к. Анапа, 24 июля 2026 г.). – Анапа: НИЦ ЭСП в ЮФО, 2026. - 103 с.

В настоящем издании представлены материалы XIV Международной научно-практической конференции «Современная наука: от научных исследований – к прикладным решениям», состоявшейся 24 июля 2026 года в г.-к. Анапа. Материалы конференции посвящены актуальным проблемам науки, общества и образования. Рассматриваются теоретические и методологические вопросы в социальных, гуманитарных и естественных науках.

Издание предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов, всех, кто интересуется достижениями современной науки.

За содержание и достоверность статей, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Информация об опубликованных статьях размещена на платформе научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru). Договор № 2341-12/2017К от 27.12.2017 г.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте:
www.innova-science.ru.

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89
ББК 94.3 + 72.4: 72.5

ISBN 978-5-97873-068-5

© Коллектив авторов, 2026.
© ООО «НИЦ ЭСП» в ЮФО
(подразделение НИЦ «Иннова»), 2026.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ДЗЁННИК.VY» С ИНТЕГРАЦИЕЙ ИИ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Венгура Владислав Андреевич, Андрейчук Ольга Николаевна

Середа Ирина Александровна, Сицко Владимир Александрович 6

МЕТОДИКА УЧЁТА ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОСИСТЕМ ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПРИГОДНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Гордюшов Данила Дмитриевич 15

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОНОМНАЯ RAG-СИСТЕМА ДЛЯ МАЛОМОЩНЫХ СЕРВЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИК РБ

Залесский Михаил Кириллович, Марченко Иван Алексеевич

Андрейчук Ольга Николаевна, Середа Ирина Александровна 22

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОСЕРВИСНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Иванов Артём Викторович

Толстикова Валерия Дмитриевна 29

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КЛИЕНТАМИ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Иванов Артём Викторович

Толстикова Валерия Дмитриевна 34

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Иванов Артём Викторович

Толстикова Валерия Дмитриевна 39

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Иванов Артём Викторович

Толстикова Валерия Дмитриевна 44

КАРТЫ РОБАСТНОСТИ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОДА

Крылов Марсель Эдуардович..... 49

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АРХИТЕКТУР СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ

Трубаев Кирилл Павлович 59

ПОЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: СТРУКТУРА ОГРАНИЧЕНИЙ И СТРАТЕГИЯ КОМПЕНСАТОРНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Князьнеделин Радислав Алексеевич 67

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПОДОШВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТОПЫ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Лесова Елена Михайловна

Кравченко Михаил Владимирович..... 75

ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ СТРЕССА У УЧИТЕЛЕЙ В НАЧАЛЕ И КОНЦЕ УЧЕБНОГО ГОДА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Сапунова Наталья Олеговна, Пастухов Фёдор Евгеньевич

Филюшина Валерия Андреевна..... 81

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

«ДЕМОН» М.Ю. ЛЕРМОНТОВА КАК КВИНТЭССЕНЦИЯ «СВЕТСКОГО» DANSE MACABRE

Попова Елена Сергеевна 90

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**КРЕДИТОВАНИЕ МАЛОГО БИЗНЕСА В РОССИИ: АДАПТАЦИЯ
К НОВЫМ ЭКОНОМИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ***Романова Е.Д.**Жирова Г.В.* 97

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.8:37

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ДЗЁННИК.BY» С ИНТЕГРАЦИЕЙ ИИ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Венгура Владислав Андреевич

учащийся УО «Национальный детский технопарк»

Андрейчук Ольга Николаевна

Середа Ирина Александровна

Сицко Владимир Александрович

преподаватели

УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники», УО «Национальный детский технопарк»,
магистры, город Минск, Республика Беларусь

***Аннотация.** В статье представлена разработка интеллектуального веб-приложения «Дзённік.by» – электронного дневника нового поколения с интеграцией ИИ-технологий. Целью работы является автоматизация учебного процесса и повышение уровня осведомлённости его участников через внедрение интеллектуальных систем. Сервис обеспечивает автоматическое распознавание отметок по фотографиям школьных журналов, голосовой ввод домашних заданий и предоставляет удобный доступ к информации об успеваемости для всех участников образовательного процесса.*

The article presents the development of an intelligent web application «Дзённік.by» – a new generation electronic diary with the integration of AI technologies. The goal of the work is to automate the educational process and increase the level of awareness of its participants through the introduction of intelligent systems. The service provides automatic recognition of grades from photos of school magazines,

voice input of homework, and provides convenient access to information about academic performance for all participants in the educational process.

Ключевые слова: *электронный дневник, веб-приложение, искусственный интеллект, компьютерное зрение, автоматизация образования, FastAPI, OpenCV.*

Keywords: *electronic diary, web application, artificial intelligence, computer vision, educational automation, FastAPI, OpenCV.*

Введение

Цифровизация образования является неотъемлемым элементом развития современной школы. Электронные дневники начали появляться достаточно давно, однако существующие сервисы требуют от учителей значительных затрат времени на рутинный ручной ввод данных. В условиях повсеместного внедрения интеллектуальных систем актуальным становится использование ИИ-технологий, способных взять на себя времязатратные процессы и сделать образовательную среду по-настоящему удобной. Разработанный проект представляет собой многофункциональное веб-приложение, которое объединяет классический функционал электронного дневника с передовыми алгоритмами машинного зрения и обработки естественного языка. Он ориентирован на учителей, учеников и их родителей, призван формировать удобную, доступную и технологичную образовательную среду.

Обзор проекта

Система построена на асинхронной архитектуре с использованием языка программирования Python и фреймворка FastAPI, что обеспечивает высокую производительность и масштабируемость при обработке ресурсозатратных запросов [1]. Основные компоненты включают:

- модуль распознавания отметок – связку OpenCV и нейросети на базе Keras для извлечения и распознавания информации с фотографий школьных журналов [2,3];
- модуль обработки речи для возможности голосового ввода домашних заданий со стороны учителей;

- frontend-часть на чистом JavaScript, HTML5 и CSS3 для наглядного и интуитивного отображения всей необходимой информации;
- реляционную базу данных SQLite3 для хранения аккаунтов, расписаний, успеваемости и прочей информации;
- серверную часть на базе ASGI-сервера Uvicorn и фреймворка FastAPI с реализацией защиты от CSRF-атак, авторизацией, потоковой передачей данных;

При разработке активно используется модульность архитектуры, а также принципы ООП для удобства дальнейшего развития проекта в полномасштабный сервис.

Инструменты разработки

Разработка веб-приложения «Дзённік.by» потребовала комплексного подхода к формированию технологического стека. Ключевыми критериями стали производительность, поддержка асинхронных операций и возможность бесшовной интеграции с алгоритмами машинного обучения.

Python выбран как основной язык программирования для бизнес-логики и серверной части. Огромное количество библиотек для машинного зрения, нативная поддержка asunc и достаточно простой синтаксис делают его отличным выбором для больших проектов со сложной архитектурой [4].

HTML5, CSS3, JavaScript реализуют frontend-часть. Отказ от тяжёлых фреймворков в пользу нативных технологий обеспечил минимальный вес страниц и мгновенную отрисовку, а также независимость от сторонних источников.

FastAPI выступает в качестве backend-фреймворка. Он превосходит Flask за счёт нативной асинхронности и автоматической валидации данных (Pydantic).

Keras и OpenCV – фундамент интеллектуальных модулей распознавания отметок с фотографий журнала. Эти Python библиотеки давно стали классикой для обучения ИИ моделей различной сложности и работы с машинным зрением.

SQLite3 применяется для хранения данных (аккаунты, расписания, оценки). Использование встраиваемой СУБД с индексацией (B-деревья) обеспечивает эффективную работу с памятью без необходимости кэширования. Архитектура доступа к данным спроектирована через классы-обёртки, что в будущем

позволит легко перейти на серверные СУБД (PostgreSQL, MySQL и др.).

Выбранный технологический стек полностью покрывает требования к производительности, безопасности и масштабируемости сервиса, создавая основу для дальнейшего развития сервиса.

Этапы разработки

Процесс разработки для удобства был разделён на несколько ключевых этапов.

В первую очередь создана базовая версия модуля для распознавания отметок с фото, использующий OpenCV для обработки изображений и Keras для распознавания символов.

Затем на основе библиотеки pywhisper и ffmpeg.exe создан модуль для локального распознавания речи. В целях повышения скорости распознавания использовалась квантованная модель small Q5-1, которая несмотря на свои скромные требования и высокую скорость работы даёт хороший результат даже на шумных записях.

Далее была заложена основа серверной части приложения, а именно авторизация, защита от CSRF-атак, маршрутизация через API routers, шаблонизация через Jinja и пр. Также написаны основные компоненты бизнес-логики, начиная с алгоритмических методов и заканчивая обёртками для работы с БД и полноценными функциями под конкретные задачи (получение списка лидеров класса по успеваемости, обработка данных от клиента перед сохранением и др.).

Следующим этапом стала разработка основной части веб-приложения: как frontend, так и backend. В первую очередь были созданы базовые файлы стилей, тестовая разметка главной страницы, а также различные JS-модули (такие как ThemeManager для управления темой оформления, DropdownManager для контроля за выпадающими списками и пр.). Благодаря такой модульной архитектуре и связи между компонентами через DOM-события, структуру сервиса крайне удобно проектировать даже с учётом появления всё новых функций.

Вместе с frontend параллельно велась разработка backend части. В ней использовался принцип маршрутизации через декораторов FastAPI, что

обеспечивает удобство разработки и дополнительную защиту (доступ к файлам со стороны клиента на сервере не осуществляется напрямую по ссылке, а только через функции backend).

Описание взаимодействия с сервисом

При первом входе на страницу по корневому адресу загрузится страница авторизации (рис.1). На ней необходимо указать полное ФИО пользователя, а также пароль от аккаунта (при реальном использовании выдаётся администратором).

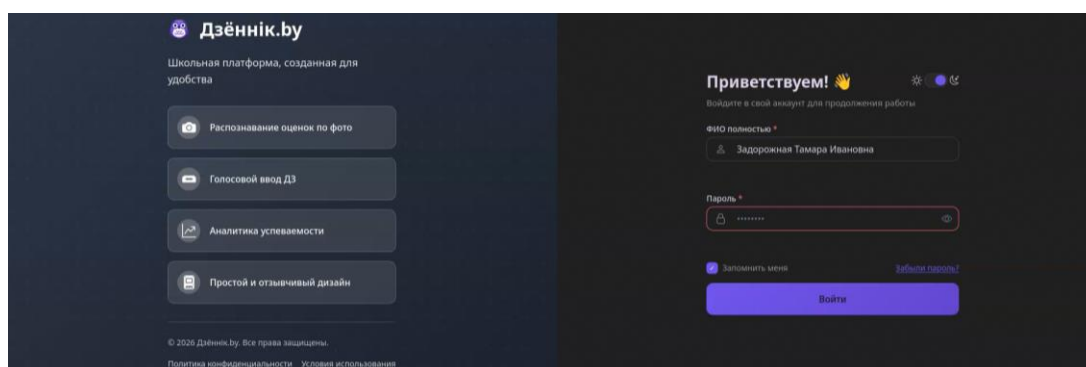


Рисунок 1 – Авторизация пользователя

После успешной авторизации пользователь попадает на главную страницу (рис. 2).

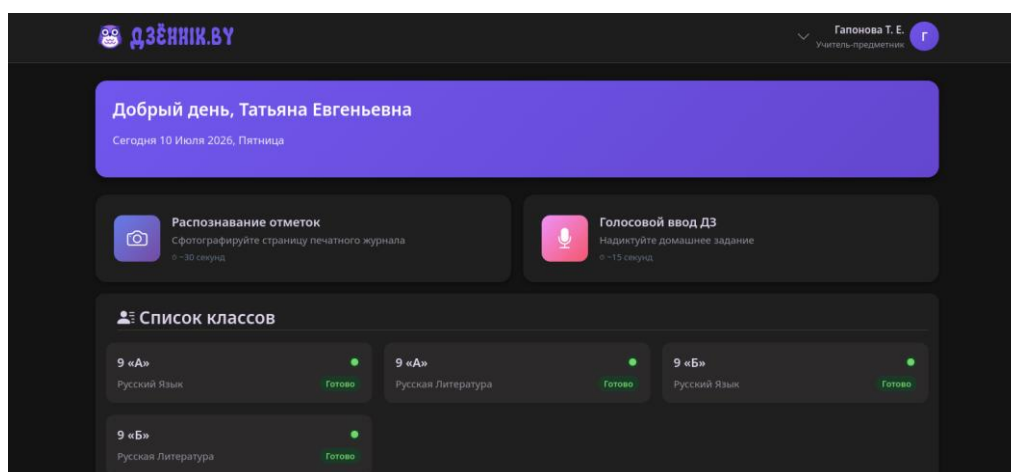


Рисунок 2 – Главная страница интерфейса учителя

При нажатии на кнопку «Распознавание отметок» открывается страница /photo-upload (рис.3). На ней можно сфотографировать страницу журнала прямо через сайт для обработки, либо загрузить из памяти.

При выборе пункта «Голосовой ввод ДЗ» пользователь переходит на

страницу /voice-input (рис.3). На этой странице можно ввести домашнее вручную, либо воспользоваться голосовым вводом. Также на обеих страницах необходимо указывать класс и дату.

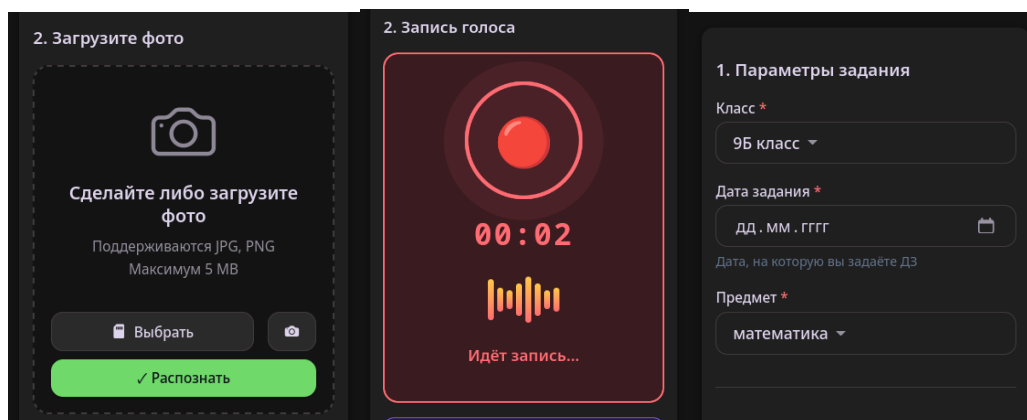


Рисунок 3 – Фрагменты страницы ввода отметок по фото журнала (слева) и страницы ввода домашнего задания

Для просмотра страницы класса по конкретному предмету нужно нажать на одну из карточек внизу страницы (направит на страницу /class-detail) (рис.4). На ней крупно размещена общая информация, а также три вкладки: учащиеся (средний балл, посещаемость), домашние задания и расписание уроков по предмету.

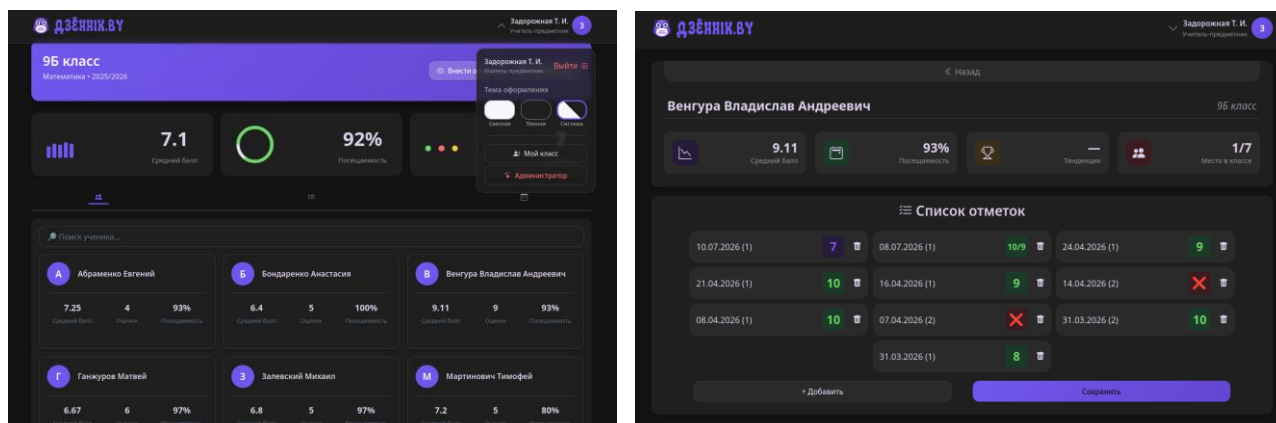


Рисунок 4 – Страница класса (в данном примере 9Б класс, предмет математика) и страница учащегося по предмету математика

При клике по карточке учащегося открывается страница /student-detail (рис.5). На ней размещена информация об успеваемости учащегося по предмету, а также перечень всех отметок, который можно редактировать (добавлять отметки и удалять их, нажимая на иконку справа от отметки). Для применения

изменений нужно обязательно нажать кнопку «Сохранить».

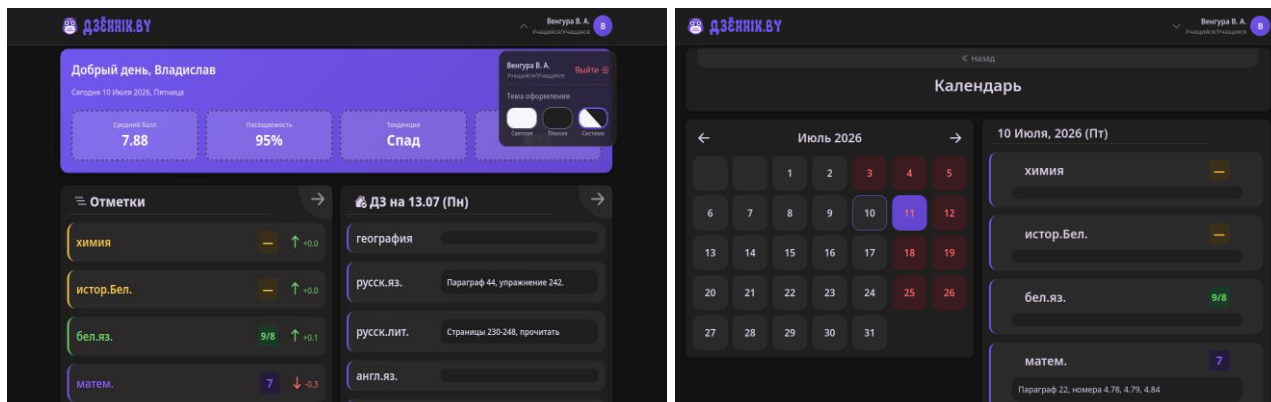


Рисунок 5 – Главная страница класса (слева) и страница дневника (справа)

На главной странице отображается список отметок за последний учебный день, а также список домашних заданий на ближайший учебный день.

При нажатии на стрелку возле списка отметок пользователь переходит на страницу /marks (рис.6). На этой странице представлен перечень всех предметов со средним баллом, тенденцией и перечнем отметок по ним, а также общая статистика успеваемости. При нажатии по предмету открывается меню с детальной информацией об успеваемости по предмету (включая, например, минимально необходимое количество отметок для повышения четвертной отметки).

При нажатии на стрелку возле списка домашних заданий открывается страница /homework (рис.6). Эта страница имитирует обычный школьный дневник. Здесь можно выбрать любую дату и посмотреть отметки и домашние задания. Также здесь отображаются внеплановые выходные и переносные учебные дни.

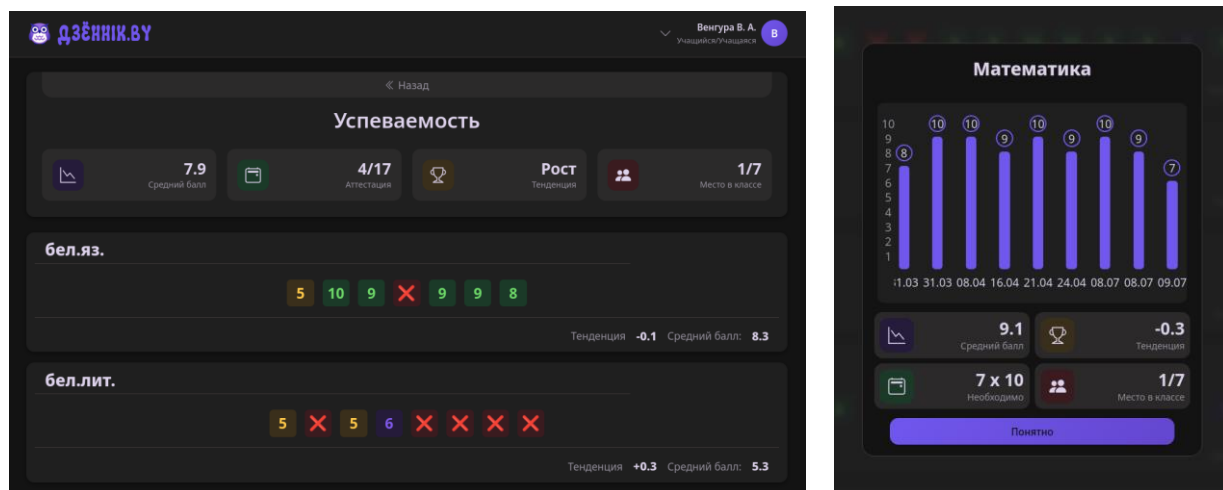


Рисунок 6 – Страница с отметками по всем предметам и статистикой (слева) и меню с информацией по конкретному предмету (справа)

Тестирование сервиса и итоги работы

В ходе тестирования сервис отлично справлялся со всеми своими задачами. Адаптивность позволила комфортно использовать его как с компьютера, так и со смартфона. Никаких серьёзных ошибок в работе обнаружено не было.

Данный сервис уже был апробирован в параллели 9-х классов СШ №13 г. Жлобина им. В.В. Гузова, в ходе которого получил положительные отзывы со стороны как учащихся, так и учителей.

Таким образом, данный сервис заметно выделяется среди имеющихся решений использованием ИИ-технологий для ускорения ввода данных, современным минималистичным, и при этом удобным дизайном, а также возможностью дальнейшего развития в полноценную образовательную платформу.

Заключение

Разработанное веб-приложение «Дзённік.by» представляет собой интеллектуальный электронный дневник нового поколения, интегрирующий три типа ИИ-сервисов: компьютерное зрение для распознавания отметок по фотографиям (точность до 98 %), распознавание голоса для ввода домашних заданий и большие языковые модели для генерации и автоматической проверки работ. Система построена на асинхронной архитектуре с использованием Python, FastAPI и нативных веб-технологий, что обеспечивает высокую производительность и масштабируемость. Апробация в реальной школе подтвердила практическую значимость решения: оно позволяет снизить нагрузку на учителей, повысить актуальность данных для родителей и учащихся, а также автоматизировать процесс проверки знаний. Разработанная платформа может быть адаптирована для любых учреждений образования – от начальных классов до гимназий и колледжей.

Список литературы

1. Python Software Foundation. Python Language Reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.python.org/3>.
2. OpenCV. OpenCV Documentation: Computer Vision Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.opencv.org/4.x>.

3. Keras. Keras Documentation: High-level neural networks API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://keras.io/>.

4. Форсайт, Д. Компьютерное зрение: современный подход / Д. Форсайт, Дж. Понс. – Москва: Вильямс, 2018. – 960 с.

УДК 502.17:504.75:528.94**МЕТОДИКА УЧЁТА ТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОСИСТЕМ
ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПРИГОДНОСТИ
ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА****Гордюшов Данила Дмитриевич**
магистр
ФГАОУ ВО «СПбПУ»

***Аннотация.** Разработана методология учёта техногенных изменений геосистем при долгосрочном прогнозировании пригодности территорий для размещения объектов капитального строительства. Приведены количественные оценки скоростей техногенных процессов: деформации земной поверхности (5–25 мм/год), боковой эрозии рек (0,3–12,7 м/год), деградации многолетнемёрзлых пород (до 40 см/год), накопления тяжёлых металлов в почвах. Предложены аналитические выражения для расчёта прогнозных значений параметров геосистем, включая экспоненциальную модель техногенной нагрузки, байесовские сети для вероятностной оценки и интегральный показатель пригодности территорий.*

A methodology has been developed for taking into account anthropogenic changes in geosystems during long-term forecasting of the suitability of territories for the placement of capital construction facilities. Quantitative assessments of the rates of anthropogenic processes have been provided, including deformation of the earth's surface (5-25 mm/year), lateral erosion of rivers (0.3-12.7 m/year), degradation of permafrost (up to 40 cm/year), and accumulation of heavy metals in soils. Analytical expressions have been proposed for calculating the forecast values of geosystems parameters, including an exponential model of anthropogenic load, Bayesian networks for probabilistic assessment, and an integral indicator of territory suitability.

Ключевые слова: техногенные изменения, геоэкология и геосистемы,

долгосрочное прогнозирование, пригодность территорий, скорости техногенных процессов, байесовские сети, ГИС, капитальное строительство.

Keywords: *anthropogenic changes, geoecology and geosystems, long-term forecasting, suitability of territories, rates of anthropogenic processes, Bayesian networks, GIS, and capital construction.*

При размещении объектов капитального строительства традиционный подход основывается на статических данных инженерных изысканий, фиксирующих состояние геологической среды на момент обследования. Однако техногенные процессы развиваются во времени с количественно измеримыми скоростями, которые для отдельных типов воздействий могут достигать значений, существенно трансформирующих пригодность территории в течение срока эксплуатации объекта (25–50 лет и более). Техногенные изменения затрагивают все базовые геосферы – атмосферу, гидросферу и литосферу. Цель исследования – разработка методологии интеграции количественных оценок техногенных изменений в процедуру долгосрочного прогнозирования пригодности территорий.

Количественные характеристики техногенных изменений геосистем:

1. Геомеханические изменения (деформации земной поверхности).

Скорости техногенных движений земной коры имеют выраженную дифференциацию в зависимости от типа техногенного объекта. По данным высокоточных геодезических наблюдений:

- для гидротехнических сооружений скорости вертикальных деформаций достигают 5 мм/год;
- в зоне эксплуатации нефтегазовых месторождений на севере Западной Сибири в начале 2000-х гг. скорость опускания составила 20–25 мм/год, что подтверждается высокоточными абсолютными измерениями силы тяжести, показывающими увеличение значения на 6–7 микрогал/год;
- для Самотлорского месторождения установлена тенденция оседания земной поверхности со скоростью 15–20 мм/год в центральной и юго-восточной частях.

Порог разрушения любых твёрдых тел составляет порядка 0,0001 отн. ед.

деформации, что определяет критический уровень накопленных техногенных деформаций, при превышении которого свойства геосистемы изменяются скачкообразно.

2. Гидрогеологические изменения (эрозионные процессы).

Скорости боковой эрозии речных берегов являются важным параметром при оценке долгосрочной пригодности территорий, расположенных в поймах и на надпойменных террасах:

- для малых рек (6–9 порядок) средние скорости отступления берега составляют 0,3–0,5 м/год;
- высокие скорости размыва берегов (1,1–3,0 м/год) зафиксированы в многоводные периоды (2012–2014 и 2017 гг.);
- максимальные скорости боковой эрозии на очень малых реках достигают 4,2 м/год, а на отдельных участках – 5,5 м/год;
- по данным исследований вьетнамских рек, скорость боковой эрозии варьируется от умеренной (2–5 м/год) до сильной (5–10 м/год).

При прогнозировании смещения русла на период эксплуатации объекта T (лет) используется зависимость:

$$\Delta L = V_{\text{эр}} \cdot T,$$

где ΔL – прогнозное смещение русла (м); $V_{\text{эр}}$ – среднегодовая скорость боковой эрозии (м/год); T – прогнозируемый период (лет).

Для объекта со сроком эксплуатации 50 лет даже при минимальной скорости эрозии 0,3 м/год смещение русла составит 15 м, что может существенно изменить границы зон затопления и подтопления.

3. Криогенные изменения (деградация многолетнемёрзлых пород).

В криолитозоне деградация многолетнемёрзлых пород является одним из наиболее динамичных техногенно-климатических процессов:

- средняя скорость понижения кровли мерзлоты за период растепления находится в диапазоне от долей сантиметра до 40 см в год;
- на Восточно-Сибирском арктическом шельфе скорости вертикальной деградации подводной мерзлоты за последние 30 лет достигают 18 см в год

(среднее значение 14 см в год);

– по прогнозным моделям, к середине XXI века средняя скорость деградации составит около 0,5 см/год с последующим резким увеличением до 2 м и более за десятилетие в XXII–XXIII веках.

Для оценки изменения глубины сезонного протаивания используется уравнение теплового баланса:

$$h(t) = h_0 + V_d \cdot t,$$

где $h(t)$ – глубина сезонного протаивания в момент времени t (м); h_0 – начальная глубина (м); V_d – скорость деградации (м/год); t – время (годы).

4. Геохимические изменения (загрязнение почв и грунтов).

Техногенное загрязнение тяжёлыми металлами характеризуется значительным превышением фоновых концентраций. Фоновые концентрации в почвообразующих породах обычно находятся в пределах: свинец – 15–25 мг/кг, кадмий – 0,1–0,3 мг/кг. При техногенном воздействии концентрации могут возрастать на порядки. Так, при аэротехногенном загрязнении от предприятий чёрной и цветной металлургии в Российской Арктике в ходе обследования площади 343 га ($n=506$ проб) выявлены экстремально высокие уровни загрязнения с максимальными концентрациями 29,87 и 30,12 г/кг.

Для оценки уровня техногенного загрязнения используется суммарный показатель загрязнения Z_c :

$$Z_c = \Sigma(K_{ci} - 1),$$

где $K_{ci} = C_i / C_{fi}$ – коэффициент концентрации i -го компонента; C_i – фактическая концентрация (мг/кг); C_{fi} – фоновое содержание (мг/кг). При $Z_c \geq 16$ территория относится к категории опасного загрязнения.

Методология прогнозирования техногенных изменений.

Этап 1. Идентификация и инвентаризация техногенных изменений.

Сбор данных за ретроспективный период: мониторинг состояния недр, материалы изысканий разных лет, данные ДЗЗ, ведомственные отчёты. Формируется база данных техногенных объектов с координатной привязкой, параметрами воздействия и временными характеристиками.

Этап 2. Оценка современного состояния и динамики.

Количественная оценка параметров техногенных изменений выполняется с использованием:

- статистического анализа многолетних рядов наблюдений для выявления трендов (метод наименьших квадратов, оценка коэффициента детерминации R^2);
- пространственного анализа в ГИС (зоны воздействия с шагом дискретизации 10–50 м в зависимости от масштаба);
- расчёта скоростей процессов по формуле $V = (X_2 - X_1) / (t_2 - t_1)$.

Этап 3. Построение прогнозных сценариев.

На основе выявленных трендов разрабатываются сценарии на период 25–50 лет:

- экстраполяционный – продление трендов с доверительными интервалами (95%);
- сценарный – оптимистический, базовый, пессимистический (изменение техногенной нагрузки на ± 20 –50%);
- имитационное моделирование – учёт нелинейных эффектов и пороговых значений.

Для прогнозирования техногенной нагрузки используется экспоненциальная модель:

$$N(t) = N_0 \cdot \exp(\lambda \cdot t),$$

где $N(t)$ – прогнозируемая техногенная нагрузка в момент t ; N_0 – начальная нагрузка; λ – коэффициент прироста (для техносферы в целом $\lambda \approx 0,035$ год⁻¹, что соответствует удвоению каждые 20 лет).

Этап 4. Интеграция прогнозных оценок в многокритериальный анализ.

Интегральный показатель пригодности территории P рассчитывается как:

$$P = \sum (w_i \cdot K_i \cdot \alpha_i),$$

где w_i – весовой коэффициент i -го критерия ($\sum w_i = 1$); K_i – нормализованное значение i -го критерия (0–1); α_i – прогнозный поправочный коэффициент, учитывающий динамику техногенных изменений.

Прогнозный поправочный коэффициент α_i для критерия, подверженного

техногенным изменениям, определяется как:

$$\alpha_i = 1 + (\Delta X_i / X_{кр}) \cdot \beta,$$

где ΔX_i – прогнозируемое изменение параметра за период эксплуатации;
 $X_{кр}$ – критическое значение параметра; β – коэффициент ответственности объекта (1,0 – для объектов III класса; 1,2 – для II класса; 1,5 – для I класса).

Этап 5. Верификация и корректировка моделей.

Сопоставление прогнозных и фактических данных за ретроспективный период (ретропрогноз) с расчётом средней абсолютной ошибки MAPE:

$$MAPE = (1/n) \cdot \sum | (P_{факт} - P_{прогн}) / P_{факт} | \cdot 100\%.$$

При $MAPE > 15\%$ выполняется корректировка параметров моделей.

Инструментарий реализации:

- ГИС – пространственный анализ, построение прогнозных карт с разрешением 10–30 м.
- ДЗЗ – получение данных о состоянии геосистем с периодичностью 5–10 лет.
- Байесовские сети – моделирование причинно-следственных связей и вероятностей достижения критических состояний.
- Машинное обучение – выявление скрытых закономерностей в многомерных данных.

Практические рекомендации:

- При предпроектном анализе для объектов с длительным сроком эксплуатации (>25 лет) выполнять прогнозную оценку техногенных изменений с использованием приведённых количественных зависимостей.
- Для территорий в зоне влияния промышленных объектов рассчитывать кумулятивный эффект с учётом экспоненциального роста техногенной нагрузки.
- В систему критериев вводить прогнозные поправочные коэффициенты α_i , рассчитанные по предложенной формуле.
- Использовать комбинацию методов прогнозирования с расчётом доверительных интервалов (95%).

– Результаты представлять в виде серии карт для временных срезов (10, 25, 50 лет).

Заключение

Разработанная методология обеспечивает количественный учёт динамики техногенных изменений при долгосрочном прогнозировании пригодности территорий. Приведены конкретные скоростные параметры основных техногенных процессов (деформации – 5–25 мм/год, эрозия – 0,3–12,7 м/год, деградация мерзлоты – до 40 см/год), предложены аналитические выражения для расчёта прогнозных значений и интегрального показателя пригодности. Практическая значимость подтверждается возможностью применения при выборе участков для объектов в регионах с высокой техногенной нагрузкой.

Список литературы

1. Тимофеев В. Ю. Некоторые особенности современных техногенных движений земной коры // Геодинамика и тектонофизика. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 245–258. – DOI: 10.5800/GT-2021-12-2-0523.
2. Данные по скоростям боковой эрозии малых рек // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2022. – № 2. – С. 338–347.
3. Исследования деградации многолетнемерзлых пород морей Восточной Сибири / А. А. Васильев [и др.] // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 4 (24). – С. 54–63.
4. Результаты обследования техногенного загрязнения почв в Российской Арктике // ScienceDirect. – 2025. – URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата обращения: 15.05.2026).
5. Заиканов В. Г., Минакова Т. Б., Булдакова Е. В. Theoretical Principles and Methodical Approaches to Urban Area Zoning by Geoecological Restrictions // Геоэкология. – 2017. – № 3. – С. 12–24.
6. Моделирование природных катастрофических процессов Южного берега Крыма с помощью сети Байеса / В. В. Яковлев [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – № 1. – С. 87–96.

УДК 004.8:34**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОНОМНАЯ RAG-СИСТЕМА
ДЛЯ МАЛОМОЩНЫХ СЕРВЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИК РБ****Залесский Михаил Кириллович****Марченко Иван Алексеевич**

учащиеся УО «Национальный детский технопарк»

Андрейчук Ольга Николаевна**Середа Ирина Александровна**

преподаватели

УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники», УО «Национальный детский технопарк»,
магистры, город Минск, Республика Беларусь

***Аннотация.** В статье представлена разработка гибридной RAG-системы (Retrieval-Augmented Generation) для информационного консультирования по избирательному законодательству Республики Беларусь. Рассмотрена архитектура системы, включающая гибридный поиск на основе векторного представления и полнотекстового индекса с алгоритмом RRF-ранжирования, двухрежимную генерацию ответов (локальная модель и облачный API), а также механизм автоматического расширения контекста по ссылкам между статьями. Проведено тестирование качества retrieval на наборе из 110 кейсов, получены метрики: $recall@pool = 0,9636$, $recall@k = 0,6878$, $MRR@k = 0,6950$. Показано, что RAG-ответы систематически превосходят прямые ответы LLM по точности и отсутствию галлюцинаций. Система развёртывается на оборудовании без GPU, что делает её доступной для государственных структур с ограниченными вычислительными ресурсами.*

The article presents the development of a hybrid RAG (Retrieval-Augmented

Generation) system for informational consulting on the electoral legislation of the Republic of Belarus. The system architecture is considered, including hybrid search based on vector representation and full-text index with RRF ranking algorithm, dual-mode response generation (local model and cloud API), as well as an automatic context expansion mechanism through cross-references between articles. Retrieval quality testing was conducted on a set of 110 cases, yielding metrics: $\text{recall@pool} = 0.9636$, $\text{recall@k} = 0.6878$, $\text{MRR@k} = 0.6950$. It is shown that RAG responses systematically outperform direct LLM responses in accuracy and absence of hallucinations. The system deploys on hardware without GPU, making it accessible for government structures with limited computational resources.

Ключевые слова: *Retrieval-Augmented Generation, большие языковые модели, избирательное право, векторный поиск, полнотекстовый поиск, гибридный ранжирование, юридические информационные системы, локальное развёртывание.*

Keywords: *Retrieval-Augmented Generation, large language models, electoral law, vector search, full-text search, hybrid ranking, legal information systems, local deployment.*

Введение

В последние годы большие языковые модели (LLM) нашли применение во многих сферах. Однако общие LLM обладают существенным недостатком – склонностью к галлюцинациям: генерации уверенных, но фактически неверных утверждений. В юридической сфере, где точность информации критически важна, этот недостаток становится барьером для практического применения.

Альтернативным подходом является архитектура RAG (Retrieval-Augmented Generation), при которой языковая модель генерирует ответ на основе предоставленного контекста из внешних источников [1, 2]. Это позволяет снизить вероятность галлюцинаций, обеспечить цитируемость ответов и работать с актуальными данными без дообучения модели.

Актуальность исследования обусловлена тем, что не все государственные структуры располагают вычислительными мощностями для развёртывания

крупных LLM, что создаёт потребность в лёгких, но эффективных решениях, способных работать на стандартном оборудовании. Избирательное законодательство Республики Беларусь представляет собой комплекс нормативных актов, знание которых необходимо гражданам, наблюдателям и членам избирательных комиссий, тогда как общедоступные ИИ-ассистенты не гарантируют точность при ответах на вопросы по белорусскому законодательству и не предоставляют ссылок на первоисточники.

Целью работы является разработка и исследование RAG-системы для консультирования по избирательному законодательству Республики Беларусь с возможностью работы в двух режимах: полностью локальном (на слабом оборудовании) и гибридном (локальные эмбединги + облачная LLM).

Гипотеза исследования: гибридная RAG-система с локальными эмбедингами и двухрежимной LLM-архитектурой способна генерировать юридически достоверные ответы, превосходящие по точности и цитируемости ответы чистой LLM, при этом оставаясь развёртываемой на оборудовании без GPU.

Предметной областью проекта является избирательное законодательство Республики Беларусь. В систему загружены нормативные правовые акты, доступные на официальном ресурсе Центральной комиссии по выборам и проведению республиканских референдумов Республики Беларусь [3]. Общий объём составляет 11 нормативных актов, 690 статей.

Обзор существующих подходов

На сегодняшний день на рынке представлено значительное количество ИИ-инструментов для юридической сферы. Общие языковые модели (ChatGPT, Claude, Gemini, DeepSeek) обладают универсальностью и широким контекстом, однако характеризуются отсутствием доступа к актуальным нормативным актам конкретных юрисдикций, склонностью к галлюцинациям и невозможностью проверить источник информации. Специализированные юридические ИИ (Silex, Zeno, Harvey, CoCounsel) построены на верифицированных юридических базах данных, обеспечивают цитируемость и интегрированы в рабочие процессы юристов, однако ориентированы на конкретные юрисдикции (в основном США,

Великобритания, Швейцария, Нидерланды), требуют платной подписки и не покрывают белорусское законодательство. Юридические справочные системы (КонсультантПлюс, Гарант, Право.ru) обеспечивают полноту и актуальность нормативной базы, однако традиционный ключевой поиск требует от пользователя знания точных юридических терминов, а отсутствие генеративного компонента не позволяет формировать готовый ответ на естественном языке.

В Республике Беларусь специализированных публично доступных RAG-систем для избирательного законодательства на момент разработки проекта не выявлено.

Архитектура системы

Архитектура системы спроектирована с учётом трёх главных приоритетов: локальности развёртывания, минимальной ресурсоёмкости и высокой точности ответов. Для веб-интерфейса выбран микрофреймворк Flask, обладающий достаточной функциональностью для реализации REST API и лёгкой интеграцией с фронтендом. В качестве векторного хранилища используется ChromaDB через PersistentClient: она работает полностью локально, не нуждаясь в отдельном сервере, предоставляет простой Python API для управления коллекциями и встроенную поддержку метаданных [4].

Для векторизации текста применяется модель эмбеддингов bge-m3:567m через Ollama. Она отличается мультиязычностью и отличным качеством работы с русским языком, имеет относительно небольшой размер в 567 миллионов параметров, что позволяет запускать её на обычном процессоре. Языковая модель реализована в двухрежимной архитектуре: локальный режим использует llama3.2:3b через Ollama, чьи три миллиарда параметров минимально достаточны для генерации связных ответов, при этом работа идёт полностью без выхода в интернет; API-режим задействует OpenRouter на бесплатном тарифе, предоставляя доступ к более мощным моделям без необходимости иметь собственный GPU.

Гибридный поиск – ключевой компонент системы, обеспечивающий высокую точность retrieval. Его работа состоит из следующих этапов. На первом этапе

выполняется векторный поиск (ChromaDB): пользовательский запрос преобразуется в эмбединг (bge-m3:567m), выполняется поиск в ChromaDB с `n_results=100`, для каждой статьи определяется лучший чанк (минимальное косинусное расстояние). На втором этапе реализуется полнотекстовый поиск (FTS5): запрос токенизируется, строится MATCH-запрос, выполняется поиск с BM25-ранжированием, `limit=60`. На третьем этапе применяется RRF-ранжирование (Reciprocal Rank Fusion): для каждой статьи, найденной хотя бы одним методом, вычисляется fused score. На четвёртом этапе формируется пул для реранкинга (top-15 статей по RRF). На пятом этапе опционально работает LLM-реранкер, получающий 15 preview и возвращающий JSON с индексами top-3 статей. На шестом этапе для финальных top-3 статей загружаются полные тексты из fulltext.db, что обеспечивает LLM максимально полным контекстом для генерации ответа.

На рисунке 1 представлен интерфейс веб-приложения с ответом на вопрос по избирательному праву.

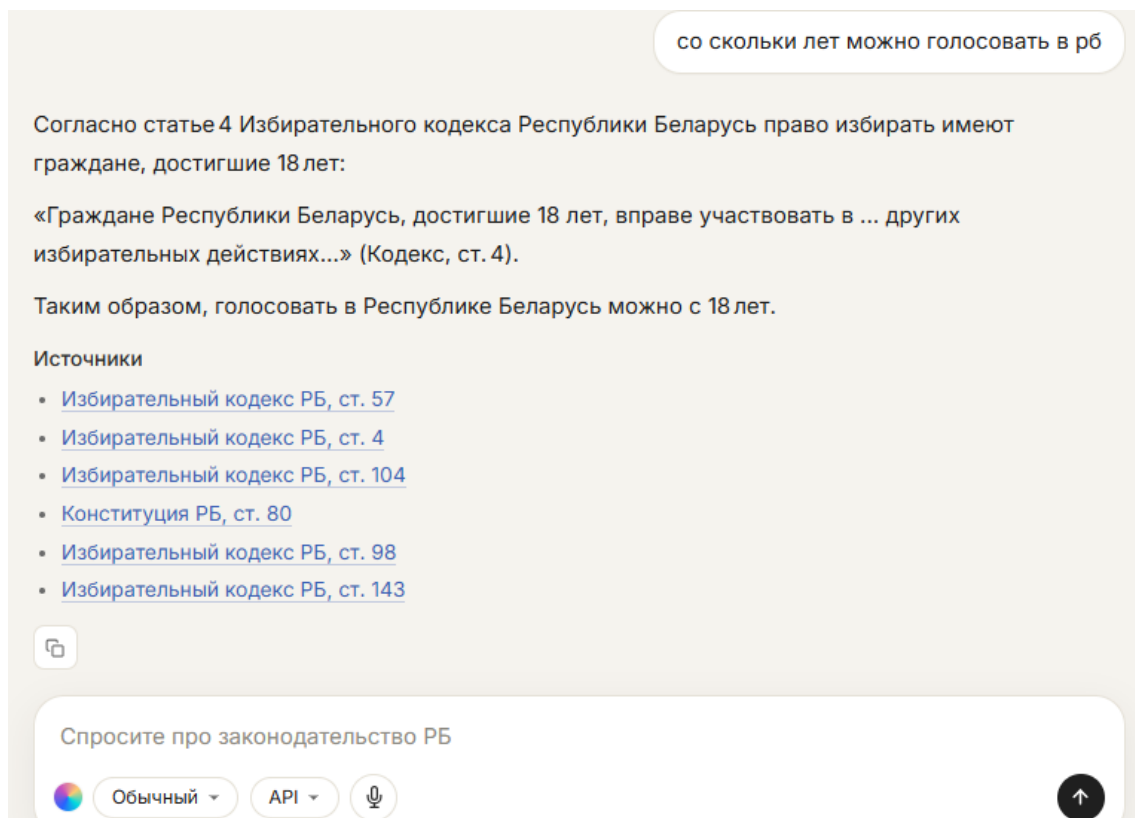


Рисунок 1 – Интерфейс веб-приложения с ответом на вопрос

Система не только формирует развёрнутый ответ, но и предоставляет прямые цитаты из нормативных актов с указанием конкретных статей, что обеспечивает юридическую достоверность информации.

Результаты тестирования

Тестирование проводилось на наборе из 110 кейсов, каждый из которых содержал вопрос и эталонную (gold) статью. Кейсы охватывали различные аспекты избирательного законодательства: права избирателей, порядок агитации, полномочия наблюдателей, сроки подачи документов.

Метрика recall@pool составила 0,9636: в 96% случаев нужная статья присутствовала в пуле из 15 кандидатов, что подтверждает эффективность гибридного поиска. $\text{recall@k} = 0,6878$ – в 69% случаев gold-статья попадала в итоговую тройку, передаваемую LLM. Разрыв между метриками объясняется тем, что не все вопросы имеют ответ в одной статье.

$\text{MRR@k} = 0,6950$ соответствует средней позиции gold-статьи между первой и второй строкой, что свидетельствует о высоком качестве ранжирования. $\text{precision@k} = 0,2182$ (при теоретическом максимуме 0,33) объясняется тем, что в топ-3 попадают релевантные, но не всегда эталонные статьи. $\text{nDCG@k} = 0,5002$ подтверждает концентрацию релевантных статей в верхней части списка.

Режим сравнения подтвердил, что RAG-ответы систематически превосходят прямые ответы LLM по критериям точности и отсутствия галлюцинаций. Даже в 31 проценте случаев, когда gold-статья не попадает в топ-3, переданные генератору статьи содержат юридически релевантную информацию, позволяющую сформировать корректный ответ с цитированием.

Заключение

Практическая значимость проекта заключается в создании универсального шаблона RAG-системы, который может быть адаптирован для любой предметной области, требующей точных цитируемых ответов на основе структурированных документов: медицинские протоколы, техническая документация, нормативы ГОСТ, внутренние регламенты организаций. Система развёртывается на оборудовании без GPU, что делает её доступной для государственных структур

с ограниченными вычислительными ресурсами.

Направления дальнейшего развития включают перенос RAG-системы на внешний носитель для полностью автономной работы без интернета, внедрение переформулирования запросов пользователей под нормативную лексику, реализацию обновления системы через замену носителя с переносом накопленных данных, а также поддержку мультимодальности.

Список литературы

1. IBM. What is RAG (Retrieval Augmented Generation)? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ibm.com/think/topics/retrieval-augmented-generation>.
2. Финансовый университет при Правительстве РФ. Искусственный интеллект и RAG-технологии – путь к эффективному обучению будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fa.ru/university/structure/university/uso/press-service/press-releases/iskusstvennyy-intellekt-i-rag-tekhnologii-put-k-effektivnomu-obucheniyyu-budushchego>.
3. Центральная комиссия по выборам и проведению республиканских референдумов РБ. Законодательство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rec.gov.by/ru/zakonodatelstvo-ru>.
4. ChromaDB — Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.trychroma.com>.

УДК 62**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОСЕРВИСНЫМ
ПРЕДПРИЯТИЕМ: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ****Иванов Артём Викторович****Толстикова Валерия Дмитриевна**

студенты

Научный руководитель: Следский Александр Андреевич

преподаватель

ТИС (филиал) ДГТУ в г. Ставрополе, город Ставрополь

***Аннотация.** В статье рассматриваются информационные системы, применяемые для управления автосервисным предприятием. Анализируются функциональные возможности CRM- и ERP-систем, ориентированных на автосервис: планирование загрузки постов, учёт запасных частей, взаимодействие с клиентами и контроль качества выполненных работ. На основе сопоставления показателей работы предприятия при использовании бумажного и цифрового документооборота оценивается влияние информационных систем на организационную эффективность. Показано, что внедрение специализированного программного обеспечения способствует сокращению времени обслуживания клиентов, снижению издержек на хранение запасных частей и повышению прозрачности бизнес-процессов.*

The article examines information systems used to manage an auto service enterprise. The functional capabilities of CRM and ERP systems tailored to auto service business are analyzed, including workstation load planning, spare-parts inventory management, customer interaction and quality control of performed work. Based on a comparison of enterprise performance indicators under paper-based and digital document management, the impact of information systems on organizational efficiency is

assessed. It is shown that implementing specialized software reduces customer service time, lowers spare-parts storage costs and increases the transparency of business processes.

Ключевые слова: *информационные системы, автосервис, CRM, ERP, управление предприятием, учёт запасных частей, цифровизация бизнес-процессов*

Keywords: *information systems, auto service, CRM, ERP, enterprise management, spare-parts accounting, business process digitalization*

Автосервисное предприятие представляет собой сложную организационную систему, в которой одновременно протекает несколько процессов: приём и диагностика автомобилей, планирование загрузки постов, закупка и учёт запасных частей, взаимодействие с клиентами и контроль качества выполненных работ. При традиционном, преимущественно бумажном, документообороте координация этих процессов затруднена: информация о статусе заказа, наличии деталей и загрузке мастеров рассредоточена между разными сотрудниками и документами, что повышает риск ошибок и задержек. Решением данной проблемы становится внедрение специализированных информационных систем управления, объединяющих все ключевые процессы предприятия в единой цифровой среде [1].

Актуальность темы связана с ростом конкуренции на рынке технического обслуживания автомобилей и повышением требований клиентов к скорости и прозрачности обслуживания. Предприятия, использующие цифровые инструменты планирования и учёта, получают возможность точнее прогнозировать загрузку сервиса, сокращать время ожидания клиентов и снижать долю простаивающих постов из-за отсутствия нужных деталей на складе.

Информационные системы управления автосервисным предприятием условно можно разделить на несколько функциональных блоков: модуль записи и учёта клиентов (CRM), модуль планирования загрузки постов, модуль складского учёта запасных частей и модуль финансовой отчётности. В таблице 1 приведена характеристика основных функциональных блоков подобных систем.

Таблица 1 - Функциональные блоки информационной системы
автосервисного предприятия

Модуль	Основные функции	Эффект для предприятия
CRM (учёт клиентов)	История обращений, напоминания о ТО, обратная связь	Повышение лояльности клиентов
Планирование постов	Электронный график загрузки мастеров и оборудования	Снижение простоя постов
Складской учёт	Контроль остатков запчастей, автозаказ у поставщиков	Сокращение дефицита деталей
Финансовая отчётность	Формирование смет, актов, аналитика выручки	Прозрачность расчётов

Использование CRM-модуля позволяет накапливать историю обслуживания каждого автомобиля и клиента, что даёт возможность формировать персональные предложения, напоминать о плановом техническом обслуживании и анализировать причины повторных обращений. Модуль планирования загрузки постов, в свою очередь, позволяет распределять заказы между мастерами с учётом их специализации и текущей занятости, минимизируя простои оборудования и рабочего времени персонала [2].

Особое значение для рентабельности автосервисного предприятия имеет складской учёт запасных частей. Отсутствие автоматизированного контроля остатков нередко приводит либо к избыточному запасу редко используемых деталей, замораживающему оборотные средства, либо, напротив, к нехватке ходовых позиций и срыву сроков ремонта. Информационные системы с функцией автоматического формирования заявок поставщикам на основе анализа обрачиваемости позволяют выстроить более сбалансированную политику закупок.

Сопоставление типичных показателей работы автосервисного предприятия при бумажном и цифровом документообороте, обобщённое по данным отраслевой практики, представлено в таблице 2.

Приведённые данные свидетельствуют о том, что внедрение информационной системы существенно сокращает время оформления документов и подготовки отчётности, а также снижает долю заказов, задержанных из-за отсутствия

необходимых деталей на складе. Рост доли повторных визитов клиентов косвенно указывает на повышение доверия к предприятию за счёт более предсказуемого и прозрачного обслуживания.

Таблица 2 - Сравнение показателей организационной эффективности предприятия

Показатель	Бумажный документооборот	Цифровая информационная система
Среднее время оформления заказа-наряда, мин	20-30	5-10
Доля заказов, задержанных из-за отсутствия детали, %	15-20	5-8
Время формирования отчётности за месяц, ч	8-12	1-2
Доля повторных визитов клиентов, %	45-50	60-65

Вместе с тем внедрение подобных систем сопряжено с рядом трудностей. Персонал предприятия нередко сопротивляется переходу на новые цифровые инструменты в силу привычки к прежним методам работы и необходимости освоения нового программного обеспечения. Кроме того, интеграция информационной системы с уже существующим бухгалтерским и складским учётом требует времени и может сопровождаться временным снижением производительности на этапе внедрения [3].

Перспективы развития информационных систем управления автосервисом связаны с интеграцией данных бортовой диагностики автомобилей непосредственно в CRM-модуль, что позволит формировать индивидуальные рекомендации по обслуживанию на основе фактического технического состояния конкретного автомобиля. Также перспективным направлением является использование мобильных приложений для клиентов, обеспечивающих онлайн-запись, отслеживание статуса ремонта и электронный документооборот без визита в офис предприятия [4].

Таким образом, информационные системы управления становятся важным инструментом повышения эффективности автосервисных предприятий. Их

применение позволяет сократить время обслуживания клиентов, снизить издержки на хранение запасных частей и повысить прозрачность внутренних бизнес-процессов. Дальнейшее развитие данного направления связано с более глубокой интеграцией диагностических данных, расширением мобильных сервисов для клиентов и переходом к более гибким, ориентированным на данные моделям управления предприятием.

Список литературы

1. Волков Д.С. Информационные системы на автотранспортных предприятиях. - М.: Транспорт, 2023. - 214 с.
2. Морозова Т.В. Управление сервисным предприятием: цифровые инструменты. - СПб.: Питер, 2022. - 187 с.
3. Куликов А.Н. Автоматизация бизнес-процессов автосервиса // Экономика и управление. - 2023. - № 4. - С. 55-61.
4. Сергеева О.П. CRM-системы в сфере автомобильного сервиса. - Ростов н/Д: ДГТУ, 2024. - 152 с.

УДК 62**МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КЛИЕНТАМИ АВТОСЕРВИСНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ****Иванов Артём Викторович****Толстикова Валерия Дмитриевна**

студенты

Научный руководитель: Следский Александр Андреевич

преподаватель

ТИС (филиал) ДГТУ в г. Ставрополе, город Ставрополь

***Аннотация.** В статье рассматриваются мобильные приложения как инструмент взаимодействия автосервисных предприятий с клиентами. Анализируются функциональные возможности подобных приложений: онлайн-запись на обслуживание, отслеживание статуса ремонта, электронный документооборот и программы лояльности. Рассматриваются типовые архитектурные решения и способы интеграции мобильных приложений с внутренними информационными системами предприятия. На основе сопоставления показателей взаимодействия с клиентами при использовании телефонной связи и мобильного приложения оценивается влияние подобных решений на клиентский опыт и загрузку персонала. Показано, что внедрение мобильных приложений способствует повышению удобства для клиентов и снижению нагрузки на административный персонал сервисного предприятия.*

The article examines mobile applications as a tool for interaction between auto service enterprises and their customers. The functional capabilities of such applications are analyzed, including online booking, repair status tracking, electronic document management and loyalty programs. Typical architectural solutions and methods

of integrating mobile applications with the enterprise's internal information systems are considered. Based on a comparison of customer interaction indicators when using phone communication versus a mobile application, the impact of such solutions on customer experience and staff workload is assessed. It is shown that implementing mobile applications improves customer convenience and reduces the workload on administrative staff.

Ключевые слова: *мобильные приложения, автосервис, взаимодействие с клиентами, онлайн-запись, программа лояльности, клиентский опыт.*

Keywords: *mobile applications, auto service, customer interaction, online booking, loyalty program, customer experience.*

Взаимодействие автосервисного предприятия с клиентом традиционно строится на телефонных звонках и личных визитах: клиент записывается на обслуживание по телефону, узнаёт о статусе ремонта у мастера-приёмщика и получает готовый автомобиль после очного расчёта. Подобная модель требует постоянного присутствия администратора для обработки входящих обращений и создаёт неудобства для клиента, вынужденного подстраиваться под рабочее время предприятия. Развитие мобильных технологий делает возможным перенос значительной части этого взаимодействия в приложение, доступное клиенту в любое время [1].

Актуальность темы обусловлена изменением потребительских привычек: пользователи, привыкшие решать бытовые задачи через мобильные приложения в банковской сфере, торговле и сфере услуг, ожидают аналогичного уровня цифрового сервиса и от автосервисных предприятий. Отсутствие удобного цифрового канала взаимодействия становится конкурентным недостатком, особенно на рынках с высокой плотностью сервисных предприятий.

Функциональность мобильных приложений автосервисных предприятий можно разделить на несколько групп, характеристика которых представлена в таблице 1.

Технически подобные приложения строятся как клиентская часть более широкой информационной системы предприятия: данные о записи, статусе

ремонта и истории обслуживания синхронизируются с CRM-модулем, используемым сотрудниками сервиса.

Таблица 1 - Основные функциональные группы мобильных приложений автосервиса

Функциональная группа	Содержание функций	Значение для клиента
Онлайн-запись на обслуживание	Выбор даты, времени, вида услуги без звонка	Экономия времени, доступность 24/7
Отслеживание статуса ремонта	Уведомления об этапах выполнения работ	Снижение неопределённости для клиента
Электронный документооборот	Электронные заказ-наряды, акты, чеки	Хранение истории обслуживания
Программа лояльности	Накопление бонусов, персональные акции	Дополнительная мотивация к повторным визитам
Онлайн-оплата	Оплата услуг непосредственно в приложении	Отсутствие необходимости в кассе

В таблице 2 представлены основные компоненты типовой архитектуры мобильного приложения автосервиса и их назначение.

Таблица 2 - Компоненты архитектуры мобильного приложения автосервисного предприятия

Компонент	Назначение	Пример реализации
Клиентское мобильное приложение	Интерфейс для записи, отслеживания и оплаты	Приложение под iOS и Android
Серверная часть (backend)	Обработка запросов, хранение данных клиентов	Облачный сервер предприятия
Модуль push-уведомлений	Информирование о статусе заказа и акциях	Push-сообщения о готовности авто
Интеграционный модуль с CRM	Синхронизация данных с внутренней системой учёта	API-обмен данными с CRM-платформой

Наличие интеграционного модуля с CRM-системой является ключевым условием эффективности мобильного приложения: без синхронизации данных администратору пришлось бы вручную дублировать записи, сделанные клиентом через приложение, в основную систему учёта предприятия, что снижает ценность цифрового канала и повышает риск ошибок [2].

Сопоставление показателей взаимодействия с клиентами при традиционной телефонной модели и при использовании мобильного приложения, обобщённое по данным отраслевой практики, представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнение показателей взаимодействия с клиентами

Показатель	Телефонное взаимодействие	Мобильное приложение
Среднее время оформления записи, мин	5-8	1-2
Доля пропущенных / необработанных обращений, %	10-15	2-4
Доля клиентов, использующих программу лояльности	15-20%	45-55%
Нагрузка на администратора (звонков в день)	60-80	20-30

Приведённые данные показывают, что использование мобильного приложения заметно сокращает время оформления записи и долю необработанных обращений клиентов, а также существенно повышает вовлечённость в программы лояльности за счёт удобного доступа к бонусной информации. Снижение количества телефонных звонков, обрабатываемых администратором, позволяет перераспределить рабочее время персонала на решение более сложных задач взаимодействия с клиентами.

Вместе с тем внедрение мобильного приложения сопряжено с определёнными сложностями. Разработка и последующая поддержка приложения требуют финансовых вложений и наличия квалифицированных специалистов, что затруднительно для небольших независимых сервисов. Кроме того, часть клиентов, особенно старшего возраста, предпочитает привычный телефонный формат взаимодействия, что требует сохранения традиционных каналов связи параллельно с цифровыми [3].

Перспективы развития мобильных приложений автосервисных предприятий связаны с расширением их функциональности за счёт интеграции данных бортовой диагностики автомобиля, что позволит клиенту получать

персональные рекомендации по обслуживанию непосредственно в приложении. Также перспективным направлением является использование чат-ботов и элементов искусственного интеллекта для обработки типовых обращений клиентов без участия администратора [4].

Таким образом, мобильные приложения становятся значимым инструментом повышения качества взаимодействия автосервисных предприятий с клиентами. Их использование сокращает время оформления обращений, повышает вовлечённость клиентов в программы лояльности и снижает нагрузку на административный персонал. Дальнейшее развитие данного направления связано с интеграцией диагностических данных и внедрением интеллектуальных инструментов обработки обращений, что позволит сделать взаимодействие с клиентами ещё более персонализированным и эффективным.

Список литературы

1. Никитин А.С. Цифровые каналы взаимодействия с клиентами в сфере услуг. - М.: Дашков и К°, 2023. - 198 с.
2. Орлова Т.Н. Мобильные приложения в автомобильном сервисе // Сервис и технологии. - 2024. - № 1. - С. 27-33.
3. Дмитриев В.О. Клиентский опыт и цифровые технологии в автосервисе. - СПб.: Питер, 2022. - 175 с.
4. Романенко Е.А. Программы лояльности в сфере автомобильного сервиса. - Ростов н/Д: ДГТУ, 2024. - 160 с.

УДК 62**РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ****Иванов Артём Викторович****Толстикова Валерия Дмитриевна**

студенты

Научный руководитель: Следский Александр Андреевич

преподаватель

ТИС (филиал) ДГТУ в г. Ставрополе, город Ставрополь

***Аннотация.** В статье рассматривается применение технологий искусственного интеллекта для прогнозирования технического состояния транспортных средств. Анализируются основные подходы к предиктивной диагностике: методы машинного обучения на данных телематики, нейросетевые модели анализа вибрационных и акустических сигналов, а также системы поддержки принятия решений для планирования технического обслуживания. Рассматриваются источники данных, используемые для обучения моделей, и типовые архитектуры прогнозных систем. На основе сопоставления показателей планового и предиктивного обслуживания оценивается экономический и организационный эффект внедрения интеллектуальных систем прогнозирования. Показано, что применение искусственного интеллекта позволяет снизить количество внеплановых отказов и повысить эффективность использования транспортных средств.*

The article examines the application of artificial intelligence technologies for predicting the technical condition of vehicles. Key approaches to predictive diagnostics are analyzed: machine learning methods based on telematics data, neural network models for vibration and acoustic signal analysis, and decision-support systems for

maintenance planning. Data sources used for model training and typical architectures of predictive systems are considered. Based on a comparison of scheduled and predictive maintenance indicators, the economic and organizational effect of implementing intelligent forecasting systems is assessed. It is shown that the use of artificial intelligence reduces the number of unscheduled failures and improves vehicle utilization efficiency.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, машинное обучение, предиктивная диагностика, техническое состояние транспортных средств, телематика, нейронные сети*

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, predictive diagnostics, vehicle technical condition, telematics, neural networks*

Традиционная система технического обслуживания транспортных средств строится преимущественно на регламентном подходе: замена узлов и агрегатов производится через фиксированные интервалы пробега или времени независимо от их фактического состояния. Такой подход приводит либо к преждевременной замене ещё исправных деталей, либо, напротив, к пропуску момента начала деградации узла, что повышает риск внезапного отказа. Развитие технологий сбора и анализа данных, а также методов искусственного интеллекта открывает возможность перехода к прогнозному обслуживанию, при котором момент вмешательства определяется на основе фактического состояния конкретного узла [1].

Актуальность темы обусловлена ростом объёма данных, генерируемых современными транспортными средствами: количество датчиков в одном автомобиле или единице коммерческого транспорта нередко исчисляется десятками, а объём передаваемой телематической информации делает её ручной анализ практически невозможным. В этих условиях методы искусственного интеллекта становятся не просто желательным дополнением, а необходимым инструментом обработки диагностических данных.

Под предиктивной диагностикой понимается совокупность методов, позволяющих на основе анализа исторических и текущих данных о работе узла прогнозировать вероятность и сроки его отказа. В таблице 1 приведены основные

группы методов искусственного интеллекта, применяемых в данной области, и типы решаемых ими задач.

Таблица 1 - Методы искусственного интеллекта в задачах предиктивной диагностики

Метод / модель	Тип решаемой задачи	Пример применения
Регрессионные модели машинного обучения	Прогноз остаточного ресурса узла	Оценка срока службы аккумулятора
Сверточные нейронные сети	Анализ вибрационных и акустических сигналов	Диагностика подшипников и КПП
Рекуррентные нейронные сети (LSTM)	Анализ временных рядов телематики	Прогноз отказа двигателя по трендам
Деревья решений и ансамблевые методы	Классификация степени риска отказа	Приоритизация постов ТО
Системы поддержки принятия решений	Формирование рекомендаций для сервиса	Автоматическое планирование ремонта

Ключевым условием эффективной работы перечисленных методов является качество и полнота исходных данных. В таблице 2 систематизированы основные источники данных, используемые для обучения и функционирования моделей предиктивной диагностики.

Таблица 2 - Источники данных для моделей предиктивной диагностики

Источник данных	Характер информации	Значение для модели
Бортовые датчики (ЭБУ)	Температура, давление, обороты, коды ошибок	Основной поток входных признаков
Телематические платформы	Пробег, режимы движения, геолокация	Учёт условий эксплуатации
История сервисного обслуживания	Даты ремонтов, замены узлов, жалобы клиентов	Разметка данных для обучения
Внешние базы отказов производителя	Статистика типовых неисправностей по моделям	Дообучение и калибровка модели

Использование перечисленных источников данных в комплексе позволяет строить модели, учитывающие не только текущие показания датчиков, но и индивидуальные особенности эксплуатации конкретного транспортного средства. Так, рекуррентные нейронные сети, анализирующие временные ряды

телематических данных, способны выявлять постепенное отклонение параметров от нормы задолго до момента, когда неисправность становится заметна по кодам ошибок бортового компьютера [2].

Сопоставление показателей планового и предиктивного обслуживания, обобщённое по данным отраслевой практики и публикациям по теме, представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнение показателей планового и предиктивного технического обслуживания

Показатель	Плановое обслуживание	Предиктивное обслуживание
Доля внеплановых отказов в парке, %	18-25	6-10
Средний остаточный ресурс заменяемых деталей, %	20-35	5-10
Простой транспортного средства из-за отказа, ч	6-10	2-4
Затраты на техническое обслуживание в расчёте на 1000 км, отн. ед.	1,0	0,75-0,85

Приведённые данные показывают, что переход к предиктивному обслуживанию заметно снижает долю внеплановых отказов и сокращает простой транспортных средств. Кроме того, за счёт более точного определения момента замены узла снижается доля деталей, заменяемых с существенным остаточным ресурсом, что уменьшает суммарные затраты на обслуживание в пересчёте на пройденный пробег.

Вместе с тем внедрение систем искусственного интеллекта для прогнозирования технического состояния транспортных средств связано с рядом ограничений. Построение точных моделей требует накопления значительного объёма размеченных данных по отказам конкретных узлов, что затруднительно для новых моделей транспортных средств с ограниченной историей эксплуатации. Кроме того, эксплуатация подобных систем предполагает наличие соответствующей телематической инфраструктуры и специалистов, способных

интерпретировать результаты работы моделей и принимать обоснованные решения на их основе [3].

Перспективы развития данного направления связаны с распространением федеративного обучения моделей, позволяющего объединять данные различных сервисных предприятий без передачи конфиденциальной информации о клиентах, а также с интеграцией предиктивных моделей в единые цифровые платформы управления автопарком. Дальнейшее совершенствование алгоритмов совместно с расширением сенсорной базы транспортных средств позволит повысить точность прогнозирования и распространить предиктивный подход на более широкий круг узлов и агрегатов [4].

Таким образом, искусственный интеллект становится значимым инструментом повышения надёжности и эффективности эксплуатации транспортных средств. Дальнейшее развитие направления связано с расширением источников данных, совершенствованием моделей и распространением интеллектуальных систем прогнозирования на всё более широкий круг эксплуатируемой техники.

Список литературы

1. Тарасов В.И. Искусственный интеллект в технической диагностике машин. - М.: Машиностроение, 2023. - 244 с.
2. Ковалёва М.А. Нейросетевые методы анализа телематических данных транспорта // Информационные технологии. - 2024. - № 2. - С. 41-48.
3. Лебедев С.П. Предиктивное обслуживание технических систем: методы и практика. - СПб.: Политехника, 2022. - 219 с.
4. Захарова И.В. Машинное обучение в задачах эксплуатации транспорта. - Ростов н/Д: ДГТУ, 2024. - 186 с.

УДК 62**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ****Иванов Артём Викторович****Толстикова Валерия Дмитриевна**

студенты

Научный руководитель: Следский Александр Андреевич

преподаватель

ТИС (филиал) ДГТУ в г. Ставрополе, город Ставрополь

***Аннотация.** В статье рассматриваются современные тенденции цифровизации процессов сервисного обслуживания транспортных средств. Анализируются направления цифровой трансформации автосервиса: онлайн-запись и мобильные приложения для клиентов, интернет вещей (IoT) и телематика, дистанционная диагностика, а также элементы цифровых двойников автомобиля. На основе сопоставления традиционной и цифровой моделей организации сервисного обслуживания оценивается влияние цифровизации на клиентский опыт и организационные показатели предприятий отрасли. Показано, что цифровая трансформация сервисного обслуживания способствует повышению удобства для клиентов и эффективности работы сервисных предприятий.*

The article examines current trends in the digitalization of vehicle service processes. Areas of digital transformation in auto service are analyzed, including online booking and mobile applications for customers, the Internet of Things (IoT) and telematics, remote diagnostics, and elements of vehicle digital twins. Based on a comparison of traditional and digital models of service organization, the impact of digitalization on customer experience and organizational performance of industry enterprises is assessed. It is shown that the digital transformation of vehicle service improves

customer convenience and the operational efficiency of service enterprises.

Ключевые слова: *цифровизация, сервисное обслуживание, транспортные средства, интернет вещей, телематика, дистанционная диагностика, цифровой двойник*

Keywords: *digitalization, vehicle service, transport, Internet of Things, telematics, remote diagnostics, digital twin*

Сфера сервисного обслуживания транспортных средств переживает период активной цифровой трансформации. Если ещё десятилетие назад взаимодействие клиента с автосервисом ограничивалось телефонным звонком и личным визитом, то сегодня значительная часть процессов — от записи на обслуживание до контроля хода ремонта — переносится в цифровую среду. Данная трансформация затрагивает не только клиентский сервис, но и внутренние процессы предприятий: логистику запасных частей, планирование загрузки постов и техническую диагностику автомобилей [1].

Актуальность темы обусловлена изменением ожиданий потребителей, привыкших к цифровым сервисам в других отраслях, а также стремлением предприятий транспортной отрасли повысить конкурентоспособность за счёт сокращения издержек и повышения удобства обслуживания. Компании, не успевающие за темпами цифровизации, рискуют уступить долю рынка более технологичным конкурентам.

Можно выделить несколько ключевых направлений цифровизации сервисного обслуживания транспортных средств, характеристика которых приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Основные направления цифровизации сервисного обслуживания транспорта

Направление	Суть технологии	Эффект для клиента и предприятия
Онлайн-запись и мобильные приложения	Запись на обслуживание и отслеживание статуса через приложение	Экономия времени клиента
Интернет вещей (IoT) и	Сбор данных с датчиков	Раннее выявление

Направление	Суть технологии	Эффект для клиента и предприятия
телематика	автомобиля в реальном времени	неисправностей
Дистанционная диагностика	Удалённый анализ состояния автомобиля специалистом	Снижение числа визитов на СТО
Цифровой двойник автомобиля	Виртуальная модель, отражающая техническое состояние	Точное прогнозирование обслуживания

Онлайн-запись и мобильные приложения для клиентов стали одним из наиболее заметных проявлений цифровизации сервисного обслуживания. Подобные приложения позволяют клиенту выбрать удобное время визита, отслеживать статус выполнения работ, получать уведомления о готовности автомобиля и оплачивать услуги без личного визита в кассу. Для предприятия это означает более равномерное распределение загрузки постов и снижение числа пропущенных записей [2].

Технологии интернета вещей и телематики обеспечивают непрерывный сбор данных о работе автомобиля — от расхода топлива до вибрационных характеристик отдельных узлов. Передача этих данных на сервер сервисного предприятия позволяет выявлять отклонения от нормы ещё до появления явных признаков неисправности и заблаговременно предлагать клиенту плановое обслуживание. Дистанционная диагностика, в свою очередь, позволяет специалисту предварительно оценить характер неисправности до визита автомобиля на СТО, что сокращает время последующего ремонта.

Сопоставление традиционной и цифровой моделей организации сервисного обслуживания транспортных средств, обобщённое по данным отраслевой практики, представлено в таблице 2.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что внедрение цифровой модели сервисного обслуживания способствует повышению эффективности работы предприятий. Использование цифровых инструментов позволяет сократить время, необходимое для записи на обслуживание, уменьшить количество повторных обращений для устранения неисправностей и обеспечить более

своевременное информирование владельцев транспортных средств о предстоящем техническом обслуживании.

Таблица 2 - Сравнение традиционной и цифровой моделей сервисного обслуживания

Показатель	Традиционная модель	Цифровая модель
Среднее время записи на обслуживание, мин	10-15	1-3
Доля клиентов, получающих напоминание о ТО	20-30%	80-90%
Среднее число визитов для устранения неисправности	1,8	1,2
Уровень удовлетворённости клиентов, %	60-70	80-90

В совокупности это положительно влияет на качество обслуживания, делает взаимодействие с сервисным центром более удобным и способствует укреплению доверия клиентов.

Вместе с тем переход к цифровым технологиям сопровождается рядом организационных и технических трудностей. Существенными факторами остаются значительные затраты на внедрение телематических решений и цифровых платформ, необходимость обеспечения надёжной защиты информации о транспортных средствах и их владельцах, а также различный уровень цифровой зрелости предприятий отрасли. Особенно заметны эти ограничения для небольших независимых сервисных центров, которые зачастую не обладают достаточными ресурсами для создания собственных информационных систем и поэтому используют готовые программные решения сторонних разработчиков [3].

Дальнейшее развитие цифровизации сервисного обслуживания связывается с внедрением технологии цифрового двойника транспортного средства. Такая виртуальная модель объединяет сведения о конструкции автомобиля, его эксплуатационной истории и текущем техническом состоянии. Совместное применение цифровых двойников и современных алгоритмов анализа данных создаёт предпосылки для перехода к проактивной модели обслуживания, при которой

необходимость проведения сервисных работ определяется на основе прогнозной оценки состояния автомобиля ещё до возникновения серьёзных неисправностей [4].

Таким образом, цифровая трансформация сервисного обслуживания становится одним из ключевых направлений развития современной транспортной отрасли. Интеграция онлайн-сервисов, телематических технологий и средств дистанционной диагностики позволяет одновременно повысить удобство для владельцев транспортных средств и оптимизировать внутренние процессы сервисных предприятий, обеспечивая более высокий уровень качества и эффективности обслуживания.

Список литературы

1. Романов К.А. Цифровая трансформация транспортной отрасли. - М.: Инфра-М, 2023. - 232 с.
2. Белова Н.С. Мобильные технологии в сфере автосервиса // Сервис и технологии. - 2023. - № 3. - С. 34-40.
3. Григорьев П.В. Интернет вещей на транспорте: практика применения. - СПб.: БХВ-Петербург, 2022. - 210 с.
4. Фомина Л.Д. Цифровые двойники в техническом обслуживании транспортных средств. - Ростов н/Д: ДГТУ, 2024. - 168 с.

УДК 621.039.5:519.6

КАРТЫ РОБАСТНОСТИ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМНОГО ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОДА

Крылов Марсель Эдуардович

аспирант

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет
„МИФИ“», город Москва

***Аннотация.** Предложен подход к количественной оценке робастности расчётной модели системного теплогидравлического кода в заданной области режимных и численных параметров. Приемлемость варианта определяется по совокупности условий завершения, физической допустимости, сохранения балансов массы и энергии и воспроизводимости. Для построения карт выполнена полная факторная серия из 3200 расчётов нагреваемого канала ВВЭР-типа в базовом и диагностико-адаптивном режимах. Доля приемлемых расчётов увеличилась с 0,118 до 0,832, а средний индекс робастности — с 0,092 до 0,629. Показано, что адаптивный контур снижает чувствительность результата к начальному шагу и нодализации, но сохраняет границу, обусловленную высокой тепловой нагрузкой, малым расходом и пониженным давлением. Сформулированы требования к паспорту робастности расчётной модели.*

The paper proposes an approach to quantitative assessment of the robustness of a system thermal-hydraulic code model within a specified domain of operating and numerical parameters. A calculation is accepted only if completion, physical admissibility, mass and energy conservation, and reproducibility conditions are met simultaneously. Robustness maps were obtained from a full-factorial series of 3,200 heated-channel calculations in baseline and diagnostic-adaptive modes. The fraction of

accepted runs increased from 0.118 to 0.832, while the mean robustness index increased from 0.092 to 0.629. The adaptive loop reduces sensitivity to the initial time step and nodalization, yet preserves the boundary associated with high heat load, low flow rate, and reduced pressure. Requirements for a model robustness passport are formulated.

Ключевые слова: *системный теплогидравлический код, робастность, карта робастности, вычислительный эксперимент, адаптивный шаг, ядерная энергетическая установка, ВВЭР*

Keywords: *system thermal-hydraulic code, robustness, robustness map, computational experiment, adaptive time step, nuclear power plant, VVER*

Введение

Расчётное обоснование ядерных энергетических установок опирается на системные теплогидравлические коды, описывающие совместное изменение давления, расхода, температуры, энтальпии, фазового состава и тепловых потоков. В детерминистском анализе безопасности требуется подтверждать применимость программного средства, корректность расчётной модели и обоснованность исходных данных [1]. Однако инженерное доверие к результату не исчерпывается совпадением одной расчётной кривой с опорой: модель должна сохранять физически осмысленное поведение при допустимом изменении режимных и численных настроек.

Методы улучшенной оценки и анализа неопределённостей позволяют количественно учитывать разброс входных данных, параметров моделей и пользовательских решений [2]. При этом отказные расчёты нередко рассматриваются как технический побочный результат и исключаются до статистической обработки. Такой подход скрывает важную информацию о границе работоспособности конкретной расчётной конфигурации. Увеличение шага по времени, сгущение нодализации, снижение расхода или давления способны не только изменить выходной параметр, но и привести к несходимости, нарушению балансов либо появлению нефизических значений.

Системные коды строятся на уравнениях сохранения, замыкающих

зависимостях и численных схемах, совместно описывающих одно- и двухфазные процессы [3, 4]. В области кипения и конденсации малое изменение состояния может переключить корреляцию теплообмена, изменить плотность смеси и жёсткость системы уравнений. Поэтому одинаковое сообщение о несходимости может быть следствием грубого временного шага, резкой смены режима, неудачной нодализации или выхода за область свойств. Верификация и валидация остаются обязательными, но сами по себе не дают законченной процедуры реконструкции пути расчёта к отказу [5].

В настоящей работе робастность рассматривается как измеряемое свойство пары «расчётная модель — область параметров». Цель статьи состоит в представлении способа построения карт робастности и в оценке диагностико-адаптивного сопровождения расчёта на серии вариантов нагреваемого канала ВВЭР-типа. Основное внимание уделено не отдельному удачному запуску, а положению границы между устойчивой, пограничной и неработоспособной областями.

Постановка задачи и критерий приемлемости

Область исследования задаётся конечным множеством Ω , элементы которого образованы сочетаниями начального давления и температуры, расхода, тепловой нагрузки, начального шага, числа расчётных узлов, допусков решателя и вычислительной среды. Для каждого варианта сохраняется не только итоговый статус, но и расчётная трасса. В неё входят фактический шаг по времени, невязка, ошибки балансов, температура, давление, паросодержание, число Куранта и события управляющего алгоритма.

Индикатор приемлемости I_i принимает единичное значение только при одновременном выполнении пяти групп условий: расчёт достиг конечного времени; переменные остались в физически допустимой области; балансы массы и энергии не вышли за установленные допуски; отклонение от опорного решения приемлемо; результат воспроизводится при допустимом изменении среды или настроек. Интегральный показатель области определяется выражением

$$R\Omega = (1/N) \cdot \sum I_i, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Бинарная форма критерия исключает компенсацию критического дефекта

благополучными показателями. Завершённый расчёт не принимается при отрицательной плотности, паросодержании вне интервала от нуля до единицы или недопустимой энергетической невязке. Для ранжирования уже принятых вариантов дополнительно используется непрерывный индекс, учитывающий величину невязок, расстояние до физических границ, отклонение от опоры и цену стабилизации. Такое разделение согласуется с логикой анализа чувствительности: сначала проверяются обязательные ограничения, затем оценивается относительное качество прошедших вариантов [6].

Испытательная модель представляет одномерный нагреваемый канал длиной 3,5 м с площадью проходного сечения 0,00012 м² и гидравлическим диаметром 0,012 м. Начальное давление равно 16 МПа, температура на входе — 562,15 К, массовый расход — 0,35 кг/с, базовая тепловая мощность — 180 кВт. Модель намеренно компактна: она не заменяет промышленный системный код, но содержит управляемые источники жёсткости — изменение давления и расхода, рост мощности, появление паровой фазы и зависимость результата от нодализации.

Таблица 1 – Факторы основной матрицы вычислительных экспериментов

Фактор	Значения	Число уровней
Режим расчёта	baseline; robust	2
Переходный сценарий	штатный; снижение давления; падение расхода; рост мощности; комбинированный	5
Начальный шаг по времени, с	0,0025; 0,005; 0,01; 0,02; 0,04	5
Масштаб тепловой нагрузки	0,75; 1,05; 1,45; 2,05	4
Число расчётных узлов	40; 80; 120; 160	4
Масштаб расхода	0,5; 1,0	2
Масштаб давления	0,6; 1,0	2
Продолжительность варианта, с	20	1

Примечание. Полная комбинация уровней образует 3200 запусков: по 1600 вариантов в каждом режиме.

Диагностико-адаптивное сопровождение расчёта

Диагностика выполняется по последовательности событий, предшествующих останову. Единичный откат шага не является отказом, тогда как серия откатов, рост невязки, приближение паросодержания к физической границе и накопление балансовой ошибки образуют устойчивый предаварийный признак. Класс причины назначается после проверки временного порядка событий, повторяемости в соседних точках матрицы и реакции на направленное вмешательство. В расчётной серии различались потеря сходимости, выход за физические ограничения, нарушение балансов, выход за область применимости модели, избыточная цена адаптации и риск, не снятый доступными действиями.

В базовом режиме пробное состояние принимается без дополнительного диагностического контура либо расчёт прекращается при грубом нарушении. В робастном режиме состояние сначала проверяется по условиям положительности давления и плотности, диапазону паросодержания, области свойств и балансам. При росте риска выполняется откат к последнему принятому состоянию и уменьшение шага. Если параметры остаются допустимыми, но их приращение за один шаг чрезмерно, применяется демпфирование. Ограничитель используется только после повторной попытки с меньшим шагом и не освобождает от повторного расчёта свойств и балансов.

Минимальный шаг и предельное число повторов задают границу допустимой вычислительной цены. Если риск не уменьшается после серии откатов либо для продолжения требуется постоянная работа ограничителей, вариант не переводится искусственно в успешный класс. Он фиксируется как пограничный или неприменимый. Такой порядок особенно важен для жёстких нестационарных систем, где адаптация временного шага и методы решения нелинейных уравнений должны применяться совместно с физическими ограничениями [7, 8].

Методика реализована в стенде THRobustBench. Управляющий уровень на Python формирует матрицу, запускает серию и обрабатывает результаты, а C++17-ядро выполняет пошаговый расчёт и записывает трассы. Архитектура развивает ранее предложенные подходы к формализации теплогидравлических

моделей, унифицированной межплатформенной проверке и анализу внутренней структуры расчётных схем [9–11]. Разделение физической модели, расчётного ядра и диагностического слоя позволяет выполнять пары baseline/robust на идентичных исходных данных.

Построение и интерпретация карт робастности

Карта строится в координатах начального шага Δt_0 и масштаба тепловой нагрузки q/q_0 . Каждая ячейка объединяет 80 расчётов: пять сценариев, четыре нодализации, два расхода и два давления. Значение равно доле вариантов, прошедших обязательные проверки. Для данной серии принята шкала: не менее 0,75 — робастная область; 0,25–0,75 — пограничная; менее 0,25 — область потери робастности. Ноль означает рассчитанную отказную область, а не отсутствие данных.

Таблица 2 – Карта доли успешных расчётов в режиме baseline

$q/q_0 \setminus \Delta t_0, c$	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,04
2,05	0,24	0,04	0,00	0,00	0,00
1,45	0,36	0,10	0,00	0,00	0,00
1,05	0,47	0,17	0,03	0,00	0,00
0,75	0,64	0,26	0,05	0,00	0,00

В baseline-режиме рабочая область быстро сужается. При шаге 0,0025 с доля успешных вариантов уменьшается от 0,64 до 0,24 по мере роста нагрузки. При 0,01 с остаются лишь единичные успешные расчёты, а при шагах 0,02 и 0,04 с все ячейки отказные. Это указывает на сильную зависимость исходной схемы от временной дискретизации.

Таблица 3 – Карта доли успешных расчётов в режиме robust

$q/q_0 \setminus \Delta t_0, c$	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,04
2,05	0,46	0,46	0,45	0,42	0,38
1,45	0,99	0,99	0,97	0,90	0,80
1,05	1,00	1,00	1,00	0,96	0,90
0,75	1,00	1,00	1,00	0,99	0,96

После включения диагностико-адаптивного контура при масштабах нагрузки 0,75–1,45 доля успешных расчётов остаётся не ниже 0,80 во всём исследованном диапазоне начальных шагов. Наиболее тяжёлая строка соответствует масштабу 2,05: здесь доля составляет 0,38–0,46. Следовательно, методика существенно расширяет область работоспособности, но не стирает границу, определяемую физической напряжённостью режима.

Результаты вычислительного эксперимента

Таблица 4 – Сопоставление базового и робастного режимов

Режим	Запусков	Успешных	Неуспешных	Доля успешных	Средний индекс
baseline	1600	189	1411	0,118	0,092
robust	1600	1331	269	0,832	0,629

В базовой серии критериям соответствовали 189 вариантов из 1600, в робастной — 1331. Число дополнительно принятых расчётов равно 1142, отношение долей успешных вариантов составляет 7,04, а число отказов уменьшилось на 80,9 %. Рост среднего индекса с 0,092 до 0,629 показывает, что изменился не только факт завершения: уменьшились максимальные диагностические риски, стабилизировались балансы и сократилось число жёстких остановов.

Эффект наблюдался во всех пяти сценариях. Доля успешных robust-расчётов составила 0,875 для штатного перехода, 0,844 при снижении давления, 0,856 при падении расхода, 0,859 при росте мощности и 0,725 в комбинированном режиме. Последний сценарий остаётся наиболее сложным, поскольку одновременно усиливает тепловую нагрузку, снижает охлаждение и приближает теплоноситель к фазовой границе.

Структура отказов изменилась принципиально. В baseline-режиме зарегистрированы 716 случаев потери сходимости и 695 выходов за физические ограничения. В robust-режиме осталось 269 непринятых вариантов: 200 связаны с областью применимости модели, 49 — с чрезмерной ценой адаптации, 20 — с риском, который не удалось снять. Следовательно, алгоритм не маскирует тяжёлые режимы, а переводит безымянную несходимость в инженерно

интерпретируемые классы.

Журналы содержат 6014 событий отката с уменьшением шага, 100657 демпфированных шагов и 3027 срабатываний температурного ограничителя. Эти числа характеризуют интенсивность вмешательства, а не количество независимых отказов: один вариант может включать длинную последовательность событий. Поэтому цена стабилизации оценивается совместно с итоговым статусом, балансами и положением точки на карте.

Анализ чувствительности показал перераспределение доминирующих факторов. Размах доли успешных расчётов по начальному шагу уменьшился с 0,428 до 0,103, а по числу узлов — с 0,285 до 0,047. Одновременно размах по тепловой нагрузке вырос с 0,135 до 0,555, по расходу — с 0,019 до 0,244. После устранения части численных отказов на первый план вышли физические ограничения: высокая мощность и малый расход.

Паспорт робастности и практическое применение

Карта не должна использоваться отдельно от сведений о конфигурации. Для воспроизводимого применения формируется паспорт робастности, содержащий версию расчётного ядра, геометрию и нодализацию, набор корреляций и свойств, диапазоны параметров, критерии приёмки, карты, классы отказов, рекомендуемые действия и ограничения. Изменение сетки, правила принятия шага, библиотеки свойств или замыкающей зависимости образует новую конфигурацию и требует повторной серии.

Для рассматриваемой модели уверенная область robust-расчёта соответствует нагрузкам до 1,45 при начальных шагах до 0,01 с. Более крупные шаги в этой области нередко также приводят к завершению, но требуют контроля трасс и цены адаптации. При нагрузке 2,05 результаты относятся к пограничной зоне независимо от начального шага. Наличие успешного статуса здесь недостаточно: необходимо проверять число откатов, ограничителей, максимальное паросодержание и балансовые ошибки.

Практическая последовательность включает технический прогон на спокойном режиме, парное выполнение baseline/robust, срезы по шагу и

нодализации, диагностику предаварийных фрагментов и локальное сгущение матрицы у линии смены статуса. Отказные точки не удаляются. Они образуют регрессионный набор, по которому проверяются последующие версии модели и диагностического алгоритма.

Представленные численные значения относятся к демонстрационной модели нагреваемого канала и заданной стрессовой матрице. Они не являются вероятностью безотказной работы промышленного кода или оборудования ЯЭУ. Перенос методики на полный контур требует расширения диагностического вектора состояниями насосов, арматуры, уровней, межконтурных балансов и событий систем управления и защиты.

Заключение

1. Робастность расчётной модели целесообразно оценивать в заданной области параметров, используя обязательные проверки завершения, физической допустимости, балансов и воспроизводимости. Карта переводит результаты серии в границы устойчивого, пограничного и неработоспособного применения.

2. На полной факторной матрице из 3200 запусков диагностико-адаптивный режим увеличил долю приемлемых расчётов с 0,118 до 0,832 и средний индекс робастности с 0,092 до 0,629.

3. Откат шага, демпфирование и контроль физических ограничений снизили чувствительность к начальному шагу и нодализации. При этом высокая тепловая нагрузка и малый расход сохранились как основные физические ограничения, что подтверждает отсутствие принудительного «улучшения» всех вариантов.

4. Паспорт робастности обеспечивает связь карты с конкретной версией модели и первичными журналами. Такой документ дополняет верификацию, валидацию и анализ неопределённостей сведениями о границе работоспособного вычислительного поведения.

Список литературы

1. International Atomic Energy Agency. Deterministic Safety Analysis for

Nuclear Power Plants: Specific Safety Guide No. SSG-2 (Rev. 1). Vienna: IAEA, 2019. 108 p.

2. International Atomic Energy Agency. Best Estimate Safety Analysis for Nuclear Power Plants: Uncertainty Evaluation. Safety Reports Series No. 52. Vienna: IAEA, 2008. 162 p.

3. Bestion D. System Code Models and Capabilities // Thermal-Hydraulics of Water Cooled Nuclear Reactors. 2010.

4. U.S. Nuclear Regulatory Commission. TRACE V5.0 Theory Manual: Field Equations, Solution Methods, and Physical Models. Washington: NRC, 2012.

5. D'Auria F., Galassi G. M. Code validation and uncertainties in system thermalhydraulics // Progress in Nuclear Energy. 1998. Vol. 33, No. 1–2. P. 175–216.

6. Saltelli A., Ratto M., Andres T. et al. Global Sensitivity Analysis: The Primer. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. 292 p.

7. Hairer E., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems. 2nd ed. Berlin: Springer, 1996. 614 p.

8. Knoll D. A., Keyes D. E. Jacobian-free Newton-Krylov methods: a survey of approaches and applications // Journal of Computational Physics. 2004. Vol. 193, No. 2. P. 357–397. DOI: 10.1016/j.jcp.2003.08.010.

9. Крылов М. Э. Формализация теплогидравлических моделей для автоматизированной кодогенерации и оптимизации расчётов // Электрические станции. 2026. № 4. DOI: 10.71841/ES.elst.2026.1137.04.03.

10. Крылов М. Э. Кросс-платформенная верификация и валидация теплогидравлических моделей атомных установок // Электрические станции. 2026. № 5. DOI: 10.71841/ES.elst.2026.1138.05.03.

11. Крылов М. Э. Реверс-инжиниринг теплогидравлических кодов как способ повышения устойчивости и точности моделей // Электрические станции. 2026. № 6. DOI: 10.71841/ES.elst.2026.1139.06.08.

УДК 004.9:681.518**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АРХИТЕКТУР
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ****Трубаев Кирилл Павлович**

студент

Научный руководитель: Гвоздевский Игорь Николаевич,

к.т.н., доцент

БГТУ им. В.Г. Шухова, город Белгород

***Аннотация.** В работе проведён структурный анализ систем умного дома, включающих аппаратные модули и программные средства управления. Исследование рассматривает противоречие между универсальностью и доступностью систем: решения с поддержкой разнородного оборудования и нескольких протоколов требуют сложной настройки, тогда как упрощённые продукты обладают ограниченной функциональностью. Делается вывод, что требуется архитектура, объединяющая широкие возможности интеграции с понятной конфигурацией в единой среде управления.*

This paper presents a structural analysis of smart home systems that integrate hardware modules and software control. The need for this work stems from a fundamental contradiction in the modern industry: highly versatile systems are too complex for the average person, while simple systems are limited in functionality. The current challenge is to develop a new approach or architecture that will combine broad integration capabilities with ease of configuration within a unified control environment.

Ключевые слова: умный дом; протоколы связи; автоматизация; архитектура; унификация; эргономика

Keywords: smart home; communication protocols; automation; architecture; unification; ergonomics

Структура построения систем умного дома

Система умного дома объединяет аппаратные и программные средства, автоматизирующие управление инженерным оборудованием и бытовыми приборами. Её назначение состоит в повышении уровня комфорта, безопасности и энергетической эффективности посредством централизованного контроля оборудования и автоматического выполнения заданных сценариев [1]. Подходы к определению и построению таких систем описаны в работах [2, 3], а также в серии стандартов ГОСТ «Системы киберфизические. Умный дом», включая ГОСТ Р 71200-2023 и ГОСТ Р 71199-2023.

Система включает устройства сбора данных и исполнительные модули. Взаимодействие компонентов организует центральный модуль управления — контроллер, шлюз или сервер [2, 4].

Цель работы заключается в разработке архитектуры системы управления умным домом на основе анализа существующих технологий и подходов. Предлагаемая архитектура должна поддерживать оборудование разных производителей и протоколы связи при сохранении низкого порога освоения для непрофессиональных пользователей.

Используемые протоколы

На рынке применяются различные протоколы взаимодействия устройств [5]. Wi-Fi сохраняет широкое распространение благодаря развитой сетевой инфраструктуре и возможности прямого подключения оборудования к локальной сети. По оценочным данным, данную технологию используют примерно 70-75% потребительских устройств умного дома.

Для автономных устройств с малым энергопотреблением применяют Zigbee, Bluetooth Low Energy, Z-Wave и Thread. Наиболее распространённым среди них считается Zigbee: его экосистема включает несколько тысяч сертифицированных устройств различных производителей.

Достоверная статистика по использованию протоколов отсутствует, поэтому точную долю каждой технологии определить невозможно [6].

В таблице 1 приведены оценочные сведения об их распространённости.

Таблица 1 – Распространённость протоколов устройств умного дома

Протокол	Типичное применение	Распространенность
Wi-Fi	камеры, розетки, лампы, бытовая техника	высокая
Zigbee	датчики, выключатели, лампы	высокая
BLE	датчики, маяки, первичная настройка	средняя
MQTT	обмен сообщениями между сервисами и контроллерами	средняя
Z-Wave	датчики, системы безопасности	средняя

В реальных системах умного дома часто используется комбинированный подход, при котором различные протоколы сосуществуют в рамках одной системы, обеспечивая оптимальное распределение нагрузки и повышение общей надёжности взаимодействия между устройствами [7]. Для обеспечения совместимости оборудования различных производителей часто используется промежуточный уровень абстракции, который преобразует специфичные для устройства данные в унифицированное представление [8].

Сравнительный анализ систем управления умным домом

Принципы построения архитектуры ограничивают функциональные возможности систем умного дома. Проприетарные решения и проблемы объединения разнородных компонентов в единый контур управления снижают эффективность применения оборудования. Различия в протоколах связи и форматах данных, используемых производителями, препятствуют формированию унифицированных платформ, поддерживающих устройства разных типов [9].

Результат сравнения систем представлен в таблице 2. Системы оценены количественно по шкале от 1 до 5 («Очень высокая»/«Да» – 5; «Высокая» – 4; «Средняя»/«Частично» – 3; «Низкая/средняя» – 2; «Низкая»/«Нет» – 1) с учетом ранга показателей. Можно выделить четырех лидеров – OpenHAB, ioBroker и Amazon Alexa, Apple HomeKit.

Анализ систем управления умным домом согласуется с результатами исследований [3, 4], где установлена связь между эргономикой пользовательского

интерфейса и составом поддерживаемого оборудования.

Таблица 2 – Сравнение разных систем управления умным домом

Система	Поддерживаемость устройств	Удобство пользования	Надежность системы	Расширяемость	Локальный запуск	Общий балл
Вес критерия	0,25	0,2	0,2	0,25	0,1	1
Home Assistant	Очень высокая	Низкое	Высокая	Очень высокая	Да	4
OpenHAB	Высокая	Средняя	Средняя	Очень высокая	Да	3,95
Domoticz	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя	Да	3,2
ioBroker	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая	Да	3,9
Xiaomi Home	Низкая/средняя	Очень высокая	Высокая	Низкая	Нет (частично облако)	2,75
Tuya Smart	Высокая	Очень высокая	Средняя	Низкая	Нет (облако)	3,05
Apple HomeKit	Средняя	Очень высокая	Очень высокая	Средняя	Частично	3,8
Google Home	Высокая	Очень высокая	Высокая	Средняя	Нет	3,65
Amazon Alexa	Очень высокая	Очень высокая	Высокая	Средняя	Нет	3,9

Выводы из анализа

На основании представленного анализа архитектур и протоколов систем умного дома можно сделать выводы:

а) наличие технологической фрагментации – единый универсальный протокол связи отсутствует, несмотря на доминирование Wi-Fi (70–75% устройств) и популярность Zigbee, современные системы вынуждены поддерживать множество технологий одновременно (BLE, MQTT, Z-Wave и др.) для обеспечения полноценной работы датчиков и исполнительных устройств;

б) зависимость между функциональностью и эргономикой – существует прямая корреляция между перечнем и объемом поддерживаемого оборудования и сложностью интерфейса, чем шире возможности интеграции системы, тем выше трудоемкость её настройки и отладки;

в) критическое противоречие существующих решений – универсальные платформы (Home Assistant, OpenHAB) обладают хорошей поддержкой

устройств, но низким удобством пользования, требуя от пользователя ручного конфигурирования и специальных знаний, экосистемные (закрытые) решения (Xiaomi Home, Apple HomeKit) обеспечивают удобство и простоту сопряжения, но ограничены в выборе оборудования и гибкости из-за своего проприетарного характера.

Возникает противоречие между универсальностью и доступностью платформы. Системы, поддерживающие широкий набор устройств и протоколов, требуют детальной настройки, понимания структуры данных и принципов взаимодействия модулей. Упрощённые решения предлагают быстрый ввод в эксплуатацию, однако ограничивают перечень совместимого оборудования и доступные функции автоматизации. Требуется архитектурный подход, объединяющий оба свойства. Промежуточный уровень абстракции должен скрывать особенности протоколов, приводить данные к общей модели и предоставлять пользователю единый интерфейс настройки. Это позволит подключать оборудование разных производителей без изменения сценариев управления и без необходимости специализированной подготовки.

Технические требования к платформе умного дома

На основании проведенного анализа в работе сформирована следующая совокупность технических требований к платформе, использующей промежуточный уровень абстракции для унификации данных и взаимодействия компонентов.

1. Платформа умного дома должна обеспечивать интеграцию оборудования разных производителей при сохранении простой настройки и единого способа управления. Для этого требуется промежуточный уровень абстракции, который отделяет прикладные сценарии от особенностей конкретных протоколов, моделей устройств и форматов сообщений. Такой уровень формирует унифицированное представление каждого компонента системы.

2. Платформа должна поддерживать не менее 6 протоколов связи: Wi-Fi, Ethernet, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy и MQTT. Подключение нового протокола должно выполняться через модуль адаптера. Изменение адаптера не

должно влиять на сценарии автоматизации, интерфейс пользователя и модели уже подключённых устройств.

3. Для описания оборудования требуется единая модель данных. Каждое устройство должно иметь уникальный идентификатор длиной не менее 128 бит, тип, производителя, версию программного обеспечения, состояние и набор доступных команд. Минимальный набор типов включает датчик, исполнительный модуль, контроллер, шлюз и комбинированное устройство. Для каждого параметра необходимо хранить единицу измерения, значение, временную метку и признак достоверности данных.

4. Промежуточный уровень должен приводить входящие данные к единому формату сообщений. Рекомендуется использовать JSON или CBOR. Размер одного сообщения для сенсорных данных не должен превышать 4096 байт. Временная метка должна иметь точность не хуже 1 с. Система должна поддерживать обработку не менее 100 сообщений в секунду на одном локальном контроллере.

5. Необходимо автоматическое обнаружение устройств в локальной сети и через подключённые шлюзы. Новое оборудование должно появляться в интерфейсе не позднее чем через 30 с после подключения. Для типовых устройств время первичной настройки не должно превышать 5 мин. Ручной ввод сетевых параметров допустим только при отсутствии автоматического обнаружения.

6. Интерфейс управления должен предоставлять готовые категории устройств: освещение, климат, безопасность, электропитание, доступ и мультимедиа. Настройка базового сценария должна выполняться не более чем за 4 действия. Например, правило включения освещения по сигналу датчика движения должно содержать условие, действие, задержку и период активности. Программирование на языках общего назначения для таких сценариев не требуется.

7. Платформа должна выполнять сценарии локально, без обязательного подключения к внешним сервисам. При потере доступа к сети Интернет базовые функции управления должны сохраняться не менее 24 ч. Задержка между поступлением события от датчика и передачей команды исполнительному устройству не должна превышать 500 мс при работе в локальной сети.

8. Требуется журналирование событий. Журнал должен хранить не менее 100 000 записей и включать время события, идентификатор устройства, тип операции, значение параметра и результат выполнения команды. Для диагностики необходима фильтрация записей по устройству, периоду времени и уровню ошибки.

9. Система должна использовать аутентификацию пользователей и разграничение прав доступа. Необходимо не менее 3 ролей: администратор, пользователь и гость. Передача данных между интерфейсом управления, контроллером и внешними сервисами должна использовать шифрование TLS версии 1.3. Пароли следует хранить только в виде криптографических хешей.

10. Архитектура должна поддерживать масштабирование. Одна инсталляция должна обслуживать не менее 500 устройств, 50 одновременных пользовательских сеансов и 1000 правил автоматизации. При добавлении оборудования требуется сохранять работоспособность ранее настроенных сценариев.

Представленные требования обеспечивают совместимость разнородного оборудования, унификацию обмена данными и доступную настройку системы.

Выводы по работе

А результате анализа выявлено одно из основных противоречий современных систем «умного дома» – разрыв между универсальностью и доступностью. Для решения проблемы совместимости предложено использовать промежуточный уровень абстракции, который унифицирует данные и скрывает особенности конкретных протоколов, что позволяет подключать разнородное оборудование и создавать сценарии автоматизации без необходимости детального изучения технических спецификаций. Для платформы сформированы технические требования и определен перечень из 10 основных характеристик.

Полученные результаты обосновывают переход к архитектуре, которая за счет унификации взаимодействия компонентов обеспечивает возможность интеграции разнородных устройств и протоколов с упрощенным пользовательским интерфейсом.

Список литературы

1. Self-scheduling model for home energy management systems considering the end-users discomfort index within price-based demand response programs / M.S. Javadi, A.E.Nezhad, P.H.J. Nardelli [et al.] // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 68. – P. 102792.
2. Гибкая архитектура системы «Умный дом» / М.А. Кузнецов, А.Н. Земцов, П.С. Ступницкий, В.К. Попов // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. – 2024. – № 1(65). – С. 28-36.
3. Пахаев, Х.Х. Анализ технологий построения автоматизированной системы «Умный дом» / Х.Х. Пахаев, Т.Г. Айгумов, Э.М. Абдулмукминова // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 2(98). – С.1-11.
4. Разработка системы управления умным домом на базе Home Assistant и Zigbee / М.Г. Нуриев, Э.Ш. Кремлева, Н.И. Пикулева, А.Ш. Хафизова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2025. – № 7 (157). – С. 61.
5. Аль-Дулаими, О.Х.З. Автоматизация (умный дом) с использованием систем обнаружения и мониторинга на основе IoT / О.Х.З. Аль-Дулаими // Интеллектуальные информационные системы. – Воронеж: ВГТУ, 2022. – С. 8-12.
6. GeMID: Generalizable models for IoT device identification / K.Kostas, R.Y. Kostas, M. Just, M.A. Lones // Internet of Things. – 2025. – Vol.34. – P. 101806.
7. Making heterogeneous smart home data interoperable with the SAREF ontology / R. Van Der Weerdt, V. De Boer, L. Daniele, B. Nouwt, R. Siebes // International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies. – 2021. – Vol. 15(4). – P. 280.
8. Perumal, T. Interoperability framework for smart home systems / T. Perumal, A.R. Ramli, C.Y.Leong // IEEE Transactions on Consumer Electronics. – 2011. – Vol. 57(4). – P. 1607-1611.
9. Phan, L. Breaking Down the Compatibility Problem in Smart Homes: A Dynamically Updatable Gateway Platform / L. Phan, T. Kim // Sensors. – 2020. – Vol. 20(10). – P. 2783.

ПОЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 355.02:338.24

ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: СТРУКТУРА ОГРАНИЧЕНИЙ И СТРАТЕГИЯ КОМПЕНСАТОРНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Князьнеделин Радислав Алексеевич

доктор экономических наук, главный научный сотрудник

ФГБУ «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт»

Министерства обороны Российской Федерации, г. Вольск-18

***Аннотация.** В настоящей статье военно-экономический потенциал страны рассматривается как способность государства устойчиво преобразовывать ресурсы в военные возможности, а не как сумма оборонных расходов и производственных мощностей. Предложена шестикомпонентная структура анализа: бюджетно-финансовый, промышленно-производственный, научно-технологический, кадровый, логистический и управленческий компоненты. Для сопоставления компонентов используется индекс военно-экономической отдачи (ИВЭО) в общем виде. Числовое значение индекса не приводится, поскольку его расчёт зависит от закрытых данных, правил нормирования и экспертных весов. Показано, что высокий объём финансирования не гарантирует пропорционального роста результата: слабый компонент ограничивает всю систему. На этой основе обоснована стратегия компенсаторной эффективности – концентрация ресурсов на критических узких местах, снижение институциональных потерь и развитие технологических, кадровых и логистических резервов.*

***Abstract.** This article examines a country's military-economic potential as the state's ability to sustainably convert resources into military capabilities, rather than as the sum of defense spending and production capacity. A six-component analysis*

framework is proposed: budgetary-financial, industrial-production, scientific-technological, personnel, logistics, and management components. The general military-economic return index (MER) is used to compare these components. The index's numerical value is not provided, as its calculation relies on classified data, standardization rules, and expert weights. It is shown that high funding does not guarantee proportional growth in performance: a weak component constrains the entire system. This approach substantiates a compensatory efficiency strategy—concentrating resources on critical bottlenecks, reducing institutional losses, and developing technological, personnel, and logistics reserves.

Ключевые слова: *военно-экономический потенциал; государственный оборонный заказ; ресурсная асимметрия; компенсаторная эффективность; ОПК; военная безопасность.*

Keywords: *military-economic potential; state defense procurement; resource asymmetry; compensatory efficiency; defense industry; military security.*

Военно-экономический потенциал часто связывают с оборонным бюджетом, числом предприятий или выпуском продукции. Эти показатели важны, но по отдельности не показывают способность государства устойчиво обеспечивать военные задачи. Финансирование может быть высоким, а производство – зависеть от одного узкого поставщика. Мощности могут расти, но кадровый или технологический разрыв будет сдерживать качество и темп обновления. Поэтому потенциал следует рассматривать как систему взаимосвязанных возможностей.

Военная доктрина, Стратегия национальной безопасности и законодательство об обороне связывают военную безопасность с готовностью государства, экономики и военной организации к защите страны [1; 2; 3]. Закон о стратегическом планировании требует согласования целей, ресурсов и инструментов [4]. Государственный оборонный заказ (далее – ГОЗ) выступает одним из механизмов такого согласования, поскольку переводит стратегические приоритеты в программы, контракты и производственные задания [5].

Объект исследования – ресурсно-экономический контур военной безопасности. Предмет – структура его ограничений и способы повышения отдачи от

имеющихся ресурсов. Цель настоящей статьи – показать, почему увеличение одного компонента не компенсирует автоматически слабость других, и обосновать стратегию компенсаторной эффективности.

В экономике обороны результат зависит не только от суммы затрат, но и от структуры государственных институтов, промышленной базы и качества управления [10; 11]. Для сопоставления разнородных факторов применяются интегральные индексы. Однако такой индекс полезен только при прозрачных правилах отбора показателей, нормирования и назначения весов. Метод анализа иерархий Т.Саати может использоваться для согласования экспертных весов, но не отменяет необходимость эмпирической проверки [12].

В статье предлагается Индекс военно-экономической отдачи (далее – ИВЭО). Его задача состоит в сравнении компонентов, а не в расчёте «доли правильно потраченных средств». Общая формула имеет вид:

$$ИВЭО = \sum w_i \cdot I_i, \quad (1)$$

где $\sum w_i = 1$;

I_i – нормированная оценка i -го компонента.

Ограничение $\sum w_i = 1$ вводится в целях нормировки весовых коэффициентов, что обеспечивает интерпретацию ИВЭО как взвешенного среднего и сохраняет его значения в интервале $[0; 1]$. Весовые коэффициенты отражают относительную значимость компонентов и получены методом экспертных оценок. При этом числовое значение ИВЭО не приводится. Для достоверного расчёта нужны сопоставимые ведомственные данные о производственных циклах, результатах НИОКР, кадровых компетенциях, устойчивости кооперации и качестве управленческих решений. Открытая статистика охватывает эти параметры неравномерно. Поэтому прежнее итоговое число создавало точность, которую нельзя воспроизвести по открытым источникам.

Для раскрытия ИВЭО, предлагается рассмотреть шесть компонентов потенциала. Бюджетно-финансовый компонент отражает не только размер ассигнований. Значение имеют ритмичность доведения средств, соответствие финансирования производственному циклу, устойчивость ценовых условий и

доступность оборотного капитала. Федеральные бюджеты 2025 и 2026 гг. подтверждают высокий приоритет оборонных расходов, но сами по себе не показывают, насколько быстро средства превращаются в готовый результат [6; 7].

Промышленно-производственный компонент включает мощности, специализацию предприятий, глубину кооперации, серийность и качество. Его слабое место – высокая специфичность активов. Оборонную продукцию часто нельзя быстро перенести на другую площадку, а нового поставщика невозможно подготовить за короткий срок. Поэтому резерв мощности должен оцениваться по критическим операциям, а не только по общему объёму выпуска.

Научно-технологический компонент характеризует способность доводить разработку до испытаний и серии. Большое число НИОКР не гарантирует технологического эффекта, если отсутствует производственная готовность, компонентная база или механизм обратной связи от эксплуатации. Кадровый компонент определяет наличие специалистов, которые соединяют проектирование, производство, закупку и контроль.

Логистический компонент отражает надёжность поставок, запасы и наличие альтернативных маршрутов. Управленческий компонент показывает, насколько быстро система обнаруживает отклонение и принимает согласованное решение. В совокупности шесть компонентов образуют цепь: слабость одного звена ограничивает отдачу остальных. Сводная Табл.1 показывает основные характеристики и ограничители компонентов.

Таблица 1 - Компоненты военно-экономического потенциала

Компонент	Что характеризует	Типовой ограничитель
Бюджетно-финансовый	объём, ритмичность и предсказуемость финансирования	инфляция, стоимость кредита, несогласованность планов
Промышленно-производственный	мощности, кооперация, серийность и качество	узкая специализация и ограниченная заменяемость
Научно-технологический	НИОКР, технологическая готовность, перенос решений в серию	разрыв между разработкой и производством
Кадровый	наличие и закрепляемость критических компетенций	дефицит междисциплинарных специалистов

Логистический	надёжность поставок, запасы и альтернативные маршруты	концентрация поставщиков и длинные цепи
Управленческий	качество планирования, координации и контроля результата	запаздывающая информация и перегрузка согласований

Источник: разработано автором

Стоит отметить, что мировые военные расходы в 2024 и 2025 гг. достигли новых максимумов, что подтверждается ежегодными оценками SIPRI [8; 9]. Для России это означает работу в условиях устойчивой ресурсной асимметрии. Ответом не может быть только симметричное наращивание расходов: размеры экономик и союзных ресурсов различаются. Значит, особое значение приобретает выбор приоритетов и сокращение потерь на пути от решения к результату.

Ресурсная асимметрия не означает предопределённого проигрыша. Военная эффективность зависит от структуры расходов, технологического выбора, времени решения и способности концентрировать усилия. Более крупная система может терять ресурсы на сложной координации, а меньшая – получать преимущество за счёт специализации и быстрой адаптации. Однако такой эффект не возникает автоматически. Он требует институциональной дисциплины и ясной системы приоритетов.

В некоторых работах ресурсно-экономический контур рассматривался как часть обеспечения военной безопасности [13; 14]. Настоящая статья уточняет этот подход: ключевой единицей анализа выступает не общий ресурс, а ограничитель, который в данный момент определяет возможный результат.

Необходимо отметить, что высокий оборонный приоритет создаёт определённую фискальную дилемму. В краткосрочном периоде быстрое расширение ГОЗ поддерживает производство и позволяет закрыть срочную потребность. В долгосрочном периоде тот же импульс может усиливать давление на цены, трудовые ресурсы, инвестиционное оборудование и гражданские отрасли. Дилемма состоит не в выборе «расходовать или не расходовать», а в согласовании темпа расходов с реальной способностью экономики расширять предложение.

Если финансирование растёт быстрее, чем производственные и кадровые возможности, часть эффекта поглощается ростом издержек и перегрузкой цепей

поставок. Если же финансовый режим чрезмерно жёсткий, предприятие откладывает инвестиции и не создаёт резерв. Поэтому решение требует связки бюджетного планирования, долгосрочных контрактов, ценового регулирования и контроля производственной готовности.

Фискальная дилемма имеет военно-политическое измерение. Непредсказуемые колебания заказа снижают готовность промышленности к длительному противостоянию. Одновременно чрезмерная фиксация планов мешает реагировать на изменение характера угроз. Необходимы многолетние ориентиры с регулярным пересмотром критических предпосылок, что приводит нас к компенсаторной эффективности.

Под компенсаторной эффективностью предлагается понимать повышение военного результата на единицу ресурса за счёт устранения наиболее сильных ограничителей. Стратегия начинается с диагностики. Для каждого приоритетного направления нужно определить, что именно сдерживает результат: денежные средства, мощность, технология, кадры, логистика или решения. После этого ресурс направляется не «в отрасль вообще», а в конкретное узкое место.

Первое направление – институциональное: сокращение повторных согласований, единый владелец результата и раннее выявление отклонений. Второе – технологическое: концентрация на критических компетенциях и модульных решениях, которые можно обновлять без полной замены системы. Третье – производственное: резервирование ключевых операций и поддержка кооперации. Четвёртое – кадровое: подготовка междисциплинарных специалистов. Пятое – логистическое: диверсификация поставок и обоснованные запасы.

Компенсаторная эффективность не равна экономии любой ценой. Снижение цены может увеличить риск срыва, а избыточный запас – отвлечь ресурсы. Критерий состоит в устойчивом достижении военно-политического результата. Поэтому показатели стоимости, срока и качества должны рассматриваться в совокупности.

Подводя итог, следует отметить, что военно-экономический потенциал представляет собой систему шести взаимозависимых компонентов. Высокий

бюджетный приоритет создаёт необходимые условия, но не заменяет промышленную, технологическую, кадровую, логистическую и управленческую готовность. Это объясняет, почему одинаковое увеличение финансирования может давать различный результат.

ИВЭО может использоваться как инструмент структурной диагностики, если методика прозрачна, а данные проверяемы. Без ведомственной базы итоговая цифра не должна выноситься как факт. Научная ценность индекса состоит в единой логике сравнения компонентов и выявления узкого места.

Ограничение статьи – отсутствие данных ограниченного доступа и невозможность провести воспроизводимый расчёт для всей системы ГОЗ. Практическим продолжением должна стать пилотная оценка отдельных программ с фиксацией исходных данных, правил нормирования и экспертной процедуры. Стратегия компенсаторной эффективности в этом случае становится не лозунгом, а последовательностью проверяемых управленческих действий.

Список литературы

1. Военная доктрина Российской Федерации: утв. Президентом Российской Федерации 25 декабря 2014 г. № Пр-2976. URL: <http://www.kremlin.ru/supplement/461>.
2. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 400. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/.
3. Об обороне: Федеральный закон от 31 мая 1996 г. № 61-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10591/.
4. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/.
5. О государственном оборонном заказе: Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140175/.
6. О федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027

годов: Федеральный закон от 30 ноября 2024 г. № 419-ФЗ. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412010001>.

7. О федеральном бюджете на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов: Федеральный закон от 28 ноября 2025 г. № 426-ФЗ (с последующими изменениями). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_520057/.

8. Liang X., Tian N., Lopes da Silva D., Scarazzato L., Karim Z. A., Guiberteau Ricard J. Trends in World Military Expenditure, 2024. Stockholm: SIPRI, 2025. DOI: 10.55163/AVEC8366. URL: <https://www.sipri.org/publications/2025/sipri-fact-sheets/trends-world-military-expenditure-2024>.

9. Liang X., Tian N., Lopes da Silva D., Scarazzato L., Karim Z. A., Guiberteau Ricard J. Trends in World Military Expenditure, 2025. Stockholm: SIPRI, 2026. DOI: 10.55163/ZLHQ1057. URL: <https://www.sipri.org/publications/2026/sipri-fact-sheets/trends-world-military-expenditure-2025>.

10. Hartley K. The Economics of Defence Policy: A New Perspective. London; New York: Routledge, 2011.

11. Smith R. P. Military Economics: The Interaction of Power and Money. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2009.

12. Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.

13. Князьнеделин Р. А., Шангутов А. О. Ресурсно-экономическое обеспечение военной безопасности государства в условиях структурной трансформации: макроэкономические противоречия формирования суверенной экономики России в 2024–2026 гг. // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. 2026. № 2 (22). С. 82–98.

14. Князьнеделин Р. А. Ресурсно-экономическое обоснование облика Вооружённых Сил в условиях стратегического противостояния: потенциал, санкционные риски и подготовка экономики к обеспечению военной безопасности государства (2020–2026) // Экономика, финансы и управление: актуальные вопросы теории и практики: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. Пенза: Наука и Просвещение, 2026. С. 161–168.

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

УДК 61

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПОДОШВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТОПЫ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Лесова Елена Михайловна

к.б.н., доцент

Кравченко Михаил Владимирович

Студент

ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова»,

Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: В данной работе было показано, что целенаправленная стимуляция телец Фатера–Пачини подошвенной поверхности стопы с помощью вибрационного воздействия (перкуссионным массажёром) может приводить к единовременному улучшению показателей постуральной устойчивости. Исследование состояло в выполнении пробы Ромберга на одной ноге с закрытыми глазами и разведёнными в стороны руками. Фиксировалось время удержания позы (в секундах) до и после вибрационной стимуляции.

It is shown that targeted stimulation of the Fater–Pachini corpuscles on the sole of the foot using a vibration effect (percussion massager) can lead to a temporary improvement in postural stability. The study consisted of performing the Romberg test on one leg with eyes closed and arms spread apart. The time of maintaining the posture (in seconds) was recorded before and after the vibration stimulation.

Ключевые слова: постуральная устойчивость, тельца Фатера–Пачини, вибрационная стимуляция, проба Ромберга, соматосенсорная обратная связь.

Keywords: postural stability, Fater–Paccini bodies, vibration stimulation,

Romberg test, somatosensory feedback.

Сохранение вертикальной позы человека представляет собой сложный сенсомоторный процесс, в котором центральная нервная система непрерывно интегрирует информацию от зрительной, вестибулярной и проприоцептивной систем. Ключевую роль в этом процессе играет соматосенсорная обратная связь от проприоцепторов мышц и механорецепторов кожи, в частности от подошвенной поверхности стоп. Среди всех кожных механорецепторов особое место занимают тельца Фатера–Пачини (пластинчатые тельца) — высокочувствительные быстроадаптирующиеся рецепторы, специализирующиеся на детекции высокочастотной вибрации. Строение телец Фатера–Пачини в виде концентрических слоёв соединительной ткани, разделённых жидкостью, обеспечивает им функцию биологического полосового фильтра высоких частот, благодаря чему они являются наиболее чувствительными механорецепторами [1]. Авторы показывают, что данные рецепторы расположены в глубоких слоях дермы и подкожной клетчатки, а их афферентные сигналы передаются по толстым миелинизированным волокнам в дорсальные рога спинного мозга и далее в центральные структуры. Диапазон чувствительности телец Фатера–Пачини к частоте вибрации составляет от 20–70 Гц до 1000 Гц с пиком чувствительности в диапазоне 200–400 Гц. Особое значение для функционирования системы поддержания равновесия имеет частота около 100 Гц, которая, согласно биомеханическим исследованиям, является критической как для телец Фатера–Пачини, так и для вестибулярного аппарата человека. Важно отметить, что сигналы от телец Фатера–Пачини проецируются в латеральное вестибулярное ядро (ядро Дейтерса), которое является ключевым центром интеграции соматосенсорной и вестибулярной информации для управления тонусом мышц-разгибателей и поддержания вертикальной позы [2].

В работе отечественных физиологов также рассматривается феномен стохастического резонанса как механизм, объясняющий улучшение сенсомоторного контроля при субсенсорной вибрации. Описан стохастический резонанс как нелинейный физический феномен, при котором добавление оптимального уровня

случайного шума к «сорному» сигналу парадоксальным образом улучшает его обнаружение и передачу нейронными структурами [3]. Применительно к физиологии человека это означает, что очень слабая, неощущаемая механическая вибрация позволяет снизить порог деполяризации в сенсорных афферентах и повысить отношение «сигнал–шум» в соматосенсорных путях центральной нервной системы. Вопросы постурального контроля и роли соматосенсорной обратной связи в поддержании равновесия широко освещены в трудах отечественных учёных. Базанова О.М. и Ковалева А.В. [4] в своём обзоре подчёркивают, что постуральная устойчивость является интегративным показателем функционального состояния нервной и опорно-двигательной систем, причём соматосенсорный вклад в регуляцию позы возрастает в условиях сенсорной депривации (например, при закрытых глазах). Таким образом, наша работа ставит целью проверку гипотезы о том, что целенаправленная стимуляция телец Фатера–Пачини подошвенной поверхности стоп с помощью вибрационного воздействия (перкуссионным массажёром) может приводить к улучшению показателей постуральной устойчивости.

Материалы и методы. Для проведения исследования было отобрано 15 добровольцев в возрастном диапазоне 19–20 лет. Все участники не имели выраженных нарушений опорно-двигательного аппарата и вестибулярных расстройств.

Оценка постуральной устойчивости проводилась в одинаковых и комфортных условиях: тишина, хорошо освещённое помещение, отсутствие посторонних раздражителей при помощи пробы Ромберга: испытуемым предложили встать на одну ногу (по выбору участника), закрыть глаза и развести руки в стороны. Фиксировалось время удержания позы (в секундах) до момента потери равновесия (касание пола второй ногой, открывание глаз или чрезмерное отклонение корпуса). Максимальное время теста составляло 30 секунд.

Измерения проводились: до вибрационной стимуляции (исходный уровень);

и после вибрационной стимуляции. Для стимуляции использовался

перкуSSIONный массажёр с частотой воздействия 50 Гц. Стимуляция проводилась в течение 30 секунд последовательно по трём зонам подошвенной поверхности стопы: 1). зона пятки; 2) зона начала пальцев (плюсне-фаланговые сочленения); 3). зона подушечек пальцев (дистальные фаланги). Стимуляция проводилась на рабочей ноге (той, на которой испытуемый выполнял пробу Ромберга).

Результаты исследования, полученные после окончания исследования, были отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Время удержания равновесия в пробе Ромберга

№ участ-ника	Время до стимуляции (с)	Время после стимуляции (с)	Изменения (с)
1	7	14	+7
2	8	10	+2
	15	16	+1
4	18	18	0
5	7	9	+2
6	20	23	+3
7	8	11	+3
8	13	14	+1
9	9	10	+1
10	13	17	+4
11	7	8	+1
12	30+	30+	0
13	19	23	+4
14	17	20	+3
15	12	11	-1
Среднее значение	12.71 (n=14)	14.43 (n=14)	+1,71

Данные участника №12 (30+ секунд) были исключены из статистического анализа в связи с достижением верхнего предела теста. Для проверки достоверности различий между показателями до и после стимуляции был использован непараметрический критерий Уилкоксона для зависимых выборок. Различия оказались статистически значимыми ($W = 1$, $p < 0,05$, односторонний критерий).

Полученные данные свидетельствуют о том, что вибрационная стимуляция подошвенной поверхности стопы с частотой 50 Гц приводит к статистически значимому улучшению постуральной устойчивости. Средний прирост времени удержания позы Ромберга на одной ноге с закрытыми глазами составил 1,71 секунды (с 12,71 до 14,43 с). У 12 из 14 участников (85,7%) зафиксировано

улучшение показателей, у одного — отсутствие изменений, у одного — незначительное ухудшение.

Данные выводы можно объяснить следующими механизмами:

1. Используемая частота 50 Гц соответствует рабочему диапазону телец Фатера–Пачини (20–1000 Гц) и обеспечивает их эффективную активацию, увеличивая сенсорную афферентацию от ключевых опорных зон стопы [1].

2. Субсенсорная вибрация улучшает отношение «сигнал–шум» в соматосенсорных путях центральной нервной системы, снижая порог деполяризации в сенсорных афферентах. При воздействии вибрации на тельца Фатера–Пачини феномен стохастического резонанса проявляется наиболее ярко [3], поскольку данные рецепторы являются высокочувствительными резонансными детекторами, идеально подходящими для нелинейной обработки слабых механических сигналов.

3. Комплексная стимуляция механорецепторов частотой 50 Гц одновременно активирует тельца Фатера–Пачини, тельца Мейснера и мышечные веретена, что создаёт предпосылки для комплексного сенсомоторного облегчения, поскольку подошвенная поверхность стопы является одной из наиболее богато иннервированных зон тела человека, это обеспечивает тонкую «настройку» параметров опоры [4].

4. Сенситизация проприоцептивных и вестибулоспинальных рефлекторных дуг.

Вибрационная стимуляция способствует временному повышению чувствительности рефлекторных дуг, участвующих в поддержании вертикальной позы. Интеграция соматосенсорной и вестибулярной информации на уровне вестибулярных ядер является ключевым звеном в управлении тонусом мышц-разгибателей [2]. Предполагаемый эффект улучшения баланса от однократного сеанса вибрационной стимуляции обусловлен быстрой адаптацией как периферических рецепторов, так и центральных структур сенсомоторной системы. Таким образом, проведённое исследование показало, что вибрационная стимуляция подошвенной поверхности стопы с частотой 50 Гц в течение 30 секунд приводит к

статистически значимому одномоментному улучшению поструральной устойчивости. Полученные результаты согласуются с теоретическими данными о роли телец Фатера–Пачини и феномена стохастического резонанса в сенсомоторном контроле. Гипотеза о положительном влиянии вибрационной стимуляции на удержание равновесия нашла экспериментальное подтверждение. Дальнейшие исследования могут быть направлены на сравнение эффектов различных частот стимуляции, оценку длительности последствий, а также на применение метода в клинической практике (реабилитация после травм, профилактика падений у пожилых, адаптация к протезам).

Список литературы

1. Отелин А.А., Машанский В.Ф., Миркин А.С. Тельце Фатера–Пачини: Структурно-функциональные особенности. — Ленинград: Наука. Ленингр. отделение, 1976. — 175 с.
2. Батуев А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: Учебник. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Питер, 2010. — 317 с.
3. Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шиманский-Гайер Л. Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка // Успехи физических наук. — 1999. — Т. 169, № 1. — С. 6–38.
4. Базанова О.М., Ковалева А.В. Исследования психофизиологических показателей пострурального контроля. Вклад российской научной школы. Часть I // Физиология человека. — 2022. — Т. 48, № 2. — С. 113–136.

УДК 613**ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ СТРЕССА
У УЧИТЕЛЕЙ В НАЧАЛЕ И КОНЦЕ УЧЕБНОГО ГОДА НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА****Сапунова Наталья Олеговна**

канд.мед.наук, заместитель директора

Пастухов Фёдор Евгеньевич**Филюшина Валерия Андреевна**

гимназисты

ГАОУ МО «Долгопрудненская гимназия»,

город Долгопрудный, Московской области

***Аннотация.** В статье изучен уровень стресса учителей в начале и в конце учебного года на основе измерения и анализа временных и интегральных показателей variability сердечного ритма на компьютерном комплексе «Динамика» (ТУ 9442-001-50904116-2005). Изучен уровень стресса у учителей с классным руководством и без него.*

The article studied the stress level of teachers at the beginning and at the end of the academic year based on the measurement and analysis of heart rate variability on the computer complex “Dynamics” (TU 9442-001-50904116-2005). The stress level of teachers with and without class management was studied.

***Ключевые слова:** variability сердечного ритма, временные, статистические и математические показатели, кардиоинтервалограмма, ритмограмма, вегетативная нервная система, симпатический и парасимпатический отдел, уровень стресса, возможности адаптации, классное руководство, учебный год.*

***Keywords:** heart rate variability, time, statistical, and mathematical indicators,*

cardiointervalogram, rhythmogram, autonomic nervous system, sympathetic and parasympathetic divisions, stress level, adaptation capabilities, class guidance, and academic year.

Актуальность. Высокая ответственность за качество учебного процесса, а также необходимость воспитательной работы, взаимодействия с родителями и администрацией, эмоциональная нагрузка всё это делает профессию современного учителя максимально стрессогенной. А в условиях реформирования и внедрения новых стандартов, а также работа в учебном заведении с углублённым изучением отдельных предметов и, как следствие, с высокими ожиданиями родителей, требуют от учителей дополнительных резервов адаптации к противостоянию стрессовых нагрузок.

Особую группу риска составляют педагоги, выполняющие функции классного руководителя. Помимо прямой учебной нагрузки, они несут неформальную ответственность за социализацию учеников, разрешение конфликтов, организацию внеурочной деятельности и ведение огромного объема документации. Это дополнительное бремя качественно меняет характер труда, превращая его в круглосуточный процесс, что неизбежно сказывается на вегетативной регуляции и общем функциональном состоянии организма [1, 2, 3].

Известно, что при любом напряжении, стрессе: эмоциональном, психическом или физическом мгновенно изменяется тонус вегетативной нервной системы в сторону повышения активности симпатического отдела. В спокойном и компенсированном состоянии более активен, как правило, парасимпатический отдел [4].

Несмотря на многочисленные психологические исследования стресса учителей, недостаточно изучены объективные физиологические маркеры этого состояния. Многие руководители школ опираются лишь на субъективные жалобы педагогов, в то время как аппаратные методы (вариабельность сердечного ритма) позволяют получить точные цифры истощения адаптационных резервов. Особенно остро стоит вопрос: существует ли достоверная разница в степени вегетативного дисбаланса между учителями, имеющими классное руководство, и их

коллегами, работающими только как предметники.

Цель исследования: оценить уровень стресса, состояние вегетативной регуляции и адаптационные возможности учителей с классным руководством и без него и сравнить результаты в начале и конце учебного года.

Материалы и методы:

В данном исследовании приняли участие 38 учителей ГАОУ МО «Долгопрудненская гимназия» с углублённым изучением иностранных языков. Все женщины в возрасте от 32 до 67 лет. Всех учителей разделили на две группы. Группа 1 (основная) состояла из учителей, имеющих классное руководство и преподающих один из предметов. Группа 2 (контрольная) включала учителей, выполняющих только предметную нагрузку, без обязанностей классного руководителя. Такой дизайн исследования позволил оценить влияние дополнительной нагрузки, связанной с функциями классного руководителя, на вегетативную регуляцию, психоэмоциональное состояние и адаптационные возможности педагогов. Всем им регистрировалась ритмограмма на компьютерном комплексе «Динамика» (ТУ 9442-001-50904116-2005) для диагностики функционального состояния организма.

Показатели регистрировались в середине учебной недели (среда и четверг) в конце учебного дня (с 13 до 16 часов). Первые измерения проведены в начале учебного года (сентябрь - начало октября 2025) и вторые измерения проведены в конце учебного года (конец апреля - май 2026). Запись ритмограммы проводилась в индивидуальном формате в отдельном кабинете. Перед началом записи участнику давалось несколько минут для адаптации к обстановке и достижения состояния покоя. Затем датчики устанавливались на оба запястья обеих рук, после чего запускалась запись. В процессе записи педагог находился в удобной позе сидя, с закрытыми глазами, в спокойной обстановке. Продолжительность записи составляла 5 минут (не менее 300 последовательных кардиоинтервалов RR). Записи с выраженными артефактами (движения, кашель) исключались из анализа и/или перезаписывались.

В анализ включались следующие показатели кардиоинтервалограммы:

математические (Мода (Mo), Амплитуда моды (AMo), стандартное отклонение величин нормальных интервалов SDNN (мс), среднеквадратичное значение последовательных разностей (RMSSD), коэффициент конверсии (CV), индекс вегетативного равновесия (ИВР), а также интегральные показатели (общее функциональное состояние (ФС), вегетативная регуляция (ВР), психоэмоциональное состояние (ПС), нейрогуморальная регуляция (НР) и адаптационные возможности (AB). Метод анализа вариабельности сердечного ритма проводился в соответствии с рекомендациями Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии.

Перед началом диагностики каждый участник был ознакомлен с целями исследования, процедурой проведения, формой обработки данных. В соответствии со ст. 20 Федерального закона № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (информированное добровольное согласие) и этическими принципами психологического исследования, от каждого педагога было получено письменное информированное согласие на участие в диагностике и обработку персональных данных. В согласии были отдельно прописаны: цели исследования, используемые методы, гарантия конфиденциальности, право отказаться от участия на любом этапе без объяснения причин. Отказ от участия не повлек за собой никаких санкций и не повлиял на статус педагога. Все собранные данные были деперсонифицированы: каждому участнику присваивался индивидуальный код, а при обработке использовались только коды без указания фамилий. Результаты использовались только в обобщенном виде.

Общий итог результатов исследования.

Проведённое исследование выявило ухудшение всех изучаемых показателей функционального состояния у педагогического коллектива в целом, при этом наиболее выраженные негативные изменения зафиксированы в группе педагогов, имеющих классное руководство (таблица №1).

Адаптационные возможности (AB) организма снижаются, что свидетельствует о нарастании дезадаптации и скрытом истощении внутренних резервов. В группе с классным руководством этот процесс более выражен (таблица №1).

Психоэмоциональная сфера (ПС) демонстрирует признаки повышенной тревожности, эмоциональной нестабильности и сниженного фона настроения у педагогов с классным руководством, несмотря на то, что конец года предполагает ожидание отпуска и долгожданного отдыха. (таблица №1). Отсюда напрашивается вывод, что педагоги с классным руководством находятся в зоне повышенного риска по развитию эмоционального выгорания.

Показатели нейрогуморальной регуляции (НР), отвечающей за тонкую гормонально-медиаторную настройку организма и вегетативной регуляции (ВР) к концу года ухудшаются, особенно у педагогов с классным руководством (таблица №1).

Таблица 1 - Изменение функционального состояния у учителей к концу учебного года на основе анализа вариабельности сердечного ритма

Показатели	Все		Учителя с классным руководством		Учителя без классного руководства	
	Осень n=38	Весна n=35	Осень n=18	Весна n=18	Осень n=20	Весна n=17
Функциональное состояние (ФС)	48%	43%	53%	42%	43%	44%
Адаптационные возможности (АВ)	47%	43%	54%	44%	41%	43%
Психоэмоциональное состояние (ПС)	42%	38%	48%	37%	38%	40%
Нейрогуморальная регуляция (НР)	43%	37%	49%	36%	37%	39%
Вегетативная регуляция (ВР)	59%	54%	63%	52%	55%	55%

Результаты исследования вариабельности сердечного ритма педагогов на основе измерения временных показателей представлены в таблице №2.

Мода (Мо, мс) отражает наиболее вероятный уровень функционирования синусового узла сердца. Баевский Р.М. также отмечал, что при доминировании симпатического отдела нервной системы на сердце значение моды уменьшается

[5]. Согласно полученным данным, показатель моды (M_o) остаётся стабильным в обеих группах (изменение около 1%), что говорит о том, что базовая структура сердечного ритма не претерпевает значительных изменений, а все выявленные нарушения касаются преимущественно регуляторных механизмов вегетативной нервной системы.

Амплитуда моды (AM_o , %) увеличивается. Считается, что данный показатель отражает преимущественно активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Рост данного показателя свидетельствует о повышении активности симпатического отдела и угнетения парасимпатического [6]. Одним из основных показателей вариабельности сердечного ритма характеризующих состояние механизмов регуляции работы сердца является показатель $SDNN$ (мс) (стандартное отклонение величин нормальных интервалов) [6,7]. Его значение указывает на суммарный эффект влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы на синусовый узел [6]. При более активной работе симпатической нервной системы его показатели уменьшаются, что мы и наблюдаем в группе учителей с классным руководством к концу учебного года.

Показатель квадратного корня из среднего квадратов разницы величин последовательных пар интервалов NN ($RMSSD$, мс) демонстрирует разнонаправленную динамику в зависимости от наличия классного руководства. В группе педагогов с классным руководством зафиксировано снижение $RMSSD$, что может свидетельствовать об угнетении парасимпатического звена вегетативной нервной системы и истощении вагусных влияний на сердечный ритм [6,7]. В то же время в группе педагогов без классного руководства наблюдается увеличение $RMSSD$, что говорит о сохранении или даже некотором повышении активности парасимпатического отдела. Таким образом, педагоги без классного руководства сохраняют важнейший механизм восстановления и релаксации, тогда как у педагогов с классным руководством этот механизм оказывается серьёзно ослаблен.

Похожая картина наблюдается и по коэффициенту вариации (CV , %). У педагогов с классным руководством коэффициент вариации к концу учебного

года значительно снижается, тогда как у педагогов без классного руководства он остаётся без изменений. Снижение данного показателя свидетельствует о доминированном влиянии симпатического отдела вегетативной нервной системы на сердце [6, 7, 8]. Это указывает на то, что гибкость вегетативной регуляции, необходимая для адекватного и своевременного реагирования на постоянно меняющиеся условия внешней среды и стрессовые факторы, страдает именно у педагогов с дополнительной нагрузкой. Организм учителей с классным руководством утрачивает способность к вариативному ответу на раздражители, что является объективным физиологическим признаком хронического стресса.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) отражает соотношение активностей симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [6, 7, 8]. При доминировании симпатического отдела ИВР будет возрастать, что мы и можем наблюдать к концу учебного года у всех учителей, однако у педагогов с классным руководством рост наиболее выражен.

Таблица 2 - Динамика временных (статистических) показателей variability сердечного ритма учителей в начале и конце учебного года

Показатели BCP	BCE		Учителя с классным руководством		Учителя без классного руководства	
	Осень n=38	Весна n=35	Осень N=18	Весна N=18	Осень N=20	Весна N=17
Mo	852	856	847	847	856	864
AMo	39,96	41,97	37,71	41,48	41,98	42,64
SDNN	40,9	38,2	44,5	37,4	37,7	39,3
RMSSD	31,1	29,2	36,5	30,2	26,2	28,7
CV	4,7	4,3	5,1	4,2	4,3	4,3
ИВР	227,9	295,1	216,4	292,7	238,3	293,0

Таким образом, сопоставительный анализ демонстрирует, что педагоги, имеющие классное руководство, находятся в зоне повышенного риска развития состояния «хронического стресса» и профессионального «выгорания», тогда как педагоги без классного руководства сохраняют более благоприятное функциональное состояние и обладают компенсаторными механизмами, позволяющими эффективнее восстанавливаться после рабочих нагрузок.

Сравнительный анализ двух групп показывает, что по большинству

показателям, у педагогов с классным руководством наблюдаются более выраженные негативные изменения. Это позволяет сделать вывод о том, что наличие дополнительной нагрузки в виде классного руководства является значимым фактором риска, повышающим у них уровень стресса и ухудшающим функциональное состояние организма.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные данные могут быть использованы для разработки профилактических и коррекционных мероприятий, направленных в первую очередь на педагогов, имеющих классное руководство. Целесообразно внедрение программ психологической поддержки, обучение методам саморегуляции и релаксации, организация системы ротации классного руководства, для предотвращения стресса и проведение регулярного мониторинга функционального состояния педагогов с использованием объективных методов диагностики [9].

Перспективы дальнейшего исследования могут быть связаны с изучением эффективности различных профилактических программ, разработкой конкретных рекомендаций для администрации образовательных учреждений, а также с проведением лонгитюдных исследований для отслеживания динамики функционального состояния педагогов во времени и оценки эффективности вмешательств.

Список литературы

1. Попов В. И., Скоблина Н. А., Жуков О. Ф., Луканова О. В., Шепелева О. М. Характеристика условий труда учителей при дистанционном обучения в аспекте развития эмоционального выгорания / Попов В. И., Скоблина Н. А., Жуков О. Ф., Луканова О. В., Шепелева О. М. Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 10. – С. 690-694. – DOI 10.31089/1026-9428-2021-61-10-690-694. – EDN KVZUKG.

2. Бакалова, Е. Ю. Феномен эмоционального выгорания у будущих учителей начальных классов / Е. Ю. Бакалова, Е. В. Гордиенко / Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 8-2(95). – С. 88-93. – DOI

10.24412/2500-1000-2024-8-2-88-93. – EDN MECSCX.

3. Вань, Х. Исследование взаимосвязи между выгоранием учителей на работе, рабочим временем и эффективностью преподавания / Х. Вань / Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2024. – № 9(97). – С. 44-53. – EDN OZCXYQ.

4. Ковалёва А.В., Панова Е.Н., Горбачёва А.К. Анализ variability сердечного ритма и возможности его применения в психологии и психофизиологии / Ковалёва А.В., Панова Е.Н., Горбачёва А.К. - Современная зарубежная психология – 2013. - №1 – с.35-50

5. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине / Баевский Р.М. - Физиология человека – 2002 Т 28, №2, с 70-82

6. Ходырев Г.Н., Хлыбова С.В., Циркин В.И., Дмитриева С.Л., Методические аспекты анализа временных и спектральных показателей variability сердечного ритма (обзор литературы) / Ходырев Г.Н., Хлыбова С.В., Циркин В.И., Дмитриева С.Л., - Вятский медицинский вестник / -2011, - №3-4, стр. 60-70

7. Березный Е.А., Рубин А.М., Утехина Г.А., Практическая кардиоритмография / Березный Е.А., Рубин А.М., Утехина Г.А., - 2005 – Спб «Нео» 143 стр.

8. Михайлов В.М. Variability ритма сердца. Опыт практического применения метод / Михайлов В.М. - Ивановская государственная медицинская академия / - Иваново, 2000. - 200 с.

9. Рудакова, Е. Н. Психологическое здоровье учителя как условие формирования безопасно - комфортной образовательной среды / Е. Н. Рудакова / - Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 55-8. – С. 54-59. – DOI 10.18411/lj-10-2019-158. – EDN GDBAJD.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 821.161.1

«ДЕМОН» М.Ю. ЛЕРМОНТОВА КАК КВИНТЭССЕНЦИЯ «СВЕТСКОГО» DANSE MACABRE

Попова Елена Сергеевна

независимый исследователь

г. Бахчисарай, Россия

***Аннотация.** В статье на материале поэмы М.Ю. Лермонтова «Демон» (1829–1839) исследуется трансформация средневекового макабрического сюжета Danse Macabre в контексте русской романтической традиции. В отличие от драмы «Маскарад», где концепт «живых мертвецов» выступает как социальная метафора, в «Демоне» он приобретает онтологическое измерение. Демон предстаёт как архетипический «живой мертвец»: он бессмертен, но его бессмертие лишено качества жизни. Любовь Демона к Тамаре — попытка вырваться из состояния духовной смерти, однако она обречена. В работе показано, что поэма «Демон» является квинтэссенцией лермонтовской версии «светского» Danse Macabre, в которой смерть становится состоянием души, утратившей способность к подлинной жизни.*

***Ключевые слова:** М.Ю. Лермонтов, «Демон», Danse Macabre, «живой мертвец», макабрическая традиция, поэтика смерти, романтизм.*

***Abstract.** The article examines the transformation of the medieval macabre plot Danse Macabre in Lermontov's poem «Demon» (1829–1839) within the context of Russian Romantic tradition. Unlike the drama «Masquerade», where the concept of the «living dead» serves as a social metaphor, in «Demon» it acquires an ontological dimension. The Demon is presented as an archetypal «living dead»: he is immortal, but his immortality is devoid of the quality of life. His love for Tamara is an attempt to escape spiritual death, but it is doomed. The paper shows that «Demon» is the*

quintessence of Lermontov's version of the «secular» Danse Macabre, in which death becomes a state of the soul that has lost the ability for authentic life.

Keywords: *Lermontov, «Demon», Danse Macabre, «living dead», macabre tradition, poetics of death, Romanticism.*

Введение

Поэма «Демон» (1829–1839) занимает особое место в творческом наследии М.Ю. Лермонтова. Поэт работал над этим произведением на протяжении десяти лет, создав восемь редакций, что свидетельствует о его исключительном значении для автора. В контексте макабрической традиции Danse Macabre («Пляска Смерти») «Демон» представляет особый интерес. Если в драме «Маскарад» (1835–1836) Лермонтов развивает «светскую» ветвь Danse Macabre через социальную метафору «живых мертвецов» — людей, утративших духовную жизнь, но продолжающих физическое существование, — то в «Демоне» эта метафора переводится на онтологический уровень.

Цель настоящей статьи — исследовать трансформацию сюжета Danse Macabre в поэме «Демон» и показать, как Лермонтов создаёт архетипический образ «живого мертвеца», выходящий за рамки социальной критики и приобретающий универсальное философское звучание.

1. Danse Macabre и макабрическая традиция: терминологическое разграничение

В научной литературе термины «макабрический» и «Danse Macabre» не являются синонимами. «Макабрический» — более широкое понятие, обозначающее эстетику ужаса, образы смерти, тления и загробного мира. Danse Macabre («Пляска Смерти») — конкретный сюжетный мотив со строгой структурой: персонифицированная Смерть в виде скелета влечёт в свой хоровод представителей всех сословий — от папы римского до крестьянина, — уравнивая их перед лицом смерти. Как справедливо отмечает А.В. Леоновичус, мотив «пляски смерти» возник в западноевропейской культуре в XIV веке и с тех пор бытовал в различных видах искусства.

В средневековой традиции Danse Macabre выполнял дидактическую

функцию: он напоминал о неизбежности смерти и необходимости покаяния. В эпоху романтизма этот сюжет переосмысливается: Смерть перестаёт быть исключительно религиозным наказанием и становится экзистенциальной реальностью. Лермонтов, как показано в исследовании Государственного музея-заповедника «Тарханы» (2025), «вслед за романтиками Европы, в ряде произведений обращается к проблематике и стилистике "религиозного" *Danse Macabre*». Однако он идёт дальше, развивая и «светскую» ветвь этой традиции.

2. Демон как архетипический «живой мертвец»

Образ Демона в поэме Лермонтова представляет собой одну из самых сложных фигур в мировой литературе. В отличие от традиционного образа дьявола как воплощения абсолютного зла, лермонтовский Демон — фигура трагическая. Как писал Д.С. Мережковский в работе «М.Ю. Лермонтов. Поэт сверхчеловечества» (СПб.: Пантеон, 1909), Лермонтов воплощает в Демоне «тоску по утраченному идеалу».

В первой части поэмы Лермонтов создаёт образ существа, утратившего способность к подлинному чувству:

*И вечный шум людского бытия
Его не веселил, не ужасал;
Ничтожной властвуя землёй,
Он сеял зло без наслажденья;
Нигде искусству своему
Он не встречал сопротивления —
И зло наскучило ему [1, т. 3, с. 78].*

В этих строках отчётливо проступает ключевая черта «живого мертвеца»: утрата способности к непосредственному переживанию, замена жизни рефлексией. Демон «сеял зло без наслажденья» — формула духовного омертвления, когда даже зло становится механическим. Именно в этом заключается парадокс Демона: он бессмертен, но его бессмертие — это не жизнь, а вечное существование в состоянии духовной смерти. Мережковский отмечал, что источник лермонтовского бунта — не эмпирический, а метафизический.

3. От социальной метафоры к онтологической категории

В драме «Маскарад» Лермонтов использует концепт «живых мертвецов» как метафору духовного омертвления светского общества. Монолог Арбенина — *«Под маской все чины равны, / У маски ни души, ни званья нет, – есть тело»* — является социальной сатирой. В «Демоне» эта метафора выводится на онтологический уровень.

Демон не является продуктом социальных обстоятельств. Его трагедия заложена в самой природе его существования. Он изгнан из рая, но не принят и адом; он обречён на вечное скитание. Эта метафизическая двойственность делает его образ универсальным.

В этом смысле «Демон» представляет собой наиболее полное воплощение лермонтовской версии «светского» *Danse Macabre*. Если в каноническом сюжете Смерть уравнивает представителей разных сословий, то у Лермонтова Смерть становится состоянием души, утратившей способность к подлинной жизни. Демон не может ни умереть, ни жить; он обречён на существование в пограничном состоянии, где жизнь и смерть сливаются воедино.

4. Любовь Демона: попытка вырваться из состояния духовной смерти

Ключевой момент поэмы — встреча Демона с Тамарой. Увидев её, он впервые за долгие годы чувствует нечто, похожее на живое переживание:

*И вдруг в душе его проснулась кровь,
И он по-прежнему хотел любить* [1, т. 3, с. 82].

Эта строка — поворотный пункт всей поэмы. Демон, который «сеял зло без наслажденья», вдруг обнаруживает в себе способность к любви. Его любовь к Тамаре — это попытка вырваться из состояния духовной смерти. Как справедливо отмечает Ю.В. Манн, романтический герой такого типа мучительно переживает раздвоенность между абсолютным и земным.

Однако эта попытка обречена. Демон не может стать живым, потому что его природа — это природа «живого мертвеца». Его любовь — это любовь-обладание, борьба за душу Тамары, а не любовь-самоотдача. Кульминацией становится клятва Демона:

Тебе я буду другом, братом;

Моей любовью святой

Клянусь я с ангельской душой... [1, т. 3, с. 96].

Демон обещает быть добрым, вернуть себе «ангельскую душу». Он верит, что любовь к Тамаре может его спасти. Однако он не может изменить свою природу. Демон желает блага, но несёт зло — в этом главная трагедия поэмы.

5. Финал: непобеждённое одиночество

Финал «Демона» трагичен. Тамара умирает, и ангел-хранитель забирает её душу. Демон остаётся один:

И проклял Демон побеждённый

Мечты безумные свои,

И вновь остался он, надменный,

Один, как прежде, во вселенной

Без упования и любви!.. [1, т. 3, с. 102].

Этот финал подчёркивает главную мысль поэмы: любовь не всегда побеждает. Демон не стал добрым, не обрёл жизнь, потому что его попытка была обречена изначально. Как отмечает исследователь Ю. Долгих, в литературном мире «мертвецы так же вмешиваются в дела наши и действуют вместе с нами, как живые». Для Лермонтова «живые мертвецы» — это не фантастический образ, а метафизическая категория.

6. «Демон» в контексте макабрической традиции

Сопоставление поэмы «Демон» с каноническим сюжетом Danse Macabre позволяет выявить несколько структурных параллелей. В средневековой «Пляске смерти» Смерть собирает дань со всех сословий. У Лермонтова Демон, будучи «живым мертвецом», также собирает дань — но не с тел, а с душ. Он является к каждому, кто оказывается на границе между жизнью и смертью. Тамара, стоящая на пороге смерти, становится его «добычей», но её душу забирает ангел.

Таким образом, Лермонтов трансформирует макабрический сюжет: Смерть-уравнительница превращается в Демона-искусителя. Если в

средневековой традиции Смерть была безличной и всеуравнивающей, то у Лермонтова она обретает личность, психологию и трагическую судьбу. Именно это и делает «Демона» квинтэссенцией «светского» *Danse Macabre*.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сделать вывод, что поэма «Демон» является квинтэссенцией лермонтовской версии «светского» *Danse Macabre*. В отличие от «Маскарада», где макабрический сюжет служит социальной сатирой, в «Демоне» он достигает онтологического уровня.

Демон предстаёт как архетипический «живой мертвец»: бессмертный, но лишённый жизни. Его любовь к Тамаре — попытка вырваться из этого состояния, но она обречена в силу его природы. Финал поэмы подчёркивает трагедию одиночества Демона, который остаётся «без упования и любви». Лермонтов выводит макабрический сюжет на принципиально новый философский уровень, превращая смерть из внешней реальности во внутреннее состояние, из события в постоянное бытие. Именно это делает поэму «Демон» одной из самых глубоких и значительных в творчестве поэта.

Список литературы

1. Лермонтов М.Ю. Полное собрание сочинений: в 10 т. — М.: Воскресенье, 1999–2000. — Т. 3.
2. Мережковский Д.С. М.Ю. Лермонтов. Поэт сверхчеловечества. — СПб.: Пантеон, 1909. — 88 с.
3. Традиция *Danse Macabre* и произведения М.Ю. Лермонтова // DIZZW. — 2025. — Март. — С. 29–34. — URL: <https://zenodo.org/records/15124642> (дата обращения: 24.07.2026).
4. Леоновичус А.В. Бал как пляска смерти у А. Блока и русских романтиков // Вестник РГГУ. Серия «История. Филология. Культурология. Востоковедение». — 2015. — № 8. — С. 85–99.
5. Долгих Ю. «Ходячие» мертвецы в русской страшной сказке 1810–1840-х годов // Все страхи мира: Horror в литературе и искусстве / Под ред. С.

Денисенко. — Тверь: Изд-во Марины Батасовой, 2015. — С. 84–99.

6. Манн Ю.В. Динамика русского романтизма. — М.: Аспект-Пресс, 1995. — 384 с.

7. Гинзбург Л.Я. О лирике. — М.: Художественная литература, 1974. — 408 с.

8. Эйхенбаум Б.М. Статьи о Лермонтове. — М.: Наука, 1961. — 372 с.

9. Oosterwijk S. Dance of Death // Oxford Bibliographies. — Oxford University Press, 2012. — URL: <https://www.oxfordbibliographies.com/display/document/obo-9780195396584/obo-9780195396584-0020.xml> (дата обращения: 24.07.2026).

10. Le Goff J. Medieval Civilization, 400–1500. — Oxford: Blackwell, 1988.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 330

КРЕДИТОВАНИЕ МАЛОГО БИЗНЕСА В РОССИИ: АДАПТАЦИЯ К НОВЫМ ЭКОНОМИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

Романова Е.Д.

студент экономического факультета

Жирова Г.В.

преподаватель СПО высшей квалификационной категории кафедры финансов,
кредита и налогообложения Поволжского института управления имени П. А.
Столыпина Российской академии народного хозяйства и государственной
службы при Президенте Российской Федерации (ПИУ РАНХиГС),
Саратовский филиал, г. Саратов

***Аннотация:** В статье анализируется современное состояние рынка кредитования малого и среднего предпринимательства (МСП) в России в условиях трансформации денежно-кредитной политики. На основе данных Банка России, Министерства экономического развития, отраслевых обзоров и экспертных оценок рассматриваются ключевые тенденции 2025–2026 годов: замедление темпов кредитования, рост дефолтности, региональные и отраслевые диспропорции, а также меры государственной поддержки. Особое внимание уделяется прогнозам восстановления кредитной активности и изменению структуры заемщиков.*

***Ключевые слова:** кредитование малого бизнеса, МСП, ключевая ставка, дефолтность, государственная поддержка, льготное кредитование, региональные диспропорции, микрокредитование*

Введение:

Сектор малого и среднего предпринимательства традиционно

рассматривается как один из драйверов экономической диверсификации и инновационного развития. Однако доступность банковского финансирования для МСП остается чувствительным индикатором макроэкономической стабильности. 2025 год стал периодом серьезных испытаний для российского бизнеса: высокая ключевая ставка, ужесточение требований банков к заемщикам и снижение потребительской активности привели к значительной трансформации рынка кредитования.

Динамика кредитования МСП в 2025 году:

По данным Банка России, объем кредитования малого и среднего бизнеса по итогам 2025 года составил 14,53 трлн рублей, что на 14,9% меньше показателя 2024 года. Это падение, однако, оказалось менее глубоким, чем прогнозировалось в начале года, во многом благодаря мощному декабрьскому всплеску выдач — рост на 52,5% по сравнению с ноябрем, хотя данный импульс носил преимущественно сезонный характер. Примечательно, что кредитный портфель МСП на начало 2026 года составил 14,75 трлн рублей, показав символический годовой прирост в 1,7% — резкое замедление по сравнению с 16,6% годом ранее. Эта стабилизация, пусть и на низком уровне, свидетельствует о начале адаптации бизнеса к новым условиям финансирования. Директор департамента финансовой стабильности Банка России Елизавета Данилова в интервью журналу «Эксперт» объяснила сложившуюся ситуацию снижением аппетита банков к риску: кредитные организации стали значительно тщательнее отбирать заемщиков и оценивать их финансовое положение. Это подтверждается статистикой: уровень дефолтности в сегменте малого и микробизнеса за год вырос на 2 процентных пункта, достигнув 10%. Общий объем кредитов МСП, перешедших в дефолт, оценивается примерно в 0,5 трлн рублей, причем 60% этой суммы приходится на микропредприятия.

Факторы, сдерживающие кредитование:

Аналитики Национального рейтингового агентства (НРА) выделяют комплекс причин, обусловивших сжатие кредитного рынка для МСП. Во-первых, это накопленные риски и большой объем реструктуризаций — 280,9 тыс. заявок,

или 12% портфеля, что повышает вероятность будущей просрочки. Во-вторых, сберегательная модель поведения населения, сохраняющаяся при двузначных ставках по депозитам, снижает потребительский спрос, что напрямую сказывается на финансовой устойчивости малых предприятий, особенно в сфере торговли.

По данным Банка России на сентябрь 2025 года, средневзвешенные ставки по кредитам для МСП составляли 21,3% по краткосрочным и 17,6% по долгосрочным — это существенно выше ставок для крупного бизнеса (18,7% и 14,6% соответственно). Такая разница отражает повышенную премию за риск, которую банки взимают с малых заемщиков.

Государственная поддержка как стабилизирующий фактор:

В условиях ужесточения рыночного кредитования значимость государственных программ поддержки существенно возросла. По данным Министерства экономического развития РФ, за первый год реализации профильного федерального проекта по МСП бизнес получил финансовую поддержку почти на 978 млрд рублей. Министр экономического развития Максим Решетников, выступая в Государственной Думе в феврале 2026 года, привел следующие цифры: предприниматели получили льготное кредитование на сумму более 50 млрд рублей, микрозаймы на 54 млрд рублей, под гарантии Российского фонда развития информационных технологий — 295 млрд рублей, по «зонтичным» поручительствам — еще 246 млрд рублей. На 2026 год программа льготного кредитования, реализуемая совместно с Банком России, расширена вдвое — до 200 млрд рублей. Минимальная сумма кредита на инвестиционные цели снижена с 50 млн до 25 млн рублей, что должно сделать программу доступной для более широкого круга предприятий.

Особого внимания заслуживает механизм «кредитных каникул», введенный с 1 октября 2025 года. Согласно принятому закону, бизнес и предприниматели могут получить шестимесячные каникулы по каждому кредиту один раз в пять лет. Лимиты установлены на уровне 60 млн рублей для микробизнеса, 400 млн — для малых предприятий и 1 млрд — для средних. Важно, что это право

распространяется и на кредиты, выданные по льготным программам, причем заемщик может обратиться за отсрочкой независимо от отрасли и динамики доходов.

Альтернативные источники финансирования: рынок МФО:

В условиях сжатия банковского кредитования заметную роль начинают играть микрофинансовые организации (МФО), специализирующиеся на предпринимательском финансировании. По данным Банка России, в 2025 году МФО выдали бизнесу микрозаймы на сумму 149 млрд рублей — на 15% больше, чем годом ранее. Из этой суммы 86 млрд рублей (58%) было предоставлено с использованием дистанционных каналов обслуживания. Наиболее динамично развивающимся сегментом стало кредитование селлеров на маркетплейсах. Такие займы, как правило, носят краткосрочный характер и направлены на пополнение оборотных средств — закупку товарных партий, сырья, покрытие операционных расходов. Коммерческие МФО, специализирующиеся на этом направлении, демонстрируют опережающий рост: в 2025 году они выдали бизнесу 94 млрд рублей, почти на треть превысив показатели 2024 года, причем 91% выдач был оформлен полностью онлайн. Однако стоимость такого финансирования остается высокой: коммерческие МФО предоставляют займы преимущественно под ставку 30–50% годовых. Для сравнения, государственные МФО, работающие в рамках системы поддержки МСП, выдают кредиты по льготным ставкам, не превышающим 15% годовых. Важным законодательным изменением, вступившим в силу с 29 декабря 2025 года, стало увеличение лимита суммы микрозайма для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей с 5 млн до 15 млн рублей. Это решение, подготовленное при активном участии Банка России, должно расширить возможности малых предприятий по привлечению доступного финансирования для реализации более масштабных проектов.

Прогнозы на 2026 год:

Первые месяцы 2026 года дают основания для умеренного оптимизма. В марте 2026 года объем кредитов МСП вырос по сравнению с февралем на 37,4%, достигнув 1,3 трлн рублей. Кредиты получили 235,2 тыс. субъектов МСП, что на

9,4% больше, чем в предыдущем месяце. Эксперты НРА прогнозируют по итогам 2026 года рост кредитного портфеля МСП в диапазоне 5–10%. В ПСБ ожидают более сдержанную динамику — около 6%, что, однако, заметно выше показателя 2025 года. Банк России, в свою очередь, в своем прогнозе закладывает прирост корпоративного кредитного портфеля на 2026 год в диапазоне 7–12%, а на 2027–2028 годы — в коридоре 8–13%, что соответствует траектории сбалансированного роста экономики. Ключевым фактором, определяющим динамику кредитования, остается траектория ключевой ставки. Прогноз Банка России на 2026 год предполагает ее снижение до 13–15% при замедлении инфляции до 5,3–6,3%. По оценкам «Сбера», около 65% корпоративных кредитов выдано по плавающей ставке с привязкой к ключевой, поэтому любое ее снижение напрямую уменьшает кредитное бремя для бизнеса.

Заключение:

Рынок кредитования малого бизнеса в России переживает период структурной перестройки. Высокие ставки и ужесточение требований банков привели к сокращению объемов финансирования в 2025 году, однако начавшееся смягчение денежно-кредитной политики и расширение государственных программ поддержки создают предпосылки для постепенного восстановления.

Ключевыми трендами 2026 года, вероятно, станут дальнейшая дифференциация между устойчивыми и проблемными отраслями, усиление роли альтернативных каналов финансирования (включая МФО и краудлендинг), а также повышение требований к финансовой дисциплине заемщиков. Для малого бизнеса это означает необходимость более тщательного планирования инвестиций и управления долговой нагрузкой, а для государства — дальнейшую настройку механизмов адресной поддержки наиболее уязвимых, но социально значимых сегментов предпринимательства.

Список литературы

1. В Центробанке объяснили, почему малому бизнесу стало сложно взять кредит // Эксперт. — 2026. — 27 апреля. — URL: <https://expert.ru/news/v->

tsentrobanke-obyasnili-pochemu-malomu-biznesu-stalo-slozhno-vzyat-kredit/ (дата обращения: 19.05.2026).

2. Копейкин Б. Ставки по кредитам будут снижаться медленнее, чем ключевая ставка и ставки по депозитам // Институт экономики роста им. П.А. Столыпина. — 2026. — 13 апреля. — URL: <https://stolypin.institute/publications/novosti/boris-kopejkin-stavki-po-kreditam-budut-snizhatsya-medlennee-chem-klyuchevaya-stavka-i-stavki-po-depozitam-2> (дата обращения: 19.05.2026).

3. Размер кредитного портфеля бизнеса Кубани приблизился к 3 трлн рублей // Банк России. — 2025. — 2 сентября. — URL: <https://cbr.ru/press/regevent?id=61111> (дата обращения: 19.05.2026).

4. Минэкономразвития: в 2025 году бизнес получил поддержку почти на 1 трлн рублей // Министерство экономического развития Российской Федерации. — 2026. — 11 февраля. — URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_v_2025_godu_biznes_poluchil_podderzhku_pochti_na_1_trln_rubleu.html (дата обращения: 19.05.2026).

5. Тенденции на рынке МФО предпринимательского финансирования за 2025 год // Банк России. — 2026. — 28 апреля. — URL: <https://www.cbr.ru/analytics/microfinance/2025/> (дата обращения: 19.05.2026).

**«СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: ОТ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ – К ПРИКЛАДНЫМ РЕШЕНИЯМ»**
XIV Международная научно-практическая конференция
Научное издание

ООО «НИЦ ЭСП» в ЮФО
(Подразделение НИЦ «Иннова»)
353445, Россия, Краснодарский край, г.-к. Анапа,
ул. Весенняя, 8, оф. 1
Тел.: 8-800-201-62-45; 8 (861) 333-44-82

Подписано в печать 24.07.2026 г. Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 5,99
Бумага офсетная. Печать: цифровая. Гарнитура шрифта: Times New Roman
Тираж 50 экз. Заказ 106