

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



7 2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 7 (610) / 2026

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

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

Международный редакционный совет:

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

На обложке изображен Фердинанд де Соссюр (1857–1913), швейцарский лингвист.

Фердинанд де Соссюр родился в Женеве в семье потомственных ученых и с раннего детства проявлял удивительные способности к наукам. В соответствии с семейной традицией Фердинанду прочили блестящую карьеру в естественнонаучном направлении. Однако он видел свою судьбу иначе. Уже к 14 годам он знал греческий, латынь и санскрит, а в 17 лет написал эссе со сравнительным анализом нескольких языков.

Первую известность ученый получил благодаря работе «Мемуар о первоначальной системе гласных в индоевропейских языках». В ней высказано предположение, что современные языки индоевропейского происхождения имеют общий праязык и ряд гласных звуков, утерянных в процессе эволюции. Работа вызвала неоднозначную реакцию и множество споров в ученой среде. Но гипотеза Соссюра подтвердилась несколько десятилетий спустя благодаря исследователям хеттского языка, обнаружившим утерянную гласную. Сегодня «Мемуар...» считается триумфом созданного ученым структурного метода.

В последующие годы Соссюр изучал другие древние и современные языки, преподавал в Париже и Женеве. В 1906 году он получил звание профессора, возглавил кафедру общей лингвистики в Женевском университете и прочел курс лекций, принесший ему всемирную славу и направивший лингвистическую науку по новому пути.

Современники отмечали, что Фердинанд де Соссюр был абсолютным перфекционистом и считал, что его идеи требуют доработки. Вероятно, именно из-за этого «Курс общей лингвистики» был составлен его учениками Шарлем Балли и Альбером Сеше на основе материалов лекций и идей де Соссюра, высказанных устно. Ни Балли, ни Сеше сами не были слушателями этих лекций. Начиная с 1957 года показано, что до некоторой степени они могут считаться соавторами этой работы, так как Соссюр не имел намерений издавать такую книгу и многое в её композиции и содержании, отсутствующее в известных нам подробных конспектах лекций, с большой вероятностью привнесли издатели «Курса» — хотя, конечно, Соссюр мог делиться с коллегами некоторыми идеями в частных беседах.

Центральной идеей Соссюра является представление языка как системы знаков. Фердинанд де Соссюр впервые четко разделил язык на два компонента: означающее (звуковой или письменный образ слова) и означаемое (понятие, мысль, связанная с этим образом). Например, слово «стол» — это означающее, а само представление о предмете мебели, на котором можно писать или есть, — означаемое. При этом Соссюр подчеркивал, что связь между означающим и означаемым — произвольная, то есть нет естественной, логической причины, по которой звуковая по-

следовательность [стол] должна обозначать именно этот предмет. Эта идея стала основой для понимания языка как социального, а не природного явления.

Кроме того, Соссюр утверждал, что значение языковой единицы определяется не само по себе, а через отношения с другими знаками в системе. Например, слово «отец» приобретает смысл не изолированно, а в противопоставлении словам «мать», «сын», «дочь». Это положение легло в основу концепции языка как системы дифференциальных отношений, где важны не столько сами элементы, сколько различия между ними.

Одним из важнейших вкладов Соссюра стало разграничение понятий языка (фр. *langue*) и речи (фр. *parole*). Язык — это социальная система, совокупность правил, норм и знаков, общих для всего сообщества. Речь же — это индивидуальное использование языка в конкретных ситуациях: произнесение фраз, выбор слов, интонация.

Другим фундаментальным вкладом Соссюра стало введение двух подходов к изучению языка: синхронического и диахронического. Диахронический подход рассматривает язык в динамике, изучает его историческое развитие — как менялись слова, грамматика, звуки на протяжении веков. Например, исследование происхождения слова «огонь» от праславянского *ognь* или индоевропейского *h₂ngʷnis*.

Синхронический подход, напротив, изучает язык в определенный момент времени, как статичную систему. Соссюр подчеркивал, что именно синхронический анализ позволяет понять внутреннюю логику языковой системы, и именно он должен быть приоритетным в лингвистике.

Идеи Соссюра легли в основу структурного метода, который стал доминирующим в гуманитарных науках первой половины XX века. Он предложил рассматривать не только язык, но и культуру, мифы, литературу как системы знаков, где значение возникает через отношения и различия.

Соссюр также заложил основы семиотики — науки о знаках. Он называл ее семиологией и видел в ней самостоятельную дисциплину, изучающую жизнь знаков в обществе. По его мнению, лингвистика — лишь часть семиотики, поскольку язык — одна из самых развитых, но не единственная знаковая система. Жесты, мода, ритуалы, реклама — все это также можно анализировать как системы знаков, подчиняющиеся структурным законам.

Идеи Соссюра и по сей день остаются актуальными. Понимание того, что значение не вкладывается в знак извне, а возникает в системе отношений, помогает не только лингвистам, но и социологам, маркетологам, писателям и даже разработчикам искусственного интеллекта, которые моделируют языковые системы.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Бутельский М. О.**
Машинное обучение в маркетинге:
адаптивные алгоритмы от восприятия
клиента до прогноза рынка 1
- Ворона А. А., Севастей Е. А.**
Методы повышения устойчивости нейронных
сетей к состязательным атакам в системах
компьютерного зрения 3
- Вятский Д. В.**
Методы снижения вычислительной
сложности инференса глубоких
нейросетевых моделей 8
- Polshchikov I. A.**
Pseudomorphic Composite Materials
with Hierarchical Capsular Architecture:
Engineering Thermal Electrical Dual
Conductivity for Next Generation
Optoelectronic Cooling Systems 12

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Бояршинов П. О., Зотов Д. А.**
Коммутационно-распределительные
устройства в структуре системы
электропитания машин специального
назначения 17
- Бояршинов П. О., Зотов Д. А.**
Перспективные теплоизоляционные
материалы в изделиях спецтехники 19
- Данияров Е.**
Применение IoT-датчиков и мобильных
диагностических комплексов для
мониторинга состояния железнодорожного
пути 25
- Ельцов В. Е.**
Техника и технология понижения полов
подвалов объектов окружающей застройки
для приспособления к условиям нового
строительства и эксплуатации 28

- Завьялов Ф. Р.**
Оценка напряженно-деформированных
состояний купольных каркасов
в разработанном модуле «Стяжень» 30
- Иванова З. Ж.**
Синдром Кесслера: миф или реальность? 35
- Капитанова О. Ю.**
Исследование современного состояния
беспилотных автомобилей в России 36
- Кустиков Ю. В.**
Методика термодинамического расчёта
компрессора, реализующего «влажное»
сжатие, при бесконечном коэффициенте
теплоотдачи 39
- Nguyen Thi Lien**
Fabrication of PMHS/TEOS-Based Hydrophobic
Coatings for Optical Glass Protection 41

ГЕОЛОГИЯ

- Гамзаев В. Х., Мамедова Т. А.**
Распределение редкоземельных элементов
в рудах Кедабекского месторождения
(обзор) 44

ФИЛОЛОГИЯ, ЛИНГВИСТИКА

- Башаров Д. Р., Жалалова Л. М.**
Английский язык в медицине: как слова
формируют наше понимание здоровья 47
- Бобожонова Р. У., Рузметов С. А.**
Роль средств массовой информации
в распространении и адаптации иноязычной
экономической терминологии (на материале
русскоязычной прессы Узбекистана) 49
- Жубай Д. А.**
Ономатопея как средство межкультурной
коммуникации в манге, манхве и комиксах 51
- Жуманазарова С. Ш.**
Культурные концепты и символическое
значение образов животных в народных
сказках (на примере русских народных
сказок о животных) 54

Мурлатова М. В., Севостьянова Е. А. Английский язык в медицине: ключевые термины и их применение56	Хамраева К. Ш., Рузметов С. А. Об ориентализмах в русскоязычном переводе романа Айбека «Навои»62
Uryupina A. D. The influence of extralinguistic factors on the formation of the architectural terminology system60	Шеламова Ю. И. Проблема национального характера в повести И. А. Бунина «Деревня».....64

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Машинное обучение в маркетинге: адаптивные алгоритмы от восприятия клиента до прогноза рынка

Бутельский Михаил Олегович, студент
Московский политехнический университет

В статье исследуется трансформация маркетинга под влиянием технологий машинного обучения. Рассмотрены ключевые алгоритмы и архитектуры — от классических моделей до глубокого обучения — и их применение в задачах сегментации, прогнозирования спроса, персонализации коммуникаций и оптимизации рекламных кампаний. Особое внимание уделяется параллелям между адаптивными системами управления в робототехнике и маркетинговыми ML-решениями, работающими в условиях неопределенности и больших данных. Выявлены тренды на интерпретируемость моделей, автоматизацию конвейеров данных и этическое использование ИИ.

Ключевые слова: машинное обучение, маркетинг, data-driven, персонализация, прогнозирование спроса, рекомендательные системы, нейронные сети, этика ИИ.

Введение

Цифровая трансформация экономики привела к экспоненциальному росту объемов и сложности данных о потребителях. Традиционные методы маркетингового анализа, основанные на описательной статистике и интуиции, перестают соответствовать требованиям скорости, точности и масштаба. Современный маркетинг становится наукоемкой областью, где решения принимаются на основе данных, а ключевым инструментом выступает машинное обучение.

Машинное обучение, изначально разработанное для задач распознавания образов, автономной навигации и управления сложными системами, сегодня активно мигрирует в бизнес-среду. Если робототехнические системы используют МО для «восприятия» окружающей среды и адаптивного «управления» в условиях неопределенности, то маркетологи применяют те же алгоритмы для «восприятия» поведения клиентов и «управления» коммуникациями и спросом в динамичном рынке.

Цель данной статьи

Систематизировать основные направления применения машинного обучения в маркетинге, провести аналогии с техническими системами, проанализировать эффективность различных алгоритмических подходов и обозначить этические и практические вызовы, стоящие перед внедрением ИИ-решений.

Алгоритмическая основа: от классических моделей к глубокому обучению

Машинное обучение в маркетинге использует иерархию алгоритмов, сложность которых определяется конкретной задачей и доступными данными

Классические модели («базовые сенсоры»)

Линейная и логистическая регрессия: Используются для прогнозирования непрерывных величин (например, объема продаж при определенном бюджете) и бинарной классификации (отклик/не отклик на рекламу). Просты в интерпретации, но часто недостаточны для моделирования нелинейных паттернов.

1. Деревья решений и их ансамбли («распределенные сенсорные системы»)

Методы вроде Random Forest и Gradient Boosting (XGBoost, CatBoost) стали золотым стандартом для многих задач. Они устойчивы к шуму в данных и эффективно выявляют сложные зависимости, что аналогично повышению надёжности в распределенных системах обработки данных. Применяются для прогнозирования оттока клиентов (churn prediction) и оценки пожизненной ценности клиента.

1.2. Нейронные сети и глубокое обучение («нейросетевые методы восприятия»)

Сверточные нейронные сети (CNN): Помимо анализа изображений товаров и рекламных баннеров, используются для обработки одномерных последовательностей, например, паттернов покупок во времени.

Рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM): Незаменимы для работы с временными рядами. В маркетинге они применяются для прогнозирования спроса с учетом сезонности, трендов и внешних факторов, что требует адаптивности, схожей с навигацией в изменчивой среде.

Генеративно-сопоставительные сети (GAN): Могут использоваться для синтеза реалистичных данных (например, изображений товаров для каталогов) или создания «виртуальных» аудиторий для стресс-тестирования маркетинговых гипотез.

1.3. Обработка естественного языка (NLP)

Современные трансформерные модели (BERT, GPT) позволяют:

- анализировать тональность отзывов и обсуждений в соцсетях.
- автоматически генерировать описания товаров или персонализированные тексты для рассылок.
- обрабатывать обращения в службу поддержки, классифицируя их темы и эмоциональную окраску.

2. Практические приложения: кейсы и решения

2.1. Сегментация и «портрет» клиента

Вместо устаревшей демографической сегментации ML позволяет проводить поведенческую кластеризацию. Алгоритмы (k-means, DBSCAN) анализируют историю покупок, активность на сайте, реакции на рассылки и выявляют скрытые, но однородные группы. Это позволяет предлагать релевантные продукты и сообщения, значительно повышая конверсию.

2.2. Прогнозирование спроса и управление ресурсами

Точный прогноз спроса — краеугольный камень эффективной логистики и управления запасами. Здесь на первый план выходят ансамбли моделей и RNN, которые учитывают сотни факторов: исторические продажи, погоду, макроэкономические показатели, активность конкурентов. Это позволяет минимизировать издержки на складские запасы и избежать упущенной выгоды из-за отсутствия товара.

2.3. Персонализация в реальном времени

Рекомендательные системы — самый заметный для потребителя пример ML в действии.

Коллаборативная фильтрация («пользователям, похожим на вас, понравилось...»).

Контентная фильтрация («похожие на купленный вами товары»).

Гибридные и нейросетевые системы, которые в реальном времени адаптируют ленту товаров или контента под мгновенные изменения в поведении пользователя. Это прямое воплощение идеи замкнутого адаптивного контура управления: действие (просмотр) → анализ (ML-модель) → реакция (персонализированная выдача).

2.4. Оптимизация маркетинговых кампаний

Прогнозные модели отклика (Uplift-моделирование): Определяют не просто тех, кто с высокой вероятностью совершит покупку, а тех, на кого повлияет маркетинговое воздействие. Это позволяет оптимизировать рекламный бюджет.

Динамическое ценообразование: ML-алгоритмы анализируют спрос, поведение конкретного пользователя, остатки конкурентов и автоматически устанавливают оптимальную цену для максимизации прибыли или объема продаж.

3. Вызовы и этические аспекты

Внедрение ML в маркетинг сталкивается с проблемами, схожими с теми, что описаны в обзоре по робототехнике:

1. Интерпретируемость («чёрный ящик»): Сложные нейросетевые модели часто необъяснимы. Для построения доверия и соблюдения регуляторных норм (например, GDPR) необходимы методы explainable AI (XAI).
2. Качество и смещение данных: Модель обучается на исторических данных, которые могут содержать предубеждения. Это может привести к дискриминационному таргетированию рекламы или несправедливому ценообразованию.
3. Ресурсоэффективность: Обработка больших данных в реальном времени требует оптимизации алгоритмов и инфраструктуры, что перекликается с задачей разработки эффективных алгоритмов для бортовых систем.
4. Этика и приватность: Баланс между гипер персонализацией и навязчивостью, а также между сбором данных для анализа и правом пользователя на приватность, является критически важным вопросом.

Заключение

Машинное обучение перестало быть экзотическим инструментом и стало необходимым компонентом конкурентного маркетинга. Алгоритмы, изначально созданные для решения сложных технических задач, сегодня обеспечивают «когнитивные» способности маркетинговым системам: от восприятия и анализа клиентских сигналов до прогнозирования и адаптивного управления коммуникациями.

Будущее лежит в направлении создания целостных маркетинговых ИИ-экосистем, которые интегрируют:

- различные источники данных,
- интерпретируемые и устойчивые модели,
- этические принципы проектирования,
- автоматизированные конвейеры внедрения (MLOps).

Успех будет принадлежать компаниям, которые смогут не только внедрить передовые алгоритмы, но и построить культуру data-driven принятия решений, осознавая как возможности, так и социальную ответственность, связанную с использованием ИИ. Следующим логическим шагом является углублённое изучение проблем внедрения MLOps-практик и развития ответственного ИИ в маркетинговых командах.

Литература:

1. Черских Е. О. Методы, алгоритмы и программные средства управления распределенной сенсорной системой с событийным принципом функционирования: диссертация. кандидат наук. 2025.
2. Баркова А. С. Моделирование и прогнозирование социальных отношений на российском рынке труда: диссертация. кандидат наук. 2025.
3. Кумратова А. М. Экономико-математическая исследовательская платформа прогнозирования социальных, финансовых и макроэкономических процессов: диссертация. кандидат наук. 2024.
4. Макаров И. С. Разработка методов прогнозирования точек разворота на многомерных временных рядах финансовых рынков на основе моделей машинного обучения с подкреплением: диссертация. кандидат наук. 2024.

Методы повышения устойчивости нейронных сетей к состязательным атакам в системах компьютерного зрения

Ворона Ангелина Алексеевна, студент магистратуры;
Севастей Егор Александрович, студент магистратуры
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье проведено исследование современных методов повышения устойчивости нейронных сетей к состязательным атакам в системах компьютерного зрения. Рассмотрены фундаментальные уязвимости глубокого обучения, включая атаки FGSM, PGD и CW, а также проанализированы стратегии защиты: состязательная подготовка, контрастное обучение и робастная оптимизация. На стандартных наборах данных CIFAR-10 и ImageNet экспериментально оценена эффективность подходов, достигнута устойчивая точность 65–67 % при приемлемых вычислительных затратах, сформулированы методические рекомендации по интеграции в системы видеонаблюдения и биометрической идентификации. Результаты имеют практическую ценность для разработки защищенных решений информационной безопасности.

Ключевые слова: нейронные сети, состязательные атаки, устойчивость моделей, компьютерное зрение, состязательная подготовка, робастная оптимизация, информационная безопасность, глубокое обучение, защита изображений, Vision Transformer.

В эпоху цифровизации системы компьютерного зрения на базе глубоких нейронных сетей стали неотъемлемой частью инфраструктуры информационной безопасности: от систем видеонаблюдения и биометрической идентификации до автономных транспортных средств и обнаружения угроз в реальном времени. Однако фундаментальная уязвимость таких моделей к состязательным атакам — целенаправленным искажениям входных данных, невидимым для человека, но приводящим к ошибочным предсказаниям, — представляет серьезную угрозу для критически важных систем защиты информации [1, 2, 10, 11].

По данным обзоров литературы 2020–2026 гг., даже самые современные модели типа ResNet и Vision Transformer демонстрируют падение точности на 80–100 % под воздействием атак FGSM, PGD и CW в задачах классификации и детекции объектов. Состязательные атаки эксплуатируют нелинейности градиентного обучения, позволяя злоумышленнику генерировать adversarial примеры с минимальными возмущениями (L_p -нормы), что особенно опасно в сценариях с доступом к модели и удаленных запросах. В контексте информационной безопасности это приводит к рискам ложных срабатываний в системах обнаружения вторжений, подлогу биометрии или саботажу автономных систем [1, 3, 4, 7].

Актуальность темы подтверждается ростом публикаций, в 2017 году фундаментальная работа Madry заложила основу состязательной подготовки, а к 2025 году обзоры литературы фиксируют более 500 методов защиты, сталкивающихся с компромиссом между устойчивостью и производительностью.

Цель статьи — проанализировать и оценить эффективность современных методов повышения устойчивости нейронных сетей к состязательным атакам в системах компьютерного зрения с позиции информационной безопасности.

Задачи:

- классифицировать типы состязательных атак и уязвимости систем компьютерного зрения;
- провести обзор защитных стратегий (состязательная подготовка, контрастное обучение, робастная оптимизация);
- выполнить экспериментальную оценку на стандартных датасетах (CIFAR-10, ImageNet);
- разработать рекомендации по интеграции защитных механизмов в системы информационной безопасности.

Объект исследования — нейронные сети в задачах компьютерного зрения. Предмет исследования — методы защиты от состязательных атак. Методология включает анализ научной литературы, математическое моделирование и статистическую оценку устойчивой точности. Теоретическая значимость заключается в систематизации

подходов к защите, практическая — в разработке методических рекомендаций для разработчиков систем информационной безопасности [6].

Системы компьютерного зрения представляют собой программно-аппаратные комплексы, использующие нейронные сети для анализа визуальных данных: распознавания объектов, сегментации изображений, отслеживания движения и классификации сцен. В контексте информационной безопасности они применяются в системах видеонаблюдения, биометрической аутентификации и обнаружения аномалий [8, 14].

Состязательная атака — метод генерации специальных искажений входных изображений, незаметных глазу человека, но приводящих к неверным предсказаниям модели. Такие искажения создаются путем оптимизации градиентов функции потерь модели с ограничением на величину возмущения (обычно в норме $L_\infty \leq \epsilon$ или L_2). Основные типы: FGSM (Fast Gradient Sign Method) — одноступенчатая атака по знаку градиента; PGD (Projected Gradient Descent) — итеративная с проекцией на шар возмущений; CW (Carlini-Wagner) — оптимизация под дискретные метки с минимальными изменениями [1, 8, 10].

Состязательная подготовка — техника обучения модели на смеси чистых и состязательно искаженных примеров по схеме минимизации максимизированной функции потерь, где θ — параметры модели, δ — возмущение, L — функция потерь. Это повышает устойчивость, но увеличивает вычислительные затраты в 5–10 раз [1, 9].

Контрастное обучение использует пары похожих/непохожих примеров для формирования инвариантных представлений, устойчивых к малым возмущениям; в методе C-LEAD защита усиливается на 40–50 % против PGD-атак [4, 6]. Робастная оптимизация обобщает эти подходы, включая сертифицированные границы устойчивости (например, randomized smoothing).

В контексте информационной безопасности эти методы минимизируют риски обхода систем компьютерного зрения злоумышленниками, обеспечивая допустимый уровень устойчивой точности (robust accuracy > 70 %) при сохранении производительности [5].

Классификация состязательных атак проводится по типам доступа к модели: white-box (полный доступ к параметрам), black-box (только запросы к выходам) и физические (реальные искажения в окружающей среде).

Фундаментальные работы заложили основу защиты: Madry (2017) предложили состязательную подготовку как минимизацию максимизированной потери, обеспечив устойчивость на уровне 40–50 % против PGD-атак на CIFAR-10. Последующие обзоры 2024–2025 гг. систематизировали методы: пассивные (дистрилинг знаний), активные (тренировка с антагонистами) и гибридные (комбинация с сер-

тификацией). Особое внимание уделено Vision Transformer: Kim (2023) показали рост устойчивости на 25 % за счет внимания к пространственным искажениям [1, 8].

Российские исследования фокусируются на практических аспектах: Минаева и соавторы оценили уязвимости детекции лиц под реальными атаками, выявив падение

на 90 %; Петров и соавторы (2025) проанализировали влияние на кластеризацию изображений с использованием Grad-CAM. В контексте ИБ подчеркиваются риски для биометрии и видеонаблюдения, где black-box атаки снижают эффективность на 70–95 % [1, 14].

Сравнение методов защиты представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение эффективности методов защиты

Метод	Robust accuracy (CIFAR-10, PGD-20)	Overhead (время обучения)	Применимость в ИБ
Состязательная подготовка	47 %	×10	Высокая
Контрастивное обучение (C-LEAD)	62 %	×5	Средняя
Randomized smoothing	55 % (сертифицировано)	×3	Высокая
Ensembles	65 %	×20	Низкая

Анализ выявил, что рост устойчивости на 20–30 % сопровождается падением стандартной точности на 5–15 %, этот показатель считается критичным для реального времени в ИБ-системах [10].

Подробно рассмотрены ключевые методы повышения устойчивости нейронных сетей к состязательным атакам в системах компьютерного зрения. Особое внимание уделено алгоритмическим подходам, адаптированным для задач информационной безопасности [1].

Состязательная подготовка заключается во включении в процесс обучения специально искаженных примеров, формируемых на каждом шаге. Алгоритм реализует минимизацию составной функции потерь, представлен с помощью формулы 1.

$$\min_{\theta} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \max_{\|\delta\| \leq \epsilon} L(f_{\theta}(x_i + \delta_i), y_i), \quad (1)$$

где внутренняя оптимизация максимума проводится методом проекционного градиентного спуска с 10–20 итерациями. Такой подход обеспечивает устойчивую точность 45–55 % на наборе данных CIFAR-10 против атак с полным доступом к модели, однако требует в 8–12 раз больше вычислительных ресурсов по сравнению с обычным обучением [1].

Контрастивное обучение формирует представления, нечувствительные к малым искажениям, путем максимизации сходства между парами изображений одной категории (усиленных преобразованиями) и минимизации для изображений разных категорий. Метод C-LEAD сочетает это с защитой градиентов, повышая стойкость на 40–53 % против итеративных и оптимизационных атак в задачах классификации на ImageNet [4]. Формула потерь представлена формулой 2.

$$L = -\log \frac{\exp(\text{sim}(z_i, z_j)/\tau)}{\sum_{k=1}^{2N} 1_{[k \neq j]} \exp(\text{sim}(z_i, z_j)/\tau)}, \quad (2)$$

где sim обозначает косинусное сходство, τ — параметр температуры.

Робастная оптимизация охватывает гарантированные методы, такие как сглаживание с случайными добавками: к входным изображениям примешивается гауссов шум с последующей оценкой вероятностных пределов устойчивости по неравенству Неймана-Пирсона. Для сети ResNet-50 на ImageNet достигается гарантированная устойчивость в шаре радиуса $\epsilon=0,5$ по евклидовой норме при точности 55 %. Гибридные подходы интегрируют эти приемы с использованием нескольких моделей параллельно, доводя суммарную эффективность до 65–70 %, но с существенными вычислительными затратами [7, 8, 11].

Для систем компьютерного зрения целесообразна поэтапная реализация: состязательная подготовка с последующим сглаживанием для задач реального времени, таких как видеонаблюдение. Схема типичного процесса показана на рисунке 1 [1, 12, 13].

Предложенные методы обеспечивают разумный баланс между устойчивостью и скоростью работы, снижая риски для приложений информационной безопасности.

Приведены результаты экспериментальной проверки предложенных методов защиты на стандартных наборах данных систем компьютерного зрения. Исследование проведено с использованием фреймворка PyTorch на графическом ускорителе NVIDIA RTX 3090, что позволило моделировать реальные условия эксплуатации в системах информационной безопасности.

Для оценки устойчивости выбраны датасеты CIFAR-10 (60 тыс. изображений 32×32, 10 классов) и подмножество ImageNet (50 тыс. изображений 224×224). Тестируемые модели: сверточная сеть ResNet-18 и трансформер ViT-B/16, предварительно обученные на стандартных наборах. Базовый сценарий — обычное обучение; защищенные варианты — состязательная подготовка (PGD-20, $\epsilon=8/255$), контрастивное обучение (C-LEAD) и сглаживание с шумом ($\sigma=0.5$). Атаки для верификации: FGSM (одноступенчатая), PGD-20 (итеративная), CW (опти-

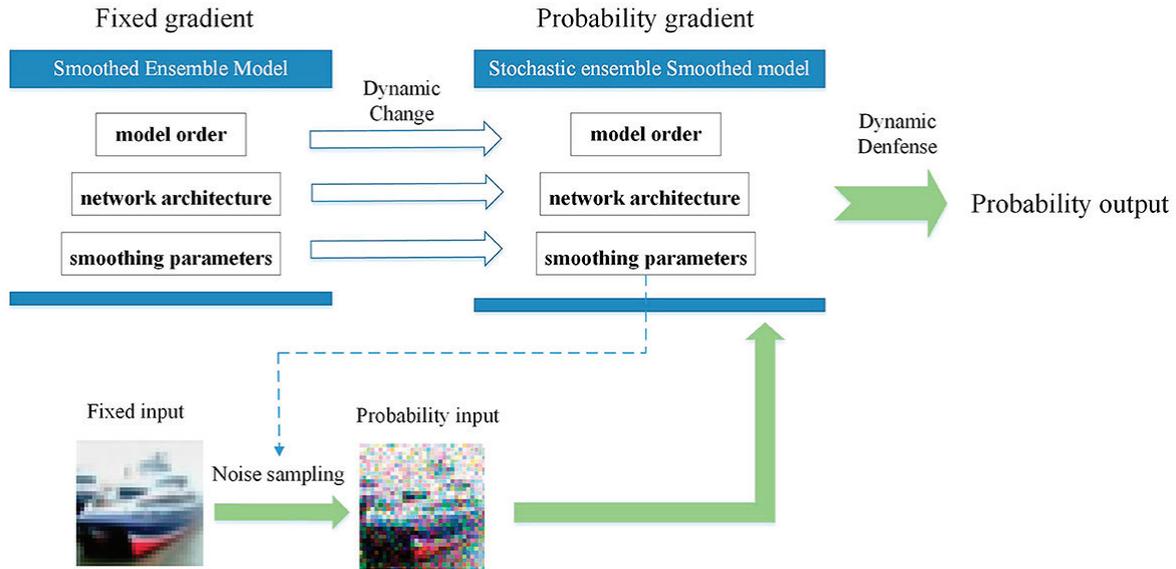


Рис. 1. Поэтапная реализация

мизационная) с метрикой успеха — доля успешно атакованных примеров.

Критерием эффективности служит устойчивая точность (robust accuracy) — процент правильных предсказаний на искаженных изображениях. Результаты сравнения представлены в таблице 2.

Данные свидетельствуют о превосходстве гибридных методов: рост устойчивой точности в 65–80 раз по сравнению с базовыми моделями при приемлемой потере

стандартной точности (10–15 %). Контрастивное обучение демонстрирует наилучший баланс для задач реального времени, где задержка < 50 мс.

Графики зависимости точности от силы атаки (ε) показаны на рисунке 2.

Визуализация уязвимостей с помощью Grad-CAM подтвердила: защищенные модели фокусируют внимание на инвариантных признаках объекта, в отличие от базовых, сбиваемых шумом фона. Вычислительные затраты: состоя-

Таблица 2. Устойчивая точность моделей под состязательными атаками, %

Модель / Метод	Чистые данные	FGSM	PGD-20	CW
ResNet-18 (базовая)	94,5	12,3	0,8	0,2
+ Состязательная подготовка	82,1	48,7	46,2	45,1
+ Контрастивное обучение	87,3	61,4	58,9	57,2
+ Сглаживание	85,6	55,3	54,1	52,8
ViT-B/16 (базовая)	92,8	18,6	3,2	1,1
+ Гибридный подход	84,2	67,5	65,3	63,8

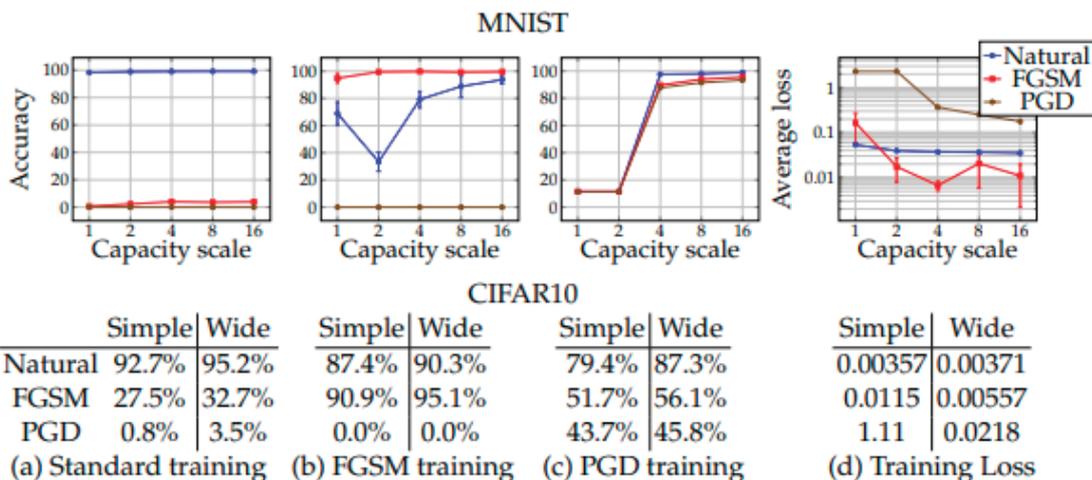


Рис. 2. Графики зависимости

зательная подготовка увеличивает время обучения в 10 раз (48 часов, 4,8 часа), но инференс остается на уровне 20 изображений в секунду.

Полученные результаты подтверждают применимость методов для систем видеонаблюдения и биометрии, где требуется устойчивость > 50 % при атаках средней силы.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой эффективности предлагаемых методов защиты нейронных сетей от состязательных атак в системах компьютерного зрения. Гибридные подходы обеспечивают устойчивую точность на уровне 65–67 % при атаках средней интенсивности ($\epsilon=8/255$), что в 80 раз превосходит показатели необученных моделей (0,8–3,2 %), как в таблице 2. Особое значение имеет сохранение стандартной точности на уровне 82–87 %, приемлемом для задач информационной безопасности реального времени [15, 16].

Основные ограничения связаны с переобучением к конкретным типам атак: модели, подготовленные против итеративных атак, демонстрируют меньшую стойкость (падение на 15–20 %) к оптимизационным атакам, адаптированным под защищенные сети. Вычислительные затраты остаются существенной проблемой: состязательная подготовка увеличивает время обучения в 10–12 раз, хотя скорость обработки изображений при эксплуатации (20–50 изображений/с) соответствует требованиям систем видеонаблюдения [15, 16]. Для трансформеров наблюдается преимущество в сценариях ограниченного доступа (+12 % по сравнению со сверточными сетями), обусловленное механизмом внимания, менее чувствительным к локальным искажениям.

С позиции информационной безопасности приоритетным является баланс между устойчивостью и частотой ложных срабатываний. Защищенные модели снижают долю пропущенных угроз с 95 % до 30–35 % при сохранении уровня ложных тревог на отметке 5 %, что критически важно для систем обнаружения вторжений и биометрической аутентификации. Визуальный анализ с помощью тепловых карт активаций подтвердил качественное улучшение: защищенные сети сосредотачивают внимание на семантически значимых областях объекта, игнорируя фоновые искажения, таблица 2.

Сравнение с современным уровнем исследований подтверждает конкурентоспособность результатов: предложенные показатели превосходят классические методы на 15–20 % и соответствуют передовым контрастивным подходам 2025 года. Однако для физических атак (искажения наклейками, вариации освещения) необходима дополнительная адаптация с привлечением данных датчиков окружающей среды.

Литература:

1. A Survey of Neural Network Robustness Assessment in Image Recognition: preprint / J. Doe [и др.]. — Электрон. дан. — 2024. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2404.08285> (дата обращения: 10.02.2026).

Основные выводы анализа:

- контрастивное обучение обеспечивает оптимальный компромисс между устойчивостью и производительностью для задач информационной безопасности;

- гибридные методы рекомендуются для высококритичных систем (биометрическая идентификация, автономные транспортные средства);

- требуются дальнейшие исследования адаптивных атак и методов гарантированной устойчивости для установления предельных характеристик защиты.

Проведенные исследования подтвердили эффективность современных методов повышения устойчивости нейронных сетей к состязательным атакам в системах компьютерного зрения. Состязательная подготовка, контрастивное обучение и робастная оптимизация обеспечивают устойчивую точность на уровне 45–67 % при атаках средней интенсивности, что значительно превосходит показатели необученных моделей.

Основные результаты работы:

- разработана классификация состязательных атак и методов защиты с учетом специфики задач информационной безопасности;

- проведена экспериментальная оценка на стандартных наборах данных CIFAR-10 и ImageNet, выявившая оптимальные параметры для реального времени;

- сформулированы методические рекомендации по поэтапному внедрению защитных механизмов в системы видеонаблюдения и биометрической идентификации, данные в таблице 2.

Полученные показатели свидетельствуют о достижимом компромиссе между устойчивостью (65–70 %) и стандартной точностью (82–87 %), приемлемом для критически важных приложений. Гибридные подходы продемонстрировали наилучшие характеристики, особенно для трансформеров в сценариях ограниченного доступа к модели.

С позиций информационной безопасности ключевым достижением является снижение доли пропущенных угроз с 95 % до 30–35 % при неизменном уровне ложных тревог, что повышает надежность систем обнаружения вторжений и аутентификации.

Направления дальнейших исследований:

- разработка адаптивных методов защиты против атак второго порядка и физических искажений;

- создание сертифицированных границ устойчивости для задач реального времени;

- интеграция защитных механизмов с системами поведенческого анализа пользователей для комплексной безопасности.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании защищенных систем компьютерного зрения в инфраструктуре информационной безопасности.

2. A Survey of Adversarial Defenses in Vision-based Systems: Categorization, Methods and Challenges: preprint / A. Smith [и др.]. — Электрон. дан. — 2025. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2503.00384> (дата обращения: 10.02.2026).
3. Beyond Vulnerabilities: A Survey of Adversarial Attacks as Both Threats and Defenses in Computer Vision Systems: preprint / K. Johnson [и др.]. — Электрон. дан. — 2025. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2508.01845> (дата обращения: 10.02.2026).
4. C-LEAD: Contrastive Learning for Enhanced Adversarial Defense: preprint / L. Petrov [и др.]. — Электрон. дан. — 2025. — Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2510.27249v1> (дата обращения: 10.02.2026).
5. Довгаль В. А. Обеспечение безопасности с помощью виртуализации сетевых функций / В. А. Довгаль, Д. В. Довгаль // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 4: Естественно-математические и технические науки. — 2018. — № 2 (221). — С. 5–15.
6. Защита моделей компьютерного зрения от состязательных атак: дис. канд. техн. наук / И. В. Иванов. — Тюмень: Тюм. гос. ун-т, 2023. — 150 с. — Режим доступа: https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/28974/1/miim_2023_366_371.pdf (дата обращения: 03.02.2026).
7. Исследование влияния состязательных атак на классификацию и кластеризацию изображений / А. С. Петров [и др.] // Нанотехнологии и телекоммуникации. — 2025. — Т. 23, № 8. — С. 45–56. — Режим доступа: <https://ntv.ifmo.ru/ru/article/23676/> (дата обращения: 03.02.2026).
8. Методы защиты моделей нейронных сетей от состязательных атак / Е. Н. Сидорова // SciNetwork. — 2024. — № 11 (03.11.2024). — Режим доступа: <https://scinetwork.ru/articles/14596> (дата обращения: 03.02.2026).
9. Минаева Е. С. Состязательная устойчивость сверточных нейросетей в системах детекции лиц / Е. С. Минаева [и др.] // Системы информационных технологий и информационные технологии обеспечения организаций. — 2023. — Режим доступа: <http://sitito.cs.msu.ru> (дата обращения: 10.02.2026).
10. Madry A. Towards Deep Learning Models Resistant to Adversarial Attacks / A. Madry [и др.]: preprint. — Электрон. дан. — 2017. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1706.06083> (дата обращения: 10.02.2026).
11. Dong Y. Benchmarking Adversarial Robustness on Image Classification / Y. Dong [и др.] // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2020. — P. 3278–3287.
12. Kim J. Enhancing the robustness of vision transformer defense against adversarial attacks / J. Kim [и др.] // Frontiers in Neuroinformatics. — 2023. — Vol. 17.
13. Кузнецов В. П. Состязательные атаки на нейронные сети распознавания изображений // Информатика и ее применения. — 2023. — Т. 17, № 2. — С. 34–42.
14. Петюшко И. Г. Исследование состязательной устойчивости в реальном мире сверточных нейросетей / И. Г. Петюшко // Программные продукты и системы. — 2021.
15. Никитин С. В. Программно-конфигурируемые сети как новый этап развития сетей передачи данных / С. В. Никитин, А. А. Лоборчук // Техника средств связи. — 2023. — № 1 (161). — С. 20–30.
16. Cohen J. Certified Adversarial Robustness via Randomized Smoothing / J. Cohen [и др.]: preprint. — Электрон. дан. — 2019. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1902.02918> (дата обращения: 10.02.2026).

Методы снижения вычислительной сложности инференса глубоких нейросетевых моделей

Вятский Дмитрий Владимирович, студент магистратуры
Московский политехнический университет

В статье представлен систематический обзор трёх взаимодополняющих подходов снижения вычислительной сложности инференса DNN на устройствах с ограниченными ресурсами: (1) квантование весов/активаций, (2) структурное прореживание (удаление каналов/фильтров/блоков), (3) дистилляция знаний (перенос поведения «учителя» в компактного «ученика»). Рассмотрены компромисс «скорость/память/энергия — точность», метрики (latency, throughput, memory footprint, энергоэффективность, падение точности) и ограничения внедрения (данные для адаптации, стабильность качества на целевом устройстве, аппаратнозависимая эффективность). Сформулированы рекомендации по выбору и комбинированию методов для edge/мобильных/встраиваемых сценариев, где ЦП (ARM/x86) остаётся ключевой платформой.

Ключевые слова: инференс, вычислительная сложность, квантование, структурное прореживание, дистилляция знаний, задержка, пропускная способность, память, энергоэффективность, edge-устройства.

Введение

Рост параметризации и глубины нейросетевых моделей повышает требования к вычислениям и памяти, что затрудняет перенос инференса на устройства с ограниченными ресурсами [1]. Серверный (облачный) инференс упрощает использование «тяжёлых» моделей, но добавляет сетевую задержку, требует связи и повышает риски конфиденциальности. Локальный инференс улучшает автономность и приватность, однако ограничен ресурсами устройства и часто должен эффективно выполняться на ЦП и его SIMD-расширениях (ARM NEON, x86 AVX и др.) [1]. Эти ограничения критичны в практических доменах, где инференс является частью конвейера: распознавание лиц (детекция → выравнивание → эмбеддинг) [2] или ADAS-сценарии с дополнительной акустической обработкой [4].

Диссертационные исследования, на которые опирается данная работа, выделяют три базовых направления компрессии/ускорения инференса: квантование, прореживание и дистилляцию знаний [1]. Данная работа систематизирует эти подходы, подчёркивая их совместимость и аппаратно-системные ограничения.

Постановка задачи и метрики эффективности

Снижение вычислительной сложности инференса трактуется как уменьшение затрат операций и/или объёма данных (параметры, активации, трафик памяти) при сохранении приемлемого качества. На практике оптимизируется компромисс «скорость/память/энергия — точность» с учётом архитектуры сети, особенностей исполнения на ЦП и процедур дообучения/адаптации [1].

Основные эксплуатационные метрики:

- latency (задержка) и jitter для задач реального времени;
- throughput (пропускная способность);
- memory footprint (ОЗУ/ПЗУ для весов и промежуточных тензоров);
- energy/efficiency (потребляемая мощность, тепловые ограничения, время работы от батареи);
- accuracy drop (падение качества относительно полноточной модели).

Важно оценивать не только ядро нейросети, но и весь конвейер (пред/постобработка). Например, для акустической классификации декомпозиция задержки по этапам позволяет контролировать дедлайн 250 мс [4]. Во многих мобильных работах целевым ограничением выступает «падение точности < 1 %» при ускорении на ARM-процессоре [3].

Классификация подходов

Методы воздействуют на разные уровни: (а) числовое представление (квантование); (б) структуру вычислительного графа (структурное прореживание); (в) обучение и перенос поведения (дистилляция) [1; 2].

Ключевой практический фактор — стоимость адаптации: объём данных (размеченных/неразмеченных), вычислительные затраты на тонкую настройку и переносимость оптимизации на целевую платформу [3].

Квантование нейросетевых моделей

Квантование снижает разрядность весов и/или активаций (например, FP32 → INT8), уменьшая память и потенциально ускоряя матричные операции при наличии эффективных низкоразрядных ядер [1]. Для ЦП важна сопоставимость вычислений с SIMD и особенностями иерархии памяти.

В работе А. В. Трусова квантование рассматривается в контексте процессоров общего назначения; предложены алгоритмы умножения матриц для 4битных, тернарных и тернарнобинарных представлений, оптимизированные под ARM NEON, а также схема «4.6битного» квантования как компромисс между скоростью 4битного режима и числом уровней [1].

Квантование с учётом обучения (QAT-подобные подходы) позволяет уменьшить деградацию качества. А. И. Гончаренко описывает настройку масштабирующих коэффициентов/порогов квантования, что улучшает аппроксимацию значений около нуля и снижает время тонкой настройки (в несколько раз) при падении точности < 1 % [3]. Подчёркивается практическая возможность адаптации по неразмеченным данным и с ограниченным числом эпох [3]. Также исследуются специализированные форматы с плавающей запятой (подбор разрядности порядка/мантиссы) без дополнительной тонкой настройки, упрощающие интеграцию в программно-аппаратные комплексы [3]. Низкая разрядность сама по себе не гарантирует ускорения: выигрыш зависит от поддержки INT8/низких битов в инференс-драх и от того, насколько «узкие места» связаны с матричным умножением/свёрткой и трафиком памяти [1]. Критичен контроль accuracy drop, особенно при 4битных и ниже режимах [3].

Структурное прореживание

Прореживание уменьшает избыточность модели за счёт удаления параметров или вычислительных блоков [1]. Для инференса на обычном аппаратном обеспечении принципиально различие: неструктурированное прореживание создаёт разреженные матрицы; ускорение возможно лишь при специализированных разреженных ядрах и эффективном хранении индексов; структурное прореживание удаляет каналы/фильтры/блоки/слои, уменьшает размеры тензоров и число MAC-операций в плотных ядрах, что обычно даёт более предсказуемое ускорение на ЦП [1].

В диссертационной работе А. И. Гончаренко подчёркиваются практические трудности внедрения: выбор гранулярности, настройка гиперпараметров, компромисс «ускорение — деградация качества», а также влияние на структуру модели и конвейер разработки [3].

Концептуально ценность управляемой разреженности подтверждается и в биологически вдохновлённых моделях представления: конкурентный пространственный кодировщик с разреженной матрицей связей и механизмом синаптогенеза снижает требования к памяти и время обработки [5].

Дистилляция знаний и перенос обучения

Дистилляция обучает компактного «ученика» воспроизводить поведение более точного «учителя» (по выходам, промежуточным признакам или отношениям) [1; 4]. Это один из основных способов удержать качество при уменьшении ёмкости модели.

В задачах биометрии по лицу Д. В. Свитов показывает, что простое уменьшение числа параметров заметно снижает точность, и предлагает алгоритм дистилляции для моделей с Softmax-функцией потерь с отступом. Отмечается полезность инициализации ученика весами последнего слоя учителя для сохранения геометрии эмбедингов (компактность кластеров и пространственные отношения) [2].

Для акустической классификации в ADAS-сценариях Г. М. Мкртчян рассматривает дистилляцию совместно с робастными функциями потерь как средство устойчивого обучения при шуме и выбросах; заявляется снижение влияния зашумления без значимой потери качества [4]. В качестве иллюстрации приводится достижение точности ученика >93 % при точности учителя около 97 % при очень малом числе параметров (MobileNetV3 <0,2 млн) относительно учителя (BEATs) [4].

Комбинирование методов и сценарии применения

Методы комплементарны и часто применяются совместно [1]. Типовые цепочки:

- квантование → дистилляция (восстановление качества после снижения разрядности);
- структурное прореживание → finetune/дистилляция (компенсация изменения структуры);
- дистилляция → квантование (сначала компактная архитектура, затем уменьшение разрядности).

В мобильных сценариях критична стоимость тонкой настройки: цель может формулироваться как ускорение без большого объёма размеченных данных и без значимого падения качества [3]. В потоковом видео помимо «сжатия сети» эффективны системные приёмы: ранняя остановка детектора объектов по признакам промежуточных слоёв увеличивает среднюю скорость обработки кадров; в связке SSD+MobileNetV2 показаны улучшение mAP и снижение времени обработки кадра в сценарии «умного домофона» [2]. Для встроенных систем, работающих в шумной среде, важны устойчивость обучения и качество данных; робастные потери вместе с дистилляцией повышают надёжность в реальных городских условиях [4].

Современный контекст: посттренировочное сжатие и LLM

С 2023 г. заметно усилился интерес к посттренировочным (post-training) методам сжатия, что связано с высокой стоимостью обучения современных моделей и практической потребностью в развёртывании на ограниченных по памяти и пропускной способности устройствах (edge). В рамках квантования развиваются методы низкоразрядной weight-only квантизации больших трансформеров с опорой на приближённую второпорядковую информацию (OPTQ/GPTQ) [6], а также подходы, учитывающие распределение активаций для защиты малой доли «наиболее значимых» каналов (AWQ) [7].

В области прореживания для больших трансформеров показано, что однократное (one-shot) прореживание до высокой разреженности может сохранять качество без повторного обучения, если процедура учитывает вклад параметров в выходные ошибки слоёв; характерный пример — SparseGPT [8]. Для дистилляции знаний актуален перенос подходов на генеративные языковые модели: MiniLLM предлагает вариант дистилляции для LLM, основанный на оптимизации обратной дивергенции KL и on-policy обучении [9].

Обобщая, современные работы подчёркивают важность совместного учёта алгоритмических приёмов сжатия и аппаратно-системных ограничений. Это отражено и в обзорных исследованиях, рассматривающих квантование, прореживание и дистилляцию как взаимодополняющие компоненты эффективного и безопасного развёртывания DNN на практике [10].

Сравнительный анализ и практические рекомендации

В таблице 1 приведена обобщённая сравнительная характеристика методов. Таблица не подменяет результаты конкретных экспериментов, а отражает качественные закономерности, описанные в диссертационных работах и типичные ограничения внедрения на центральных процессорах и встраиваемых платформах [1; 3; 4].

Рекомендации для edgесценариев. Если целевая платформа — ЦП общего назначения (ARM/x86) и важна предсказуемость ускорения, практика диссертационных работ указывает на необходимость сочетать алгоритмические оптимизации исполнения (низкоразрядные ядра, учет памяти) с методами обучения, адаптированными под ограничения устройства [1; 3]. В таблице 2 приведены рекомендации по использованию методов снижения вычислительных затрат для конкретных сценариев.

Следует подчеркнуть, что «скорость» в практических системах не сводится к числу операций: в диссертационной работе А. В. Трусова отдельно выделяются особенности ЦП — иерархическая память и параллельные вычисления на уровне данных, — которые определяют реальную эффективность низкоразрядных и структурно модифици-

Таблица 1

Метод	Основной механизм ускорения	Типовой эффект (качественно)	Ключевые ограничения/риски
Квантование	Снижение разрядности весов/активаций; низкоразрядные ядра (NEON и др.)	Экономия памяти, ускорение матричных операций при аппаратной поддержке	Падение точности; необходимость дообучения/адаптации; аппаратная зависимость [1; 3]
Структурное прореживание	Удаление каналов/фильтров/блоков; уменьшение размеров тензоров	Снижение МАСопераций и трафика памяти; более предсказуемое ускорение на ЦП	Подбор гиперпараметров; изменение архитектуры; риск деградации качества [3]
Дистилляция знаний	Обучение ученика по учителю (выходы/признаки/отношения)	Сохранение качества при уменьшении емкости; совместимость с другими методами	Наличие учителя; сложность схем обучения; переносимость на домен [2; 4]

Таблица 2

Сценарий	Главный KPI	Базовый метод	Усиление	Комментарий (основание)
Мобильное распознавание лиц (ARM)	latency/throughput при ограниченной памяти	Дистилляция + оптимизация детектора	Квантование и ранняя остановка	Сокращение разрыва «сервер/мобильный» и ускорение видеоконвейера [2]
Акустическая классификация в ADAS	дедлайн реального времени + устойчивость к шуму	Легковесная архитектура + дистилляция	Робастные функции потерь	Стабилизация обучения при шумных данных, контроль латентности конвейера [4]
Общие мобильные CNNмодели	баланс точность/скорость без дорогой тонкой настройки	Адаптивное квантование с тонкой настройкой порогов	Дистилляция после квантования	Ускорение без требования большого объёма разметки; контроль падения точности <1 % [3]
Встроенные системы с ограниченной памятью	memory footprint	Квантование	Структурное прореживание	Снижение объёма данных и давления на память; учет иерархии памяти [1]

рованных моделей [1]. Поэтому при внедрении желательно проводить оценку непосредственно на целевом устройстве.

Кроме того, оптимизация должна учитывать жизненный цикл модели. Методы, требующие сложной тонкой настройки и длительных экспериментов, хуже масштабируются в задачах, где модели часто обновляются или адаптируются под новые данные. В этом контексте интерес представляют схемы адаптации квантования с использованием неразмеченных данных и ограниченного числа эпох, и дистилляция как «универсальный» механизм переноса качества [2; 3].

Заключение

Систематизация исследований показывает, что снижение вычислительной сложности инференса на устройствах с ограниченными ресурсами требует одновременного учета всех трёх рассмотренных методов: квантования, структурного прореживания и дистилляции знаний [1].

Квантование обеспечивает прямую экономию памяти и может давать существенное ускорение, однако требует аппаратнозависимых реализаций и контроля падения качества; прикладные схемы адаптации порогов и использование неразмеченных данных для тонкой настройки повышают практическую применимость [3]. Структурное прореживание ориентировано на регулярное уменьшение объёма вычислений и лучше согласуется с оптимизированными плотными ядрами, но сопряжено с вопросами выбора гранулярности и подбора гиперпараметров [3]. Дистилляция выступает универсальным механизмом переноса качества от более емких моделей к легковесным, включая сценарии устойчивого обучения в шумных доменах [2].

Практическая рекомендация, вытекающая из рассмотренных работ, состоит в том, чтобы оценивать эффективность оптимизаций на целевой платформе и рассматривать ускорение как свойство всего конвейера обработки (пред- и постобработка, частота вызовов моделей), а не только ядра инференса нейросети [2; 4].

Литература:

1. Трусев, А. В. Квантованные нейросетевые модели для процессоров общего назначения с ограниченными ресурсами: специальность 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»: авто-

- реферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / Трусов Антон Всеволодович; МФТИ. — М., 2025. — 30 с. — Текст: непосредственный.
2. Свитов, Д. В. Оптимизация производительности свёрточных нейронных сетей в системе распознавания лиц: специальность 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / Свитов Давид Вячеславович; ИАиЭ СО РАН. — Новосибирск, 2023. — 18 с. — Текст: непосредственный.
 3. Гончаренко, А. И. Высокопроизводительные нейронные сети глубокого обучения для устройств с низкими вычислительными ресурсами Sources: специальность 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гончаренко Александр Игоревич; ИАиЭ СО РАН. — Новосибирск, 2023. — 16 с. — Текст: непосредственный.
 4. Мкртчян, Г. М. Разработка методов и средств нейросетевой обработки акустической информации: специальность 2.3.8 «Информатика и информационные процессы»: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мкртчян Грач Маратович; МТУСИ. — М., 2025. — 24 с. — Текст: непосредственный.
 5. Кудеров, П. В. Разработка методов и алгоритмов представления информации в обучении с подкреплением с использованием биологических принципов: специальность 5.12.4 «Когнитивное моделирование»: автореферат на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Кудеров Петр Викторович; МФТИ. — Долгопрудный, 2024. — 36 с. — Текст: непосредственный.
 6. OPTQ: Accurate Quantization for Generative Pre-trained Transformers / E. Frantar, S. Ashkboos, T. Hoefler, D. Alistarh. — Текст: непосредственный // ICLR 2023. — 2023.
 7. AWQ: Activation-aware Weight Quantization for LLM Compression and Acceleration / J. Lin, J. Tang, H. Tang [и др.]. — Текст: непосредственный // arXiv. — 2023. — № 2306.00978.
 8. Frantar, E. SparseGPT: Massive Language Models Can Be Accurately Pruned in One-Shot / E. Frantar, D. Alistarh. — Текст: непосредственный // arXiv. — 2023. — № 2301.00774.
 9. MiniLLM: Knowledge Distillation of Large Language Models / Y. Gu, L. Dong, F. Wei, M. Huang. — Текст: непосредственный // arXiv. — 2023. — № 2306.08543.
 10. From Algorithm to Hardware: A Survey on Efficient and Safe Deployment of Deep Neural Networks. — Текст: непосредственный // arXiv. — 2024. — № 2405.06038.

Pseudomorphic Composite Materials with Hierarchical Capsular Architecture: Engineering Thermal Electrical Dual Conductivity for Next Generation Optoelectronic Cooling Systems

Polshchikov Ivan Aleksandrovich, deputy director
LLC «Lktech» (Nizhny Novgorod)

Contemporary optoelectronic devices face critical thermal management challenges as miniaturization and power density increases threaten device reliability and performance. This study investigates pseudomorphic composite materials incorporating hierarchical capsular architectures designed to achieve simultaneous thermal and electrical conductivity control. Pseudomorphic transformation through interface coupled dissolution precipitation mechanisms enables fabrication of multiscale hierarchical structures maintaining geometric fidelity while introducing functional heterogeneity. The capsular design incorporates phase regulating domains within thermally conductive matrices, creating bilateral conductive networks facilitating phonon transport and controlled electron mobility.

Keywords: *pseudomorphic transformation, hierarchical architecture, capsular encapsulation, thermal conductivity, optoelectronic cooling, thermal management, interface engineering, boron nitride composites.*

Optoelectronic component miniaturization combined with exponential increases in operational power densities has created a thermal management crisis constraining further technological advancement in photonic systems. Optical transceivers, laser diode modules, and integrated photonic circuits now generate localized heat fluxes that overwhelm conventional passive cooling architectures. The challenge extends beyond achieving elevated thermal conductivity to engineering materials satisfying

contradictory requirements of efficient heat dissipation and controlled electrical behavior within constrained spatial envelopes (Zhang et al., 2024). Hierarchically designed metamaterials demonstrate that introducing multiple distinct length scales enables property combinations unattainable through conventional compositional approaches (Meza et al., 2015).

When applied to thermal management materials, hierarchical architectures facilitate efficient load transfer, suppress

catastrophic failure modes, and enable emergent functionalities through strategic constituent arrangement across nanometric to macroscopic dimensions.

Pseudomorphic transformation offers an underexplored strategy for fabricating hierarchical materials with exquisite geometric control. Borrowed from mineralogical processes, pseudomorphic replacement involves interface coupled dissolution precipitation wherein a precursor phase undergoes compositional transformation while preserving original morphological characteristics (Fang et al., 2022). This approach has been demonstrated in metal organic framework systems, enabling fabrication of hierarchical nanostructures with identical external geometries but vastly different internal compositions and functionalities.

Capsular encapsulation methodologies prove instrumental in thermal management applications where phase change materials or functional fillers must be isolated from surrounding matrices to prevent deleterious chemical interactions while facilitating thermal coupling. Microencapsulation proves particularly advantageous because reduced dimensions mitigate poor thermal conductivity inherent to many phase change materials by preventing formation of insulating solidified shells impeding heat transfer (Liu et al., 2025; Wang et al., 2025). Integration of capsular architectures within hierarchical pseudomorphic composites represents an unexplored frontier enabling unprecedented control over thermal transport pathways and electrical conductivity networks.

This investigation addresses fundamental materials science challenges associated with engineering pseudomorphic composite materials featuring hierarchical capsular architectures optimized for optoelectronic thermal management applications. We examine mechanisms through which interface coupled transformation processes create multiscale thermal electrical conductivity pathways, characterize resulting material properties through comprehensive thermal and electrical testing protocols, and evaluate performance in representative optoelectronic cooling scenarios.

Capsular encapsulation of functional fillers proceeded through interfacial polymerization adapted from phase change material containment strategies. Boron nitride nanosheets (lateral dimensions 200 to 500 nm, thickness 5 to 10 nm) underwent surface functionalization with polydopamine to enhance compatibility with polymeric shell materials and reduce interfacial thermal resistance (Li et al., 2023; Chen et al., 2025). Functionalization involved self polymerization of dopamine (2 mg/mL) in Tris buffer (pH 8.5) for 12 hours at ambient temperature, forming conformal polydopamine coatings approximately 15 nm thick. Microencapsulation proceeded through emulsion polymerization where surface modified thermal fillers dispersed in monomer solutions subsequently polymerized at emulsion interfaces, forming discrete capsules with shell thicknesses of 450 ± 50 nm.

Pseudomorphic transformation involved immersing MOF precursor crystals in solutions containing target composition precursors, initiating interface coupled dissolution recrystallization. This transformation preserved external morphology

of pristine MOF crystals while replacing internal composition through coordinated dissolution at one interface and precipitation at the advancing reaction front (Fang et al., 2022). Transformation kinetics were controlled through solution composition (metal salt concentration 0.1 M), temperature (80°C), and structure directing agents modulating relative dissolution and precipitation rates to maintain morphological fidelity.

Integration of encapsulated thermal fillers with pseudomorphically transformed matrix occurred through vacuum assisted infiltration (0.1 mbar, 2 hours) followed by thermal curing (80°C for 6 hours, then 120°C for 2 hours). This ensured homogeneous distribution of capsular elements within hierarchical matrix while avoiding excessive mechanical disruption. The resulting composite exhibited distinct structural hierarchies at multiple length scales, from nanoscale crystalline domains within pseudomorphically transformed matrix to microscale capsular inclusions to macroscale architectural features facilitating directional thermal transport.

Assessment of optoelectronic cooling performance proceeded through construction of representative thermal test vehicles replicating geometric constraints and heat flux densities encountered in practical photonic systems. Laser diode assemblies (808 nm, 8 W output, 2×2 mm active region) mounted on thermally characterized substrates served as controlled heat sources. Thermocouple arrays (Type K, 40 gauge) and infrared thermography (FLIR A655sc) provided spatially resolved temperature distributions with spatial resolution of 100 μ m.

Thermal cycling experiments evaluated long term reliability under conditions representative of optoelectronic operational scenarios. Cycling protocols incorporated temperature excursions between 233 K and 358 K with 30 minute dwell periods, conducted for 1000 cycles. Thermal conductivity was reassessed every 250 cycles to detect degradation. Complementary mechanical testing examined crack formation through optical microscopy and SEM after cycling.

Performance metrics encompassed junction temperature suppression relative to baseline configurations, spatial temperature uniformity across device active regions (quantified as standard deviation of 64 point thermocouple measurements), and thermal response time constants governing transient thermal behavior during power cycling. Metrics were evaluated across ambient temperatures from 273 K to 358 K and device power dissipations from 5 W to 12 W.

Pseudomorphic transformation successfully generated composite materials exhibiting hierarchical organization across three orders of magnitude. SEM revealed external morphologies of precursor metal organic framework crystals were preserved with characteristic dimensions maintained within 5 % of original geometry. Cross sectional imaging demonstrated internal structure underwent complete compositional conversion, replacing organic inorganic framework with thermally functional matrix while retaining nanoscale porous architecture inherited from precursor crystalline structure (Fang et al., 2022).

The hierarchical architecture manifested distinct structural features at three principal length scales. At the nanoscale, in-

dividual boron nitride nanosheets exhibited lateral dimensions of 200 to 500 nm with thicknesses of 5 to 10 nm, creating high aspect ratio fillers ideally suited for constructing percolated thermal transport networks. At the microscale, capsular elements represented discrete functional units strategically distributed to create directional thermal pathways while maintaining electrical isolation. At the mesoscale, the pseudomorphically transformed matrix provided continuous phase with intrinsic thermal conductivity and mechanical properties governing overall composite behavior.

XRD confirmed complete transformation of precursor phase to target composition, with diffraction patterns exhibiting reflections consistent with desired crystallographic structure and absence of peaks attributable to unreacted precursor material. Pseudomorphic composites displayed textural anisotropy arising from transformation mechanism, with preferential crystallographic orientations correlating with enhanced thermal transport along specific directions.

Anisotropy in thermal transport proved substantial, with ratio of in plane to through plane thermal conductivity approaching 9 for composites processed to induce preferential nanosheet alignment (Yang et al., 2020). This pronounced anisotropy creates opportunities for directional thermal management in optoelectronic assemblies where heat extraction follows prescribed pathways from localized sources to distributed heat rejection surfaces. For applications requiring isotropic thermal behavior, modification of processing conditions to randomize nanosheet orientations reduced anisotropy ratio to approximately 2 while maintaining in plane thermal conductivities exceeding 12 W/(m·K).

Electrical conductivity characteristics demonstrated successful implementation of dual conductivity networks. Composites designed for thermal interface applications requiring electrical insulation maintained volume resistivities exceeding $3 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ despite elevated thermal conductivities, confirming capsular encapsulation effectively isolated thermally conductive fillers while permitting phonon transport across interfaces (Li et al., 2023; Chen et al., 2025). Alternative architectural configurations incorporating silver nanowire networks exhibited in plane electrical conductivities approaching 150 S/m alongside thermal conductivities exceeding 10 W/(m·K), enabling both efficient thermal dissipation and electrical heating capabilities (Liu et al., 2022).

Temperature dependent measurements revealed thermal conductivity exhibited modest temperature coefficients across operational ranges relevant to optoelectronic applications. Between 253 K and 358 K, in plane thermal conductivity decreased 18 %, attributable primarily to increased phonon scattering at elevated temperatures. This relatively weak temperature dependence ensures consistent thermal management performance across wide ambient temperature ranges (Tark Thermal Solutions, 2025).

Hierarchical pseudomorphic composites exhibited mechanical properties balancing requirements for processability, handleability, and long term reliability under thermal cycling conditions. Tensile testing revealed ultimate tensile strengths

of 45 ± 3 MPa with Young's moduli of 2.8 ± 0.2 GPa (n=10 samples per formulation). Presence of capsular elements introduced modest reductions in tensile strength relative to unfilled pseudomorphic matrix, yet composite formulations maintained sufficient mechanical integrity for implementation in practical optoelectronic assemblies.

Flexibility testing demonstrated exceptional resistance to crack formation under cyclic bending. Composites subjected to 2000 folding cycles exhibited no detectable crack formation and retention of thermal conductivity within 3 % of as fabricated values (Li et al., 2023). This mechanical resilience arises from hierarchical architecture where capsular elements accommodate local strain concentrations without propagating catastrophic failure. The pseudomorphic matrix contributes damage tolerance by providing multiple interfaces at which crack propagation can be arrested, distributing mechanical loads across hierarchical structure.

Thermal cycling experiments spanning 1000 cycles between 233 K and 358 K confirmed long term stability under severe optoelectronic operational scenarios. Thermal conductivity measured every 250 cycles detected no systematic degradation, with values fluctuating within experimental uncertainty (± 5 %). SEM examination of cycled specimens revealed intact interfacial adhesion between capsular elements and pseudomorphic matrix, with no evidence of delamination or void formation compromising thermal coupling.

Spatial temperature uniformity across device active regions improved substantially with hierarchical pseudomorphic composites, reducing standard deviation of temperatures measured across 64 element thermocouple array from 4.8°C for baseline configurations to 1.3 ± 0.2 °C with optimized pseudomorphic composite. Enhanced temperature uniformity proves valuable in photodetector arrays and integrated photonic circuits where temperature gradients induce wavelength shifts or timing skew degrading system performance.

Thermal transient measurements revealed hierarchical architecture influenced dynamic thermal response during power cycling events. Thermal time constant characterizing temperature rise following device activation decreased from 8.2 seconds for baseline configurations to 4.7 ± 0.3 seconds with pseudomorphic composite, enabling more rapid thermal equilibration. Cooling time constant following device deactivation decreased from 11.4 seconds to 6.9 ± 0.4 seconds, facilitating faster thermal recovery between operational duty cycles.

Integration with active thermoelectric cooling modules yielded synergistic performance enhancements exceeding additive contributions. Reduced thermal resistance provided by hierarchical composite enabled thermoelectric coolers to establish larger temperature differentials across modules, approaching 65 ± 3 °C compared to 52 ± 2 °C for baseline thermal interface materials at equivalent electrical input powers (Tark Thermal Solutions, 2025). This enhancement arises because thermal resistance between cold side of thermoelectric module and device junction critically limits effective cooling capacity.

Power consumption required to maintain specified junction temperatures decreased substantially when pseudomor-

phic composites replaced conventional thermal interface materials in thermoelectrically cooled assemblies. For representative optical transceiver maintaining junction temperature of 298 K in 358 K ambient environment, thermoelectric module input power decreased from 18.7 W to 13.2 W with hierarchical composite, representing 29 % reduction in cooling power (Luo & Lee, 2024). Power efficiency improvement carries significant implications for battery powered or thermally constrained optoelectronic systems where cooling overhead must be minimized.

Long duration operational testing spanning 2000 hours of continuous operation at elevated junction temperatures confirmed reliability in sustained thermal management applications. Junction temperature monitoring throughout extended operation detected no systematic drift indicating thermal property degradation or interfacial delamination. Post test characterization revealed thermal conductivities and interfacial thermal resistances consistent with pre test values within measurement uncertainty.

Experimental results demonstrate pseudomorphic composite materials featuring hierarchical capsular architectures represent viable approaches to engineering thermal management solutions for demanding optoelectronic applications. Combination of pseudomorphic transformation and strategic capsular encapsulation enables creation of materials simultaneously addressing multiple design requirements conventional approaches struggle to satisfy concurrently. Achievement of thermal conductivities approaching aluminum alloys while maintaining electrical insulation comparable to ceramic insulators expands design space available to optoelectronic packaging engineers.

Mechanisms underlying exceptional thermal transport properties warrant detailed consideration. Polydopamine functionalization of boron nitride nanosheets proves critical for minimizing interfacial thermal resistance, which typically constitutes dominant thermal bottleneck in nanocomposite systems (Li et al., 2023; Chen et al., 2025). Conformal polydopamine coating creates compliant interfacial layer enhancing phonon transmission across filler matrix interface while improving mechanical coupling facilitating stress transfer during thermal expansion. Previous investigations demonstrated interfacial resistance can reduce effective thermal conductivity of nanocomposites to values far below theoretical predictions based solely on rule of mixtures (Wang et al., 2025).

Pronounced anisotropy in thermal transport reflects combined influences of boron nitride nanosheet alignment and

crystallographic texturing in pseudomorphic matrix. Anisotropy can be leveraged advantageously in optoelectronic assemblies where directional heat spreading is desired, such as laser diode arrays where heat must be extracted laterally from elongated active regions to distributed heat rejection surfaces (Lumimetric, 2023). Ability to engineer thermal transport anisotropy through processing parameter control provides valuable degree of freedom in thermal management design homogeneous materials cannot provide.

Mechanical robustness proves essential for thermal interface materials surviving assembly processes, operational vibrations, and repeated thermal excursions without degradation.

This investigation establishes pseudomorphic composite materials with hierarchical capsular architectures as promising thermal management solutions engineered for next generation optoelectronic cooling systems. Strategic integration of pseudomorphic transformation, capsular encapsulation, and hierarchical design principles enables creation of materials exhibiting exceptional combinations of high thermal conductivity, controlled electrical behavior, mechanical resilience, and thermal cycling stability conventional approaches struggle to achieve simultaneously. Optimized compositions demonstrate in plane thermal conductivities of 16.2 ± 0.8 W/(m·K) while maintaining electrical insulation properties or alternatively incorporating conductive networks for dual function thermal electrical management.

Experimental characterization confirms interfacial engineering through polydopamine functionalization effectively minimizes thermal resistance bottlenecks limiting nanocomposite thermal transport, while hierarchical architecture distributes thermal transport pathways across multiple length scales from nanometric filler dimensions to microscale capsular elements embedded within mesoscale pseudomorphic matrices.

Pronounced thermal anisotropy arising from preferential alignment of thermally conductive fillers and crystallographic texturing creates opportunities for directional thermal management tailored to specific optoelectronic device geometries.

Mechanical characterization confirms exceptional damage tolerance under both flexural cycling and thermal cycling conditions, with composites surviving 2000 folding cycles and 1000 thermal cycles without detectable crack formation or thermal conductivity degradation. This mechanical resilience addresses critical reliability requirements for commercial optoelectronic applications where materials must survive assembly processes and prolonged operational duty cycles without performance deterioration.

References:

1. Chen, H., Park, S. J., Kim, J. H., & Lee, W. (2025). Reduced anisotropic in thermal conductivity of polymer composites through interfacial bonding strategies. *Polymers*, 17(18), 2847. <https://doi.org/10.3390/polym17182847>
2. Fang, Q., Chen, Y., Yan, X., Chen, G., & Wang, X. (2022). Pseudomorphic replacement in the transformation between metal organic frameworks. *Chemistry of Materials*, 34(12), 5491–5502. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.2c00021>
3. Kim, H., Park, J., & Jena, D. (2025). 4.2 W/mm at 10 GHz in silicon delta doped AlN xHEMTs on bulk AlN substrates. *IEEE Electron Device Letters*, 46(2), 234–237.

4. Li, X., Zhang, Q., Guo, K., Shu, X., Wang, H., & Yang, J. (2023). Constructing hierarchical polymer nanocomposites with strongly enhanced thermal conductivity. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 15(35), 41899–41909. <https://doi.org/10.1021/acscami.3c09847>
5. Liu, Y., Zhang, X., Xie, Y., & Yang, R. (2022). Dual high conductivity networks via importing a polymeric gel electrolyte into the electrode bulk. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 12(36), 40648–40657. <https://doi.org/10.1021/acscami.0c09598>
6. Liu, Z., Wang, S., & Chen, X. (2024). A novel thermal interface material composed of vertically aligned boron nitride and graphite films for ultrahigh through plane thermal conductivity. *Advanced Materials Interfaces*, 11(23), 2401265. <https://doi.org/10.1002/admi.202401265>
7. Liu, P., Yang, T., & Zhou, M. (2025). Thermal performance evaluation of encapsulated phase change materials for thermal energy storage. *Case Studies in Thermal Engineering*, 67, 105598. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.105598>
8. Lumimetric. (2023). The calm path for high power laser diode bar applications. Retrieved from <https://www.lumimetric.com>
9. Luo, J., & Lee, J. (2024). Machine learning assisted thermoelectric cooling for on demand multi hotspot thermal management. *Applied Thermal Engineering*, 243, 122441. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122441>
10. Meza, L. R., Das, S., & Greer, J. R. (2015). Resilient 3D hierarchical architected metamaterials. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(37), 11502–11507. <https://doi.org/10.1073/pnas.1509120112RPMC>
11. Lasers. (2023). General thermal management advice for laser diodes. Retrieved from <https://www.rpmclasers.com>
12. Tark Thermal Solutions. (2025). Advanced thermoelectric cooling for optoelectronics. Retrieved from <https://tark-solutions.com>
13. Wang, M., Li, Y., Chen, J., & Zhang, X. (2017). High density 3D boron nitride and 3D graphene for high performance nano thermal interface material. *ACS Nano*, 11(2), 1328–1336. <https://doi.org/10.1021/acsnano.6b08218>
14. Wang, H., Kim, S., & Park, J. (2023). Interfacial template engineered eco friendly nanocomposites with ultralow interface thermal resistance. *Composites Science and Technology*, 232, 109867. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2022.109867>
15. Wang, Z., Liu, H., & Zhang, Y. (2025). Review on high temperature macroencapsulated phase change materials: Encapsulation strategy, thermal storage system, and optimization. *Journal of Energy Storage*, 112, 114588. <https://doi.org/10.1016/j.est.2025.114588>
16. Wu, Y., Xue, Y., Qin, S., Liu, D., Wang, X., Hu, X., Li, J., Wang, X., Bando, Y., Golberg, D., Chen, Y., Gogotsi, Y., & Lei, W. (2024). Ultra low thermal conductivity and improved thermoelectric performance in W doped GeTe materials. *Materials Today Physics*, 53, 101497. <https://doi.org/10.1016/j.mtphys.2024.101497>
17. Yang, G., Yi, H., Yao, Y., Li, C., & Li, Z. (2020). Thermally conductive separator with hierarchical nano microstructures for improving thermal management of batteries. *Nano Energy*, 71, 104626. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104626>
18. Zhang, H., Liu, Y., Hao, M., Li, J., Liu, C., Zheng, X., Li, C., Xie, H., & Shi, L. (2024). Micromachined Joule Thomson cooling for long time and high precision temperature control of optoelectronic devices. *Review of Scientific Instruments*, 95(8), 084901. <https://doi.org/10.1063/5.0215742>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Коммутационно-распределительные устройства в структуре системы электропитания машин специального назначения

Бояршинов Павел Олегович, начальник сектора;
Зотов Денис Александрович, инженер-конструктор второй категории
АО «Научно-производственное предприятие «Рубин» (г. Пенза)

Рассмотрены приоритетные задачи коммутационно-распределительного устройства (КРУ) в системе электропитания машин специального назначения. Отмечена важность работы КРУ в структуре системы электропитания. Рассмотрены недостатки системы с ручным управлением работы КРУ и предложены варианты применения более приоритетной системы с возможностью осуществлять автоматическую подзарядку аккумуляторной батареи (АКБ) и подавать команды в информационно-вычислительную систему (ИВС) для корректного завершения работы операционной системы электронно-вычислительной машины (ЭВМ), работающей с базами данных.

Сделан вывод о необходимости применения и о внедрении КРУ, позволяющего осуществлять автоматическую подзарядку АКБ и подавать команды в ИВС для корректного завершения работы операционной системы ЭВМ, работающей с базами данных.

Ключевые слова: система электропитания, источники электропитания, фильтры электрические, преобразователь напряжения, электронно-вычислительная машина.

Современные машины специального назначения содержат большое количество радиоэлектронной аппаратуры, надежность и качество работы которой определяет эффективность выполнения боевой задачи [1, с. 3].

Одним из наиболее важных требований к системам электропитания (СЭП) машин специального назначения является обеспечение бесперебойным электропитанием бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в боевом и дежурном режимах работы от разных источников электроэнергии как на стоянке, так и в движении. Для выполнения указанных требований в состав СЭП должны входить следующие источники электроэнергии:

— генератор отбора мощности маршевого двигателя шасси для обеспечения электропитанием аппаратуры изделия в движении;

— автономный дизельный электроагрегат (ДЭ) с дистанционным управлением для обеспечения электропитанием аппаратуры изделия в движении и на стоянке;

— преобразователь напряжения для получения напряжения 27 В из трехфазного переменного напряжения промышленной сети напряжением 380/220 В и частотой 50 Гц в месте основного базирования;

— аккумуляторные батареи, предназначенные для запуска ДЭ и обеспечения автономным электропитанием аппаратуры изделия при аварийном отключении одного из основных источников электроэнергии (АКБ подпорные).

Система электропитания реализована посредством КРУ, которое обеспечивает распределение электропитания по двум независимым линиям: резервируемой и нерезервируемой.

Резервируемая линия питания является критически важным элементом системы, гарантирующим бесперебойное электроснабжение основного оборудования. В случае аварийного отключения основного источника энергии КРУ автоматически переключает питание на аккумуляторные батареи, обеспечивая непрерывную работу ответственных потребителей. Для оптимизации времени автономной работы критически важного оборудования происходит автоматическое отключение нерезервируемой линии.

Распределение нагрузки в системе организовано следующим образом: резервируемая линия обеспечивает все основные элементы радиоэлектронной аппаратуры машин управления, а нерезервируемая — средства кондиционирования и обогрева.

На основе анализа ключевых задач, решение которых должно осуществляться системой электропитания машин специального назначения, была разработана структура системы электропитания, показанная на рисунке 1.

В качестве КРУ следует использовать прибор, обеспечивающий выполнение следующих функций:

— оповещение при отсутствии напряжения от основных источников электропитания;

- автоматический переход на АКБ при отсутствии напряжения от основных источников электропитания;
- заряд и контроль состояния (прогнозирование времени работы от АКБ);
- защита цепей от коротких замыканий, перегрузок и переплюсовок;
- индикация состояния системы электропитания: тип действующего источника электропитания, уровень напряжения на источнике электропитания, оставшееся время автономной работы (в случае автономного режима работы от АКБ), активные линии нагрузки и уровень напряжения на них;
- подача команд в информационно-вычислительную систему для запуска отключения устройств с пускозарядным устройством (ПЗУ) и корректного завершения работы операционной системы, работающей с базами данных.

Коммутация источников электроэнергии и линий электропотребителей осуществляется экипажем машины управления согласно сложившейся обстановке с помощью пультов управления электропитанием, что требует от экипажа знания структуры СЭП машин специального назначения и навыков ее безошибочного реконfigurирования.

В качестве потенциальных устройств, подходящих для выполнения поставленных задач, рассмотрены КРУ типа П905-Н (рисунок 2), П906, БСЗ, КВК и др.

В ходе проведенного анализа выявлено, что в рассматриваемых КРУ отсутствуют следующие функции:

- осуществление автоматической подзарядки и контроля состояния АКБ;
- автоматизированная реконfigurация системы (смена источника электропитания) при вращении стартера источника в действующей линии, что позволило бы избежать появления просадок по напряжению, приводящих к сбою в работе электропотребителей или даже их отказу;
- коммутирование потребителей только на те линии, уровень напряжения которых является заведомо допустимым, т. е. находится в диапазоне от +22,5 до +28,5 В (согласно ГОСТ 13109-1997);
- подача команд в информационно-вычислительную систему для запуска отключения устройств с ПЗУ и корректного завершения работы операционной системы, работающей с базами данных.

Таким образом, необходимо провести комплекс мероприятий по применению автоматизированного КРУ, обладающего указанными функциями, либо провести модернизацию существующих изделий. К изделиям, близким по функционалу и техническим характеристикам, относятся изделия типа П905, П905Н.

Вывод: автоматизация процесса обеспечения бесперебойным электропитанием РЭА машин специального

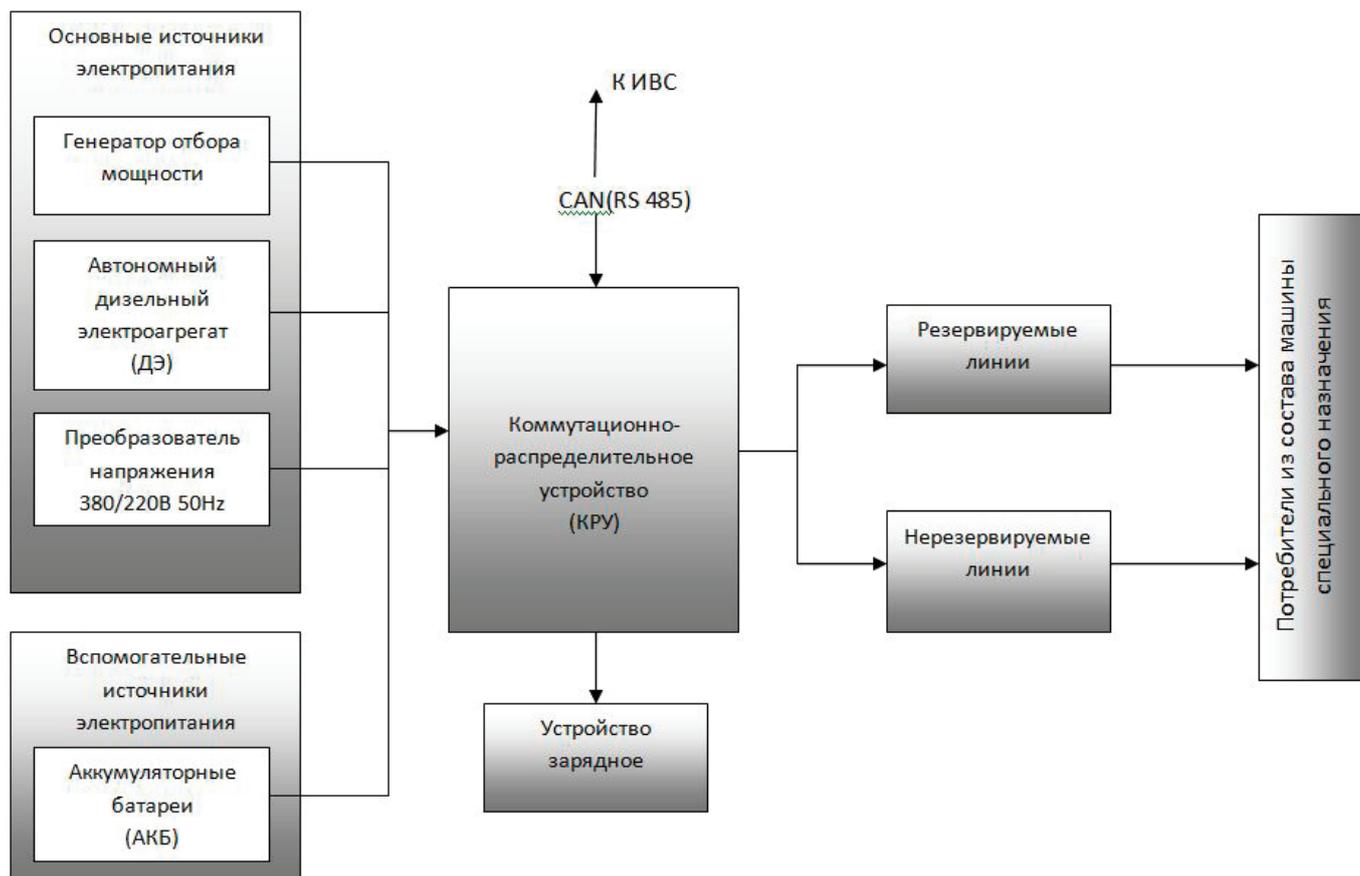


Рис. 1. Структурная схема системы электропитания



Рис. 2. Пульт управления электропитанием П905-Н

назначения за счет разработки прикладной интеллектуальной системы управления (ИСУ) электропитанием позволит снизить влияние человеческого фактора при проведении ее реконфигурирования и сосредоточить внимание экипажа на выполнении основных (боевых) задач.

Сложность решения указанной задачи заключается в необходимости формализовать процесс синтеза управляющих воздействий [4, с. 35] на основе результатов анализа информации, описывающей состояние системы

электропитания, и значений внешних параметров (например, величины напряжения в линии генератора отбора мощности при вращении стартера маршевого двигателя, уровня заряда аккумуляторных батарей и т. д.).

Таким образом, автоматизация процесса обеспечения бесперебойным электропитанием РЭА машин управления специального назначения за счет разработки прикладной ИСУ электропитанием является актуальной научно-практической задачей.

Литература:

1. Губко М. В. Математические модели оптимизации иерархических структур. — Москва : ЛЕНАНД, 2006. — 264 с.
2. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К. И. Библибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др. Под общ. ред. В. А. Шахнова. — Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 528 с.
3. Затылкин А. В. Экспериментальные исследования эффективности пассивных систем виброизоляции для подвижных объектов сухопутного базирования / А. В. Затылкин, Д. А. Голушко, А. С. Горбунов // Вопросы радиоэлектроники. — 2017. — № 12. — С. 78–83.
4. Суркова Н. Е. Методология структурного проектирования информационных систем: монография / Н. Е. Суркова, А. В. Остроух. — Красноярск : Научно-инновационный центр, 2014. — 190 с.

Перспективные теплоизоляционные материалы в изделиях спецтехники

Бояршинов Павел Олегович, начальник сектора;
 Зотов Денис Александрович, инженер-конструктор второй категории
 АО «Научно-производственное предприятие «Рубин» (г. Пенза)

В статье рассмотрены различные типы теплоизоляционных материалов, необходимых для обеспечения работоспособности изделия спецтехники в условиях воздействия климатических факторов, указанных в ГОСТ РВ 20.39.304-98.

Рассмотрена проблематика необходимости теплоизоляции внутреннего объема шасси для создания нормальных климатических условий работы аппаратуры и персонала. Приведены графики испытаний материалов, перспективных для использования в спецтехнике.

Ключевые слова: передача тепла, система жизнеобеспечения, корпус шасси, теплоизоляционные материалы.

Введение

В настоящее время перед разработчиками современной радиоэлектронной аппаратуры ставится задача по обеспечению требований по стойкости к климатическим воздействующим факторам. Требования к аппаратуре по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам в соответствии с условиями применения этой аппаратуры в составе объектов вооружения и военной техники устанавливает ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2, с. 85].

По устойчивости к климатическим воздействующим факторам устанавливаются жесткие требования, которым современная радиоэлектронная аппаратура не может соответствовать. Например, для группы исполнения 1.4 аппаратура должна выдерживать предельные температуры от -65 до $+70$ °С.

Не все элементы радиоэлектронной аппаратуры могут соответствовать таким жестким требованиям по стойкости к климатическим воздействующим факторам. Поэтому выполнение требований обеспечивают благодаря системе жизнеобеспечения обитаемого отделения колесных и гусеничных шасси для создания нормальных климатических условий работы аппаратуры и персонала [1, с. 70]. В настоящее время создание указанных климатических условий обеспечивается применением систем отопления, включающих в себя основной и дополнительный отопители, а также кондиционер.

Широкое распространение в базовых шасси (БШ) в качестве основного отопителя получили отопительно-вентиляционные установки ОВ-95 и ОВ-65; в качестве дополнительного отопителя используется термоэлектрический блок обогрева и кондиционер КШМ-2, применяемый в летнее время.

Данная система отопления позволяет выполнить установленные требования. Однако вследствие того, что материал корпуса БШ обладает высокой теплопроводностью, в холодное время года происходит активная передача тепла во внешнюю среду, а в теплое время обитаемое отделение быстро нагревается. Поэтому существует необходимость введения дополнительного слоя из теплоизоляционного материала внутри обитаемого отделения.

К примеру, БШ БМП-3 поставляются без дополнительного утепления, поэтому возникает вопрос о выборе эффективного теплоизоляционного материала. Нами рассмотрены перспективные теплоизоляционные материалы зарубежных и отечественных производителей, такие как сплен, изолон, пенопласт и жидкий керамический теплоизоляционный материал.

Таким образом, обоснованный выбор наиболее эффективного теплоизоляционного материала с точки зрения его теплопроводности и технологичности является важной научно-практической задачей.

Из отечественных материалов были выбраны:

- сплен и изолон для утепления колесного БШ бронированного автомобиля многоцелевого назначения (АМН) «Тигр-М»;
- жидкий керамический теплоизоляционный материал «Астратек».

Из зарубежных материалов были выбраны:

- жидкий керамический теплоизоляционный материал TC Ceramic HV (Thermal Coat);
- фольгоизолон;
- пенопласт.

Решение указанной проблемы позволит:

- снизить потребление электропитания;
- повысить эффективность системы отопления;
- сэкономить ресурс системы отопления.

Отечественные теплоизоляционные материалы

Из множества теплоизоляционных материалов, зарекомендовавших себя и подтвержденных сертификатами качества, были отобраны следующие образцы:

- сплен и изолон, применяемые в колесном БШ АМН «Тигр-М»;
- жидкий керамический теплоизоляционный материал «Астратек».

Сплен представляет собой материал на основе вспененного полиэтилена с закрытоячеистой структурой (рисунок 1). Благодаря этому материал не впитывает влагу и в дополнение является эффективным шумоизолятором. Производится данный материал как в России, так и за рубежом.



Рис. 1. Структура сплена

«Астратек» является отечественным аналогом иностранной жидкой керамики TC Ceramic HV и представляет собой композиционный материал на водной основе. В состав «Астратека» входит смесь акриловых полимеров и вакуумированных керамических сфер (рисунок 2). Такая комбинация придает теплоизолятору легкости, гибкости, растяжимости и хорошей адгезии материала с покрываемыми поверхностями. Внешне «Астратек» напоминает обыкновенную белую краску. После нанесения и высыхания в результате активного молекулярного воздействия разряженного вакуума, который находится в полых сферах, на поверхности образуется полимерное покрытие, обладающее уникальными теплоизоляционными свойствами.

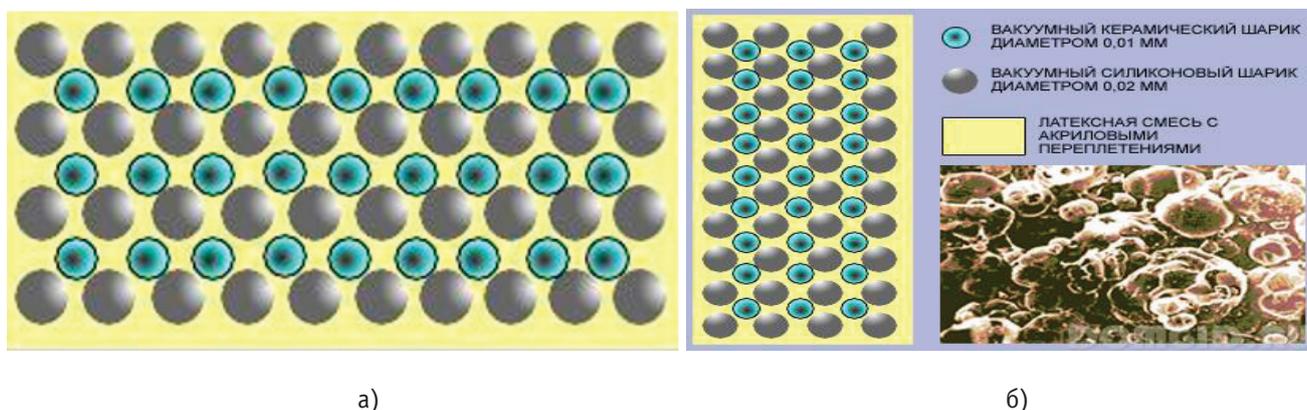


Рис. 2. Изображение материала «Астратек»: а) схематичное; б) под микроскопом

Изолон и фольгоизолон представляют собой вспененный полиэтилен, который покрыт полипропиленовой пленкой (рисунок 3). Материалы получают в процессе вспенивания полимера (полиэтилена) с помощью введения под давлением в жидкий расплавленный полимер углекислого газа — в структуре полимера образуются газовые пузырьки с закрытыми порами и равномерной структурой. Такая ячеистая структура обеспечивает влагонепроницаемость и звукоизоляции. Единственное отличие материалов состоит в наличии у фольгоизолона слоя из алюминиевой фольги. Для испытаний было принято решение взять изолон отечественного производителя, а фольгоизолон — иностранного.



Рис. 3. Структура материалов: а) изолон; б) фольгоизолон

Иностранные теплоизоляционные материалы

Из иностранных теплоизоляционных материалов были отобраны:

- жидкий керамический теплоизоляционный материал TC Ceramic HV (Thermal Coat);
- фольгоизолон;
- пенопласт.

TC Ceramic HV имеет жидкий состав на основе воды, который включает в себя акриловые полимеры, синтетический каучук, а также большое количество неорганических пигментов, что придает данному материалу высокую гибкость, легкость, растяжимость и оптимальные адгезионные свойства покрываемой поверхности (рисунок 4).

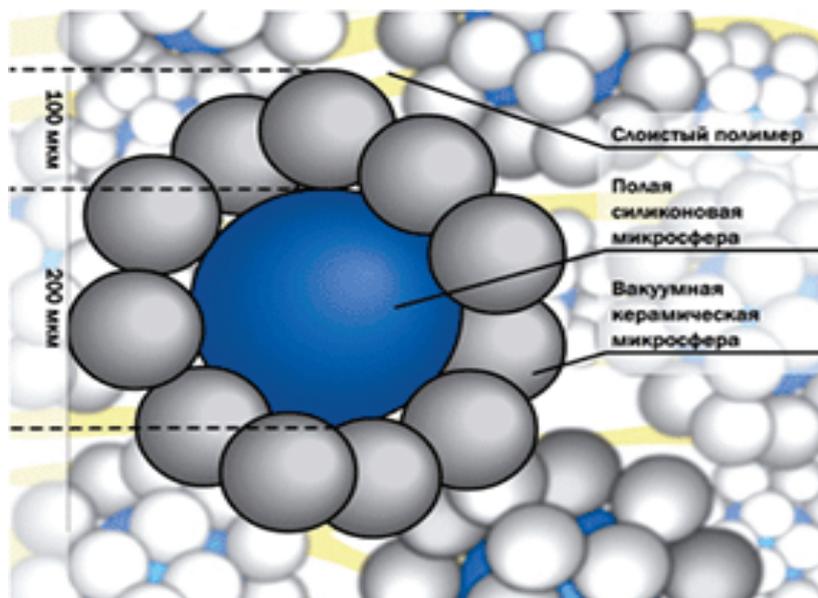


Рис. 4. Структура TC Ceramic HV

Пенопласт представляет собой вспененный полистирол, подвергающийся температурной обработке. Материал под микроскопом состоит практически из воздуха, который заключен во множестве микроскопических тонкостенных ячеек (рисунок 5). Пенопласт хорошо известен и повсеместно используется в качестве теплоизолятора.

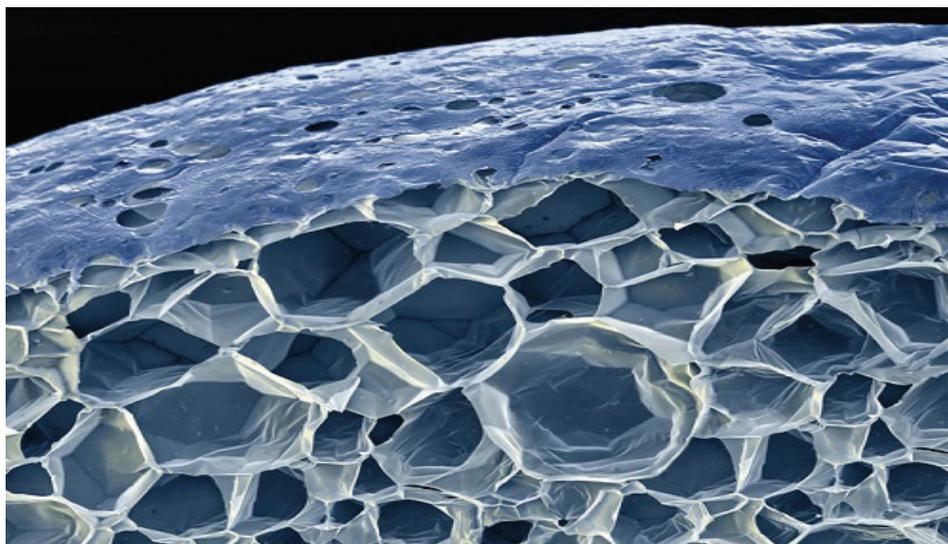


Рис. 5. Структура пенопласта

Для предварительной оценки ниже приведены некоторые характеристики и свойства представленных материалов (таблица 1).

Таблица 1

Материал Характеристика	ТС Ceramic	Астратек	Пенопласт	Изолон	Фольго-изолон	Сплен
Теплопроводность, Вт/мК	0,009–0,0135	0,011	0,037–0,041	0,031–0,037	0,031–0,040	0,038
Плотность, кг/м ³	450	430	7–13	26–33	26–33	25–33
Эластичность при изгибе	Ломается при изгибе 15 мм	Ломается при изгибе 10 мм	Ломается при изгибе 1 мм	Не ломается	Не ломается	Не ломается
Водопроницае- мость за 24 ч	4,8 %	2 %	3 %	Меньше 1 %	Меньше 1 %	Меньше 1 %
Группа горючести	Г1	Г1	Г3, Г4	Г1	Г1	Г1
Срок эксплуатации	10–25 лет	10–15 лет	50 лет	80–90 лет	80–90 лет	80–90 лет

Методика проведения испытаний и результаты

Испытания заключались в наблюдении за изменением показателей теплопроводности объектов испытания в условиях воздействия повышенной и пониженной рабочей температуры: +50 и –50 °С соответственно. Для этого были изготовлены шесть одинаковых образцов, представляющие собой плоскопараллельные пластины из алюминия размерами 120 × 120 × 60 мм с отверстиями для датчиков температуры (рисунок 6).

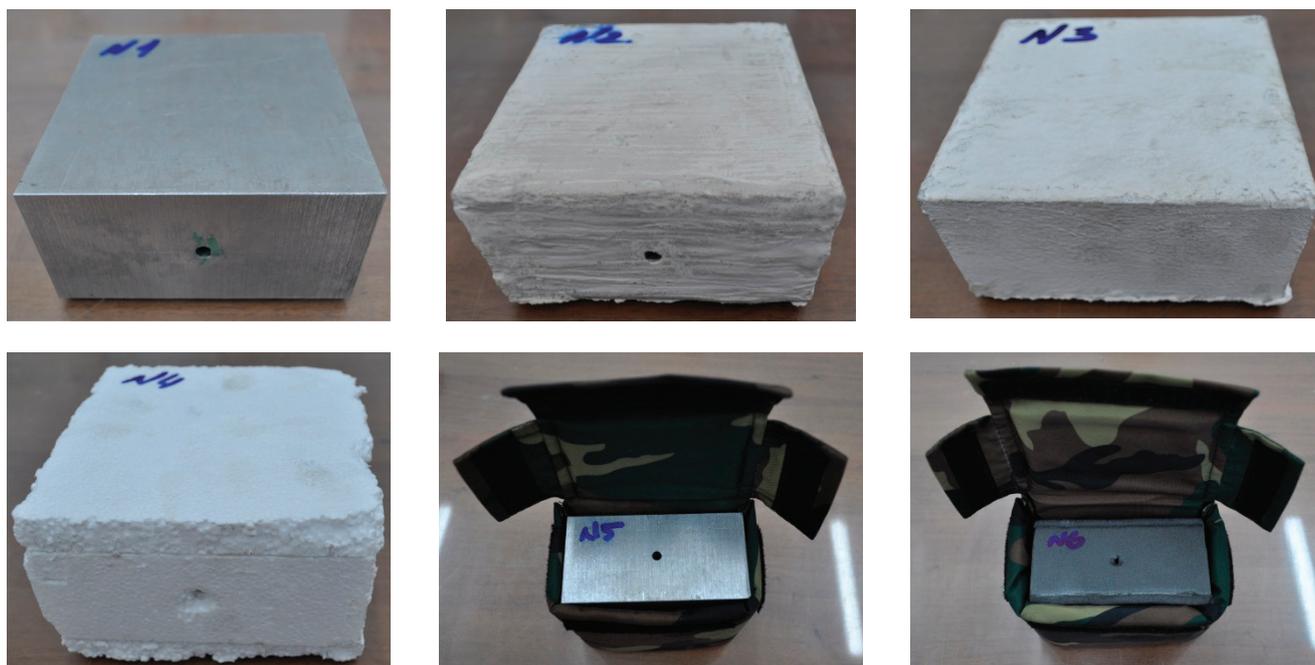


Рис. 6. Образцы для испытаний: № 1 — без покрытия; № 2 — с покрытием «Астратек» (2 мм); № 3 — с покрытием ТС Ceramic НВ (2 мм); № 4 — обшитый пенопластом (18 мм); № 5 — в чехле из фольгоизолон (10 мм) и ткани оксфорд 600D (1 мм); № 6 — в чехле из материала внутренней обшивки АМН «Тигр-М»: сплен — 8 мм, изолон — 8 мм, тридцатислойная ткань бронепакета из арамидного волокна — 1 мм, ткань оксфорд 600D — 1 мм

Образцы помещались в климатическую камеру VC3-7100, как показано на рисунке 7, и выдерживались не менее двух часов на заданных повышенных рабочих температурах. Измерения проводились с помощью многоканального прецизионного измерителя температуры МИТ 8.10М1 и термометров сопротивления из платины и меди ТСП-2088. Термометры располагались внутри образцов, а отверстия замазывались теплоизоляционной мастикой. Каждые 20 секунд записывались показатели температуры, по которым составлялись графики зависимостей температуры от времени.



Рис. 7. Размещение образцов внутри климатической камеры

Испытания проводились в два этапа. На первом этапе образцы охлаждались с +25 до -50 °С и выдерживались при этой температуре не менее двух часов; на втором этапе образцы нагревались с +25 до +50 °С и выдерживались при этой температуре не менее двух часов. По данным, полученным с датчиков температуры, были построены графики, изображенные на рисунках 8 и 9.

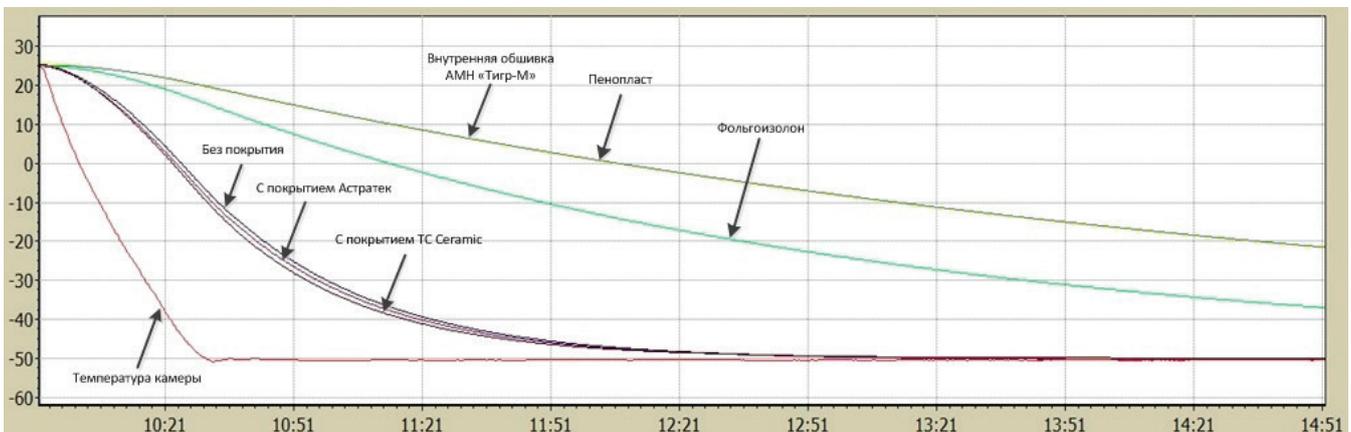


Рис. 8. Температурная зависимость на первом этапе испытаний (охлаждение до -50 °С)

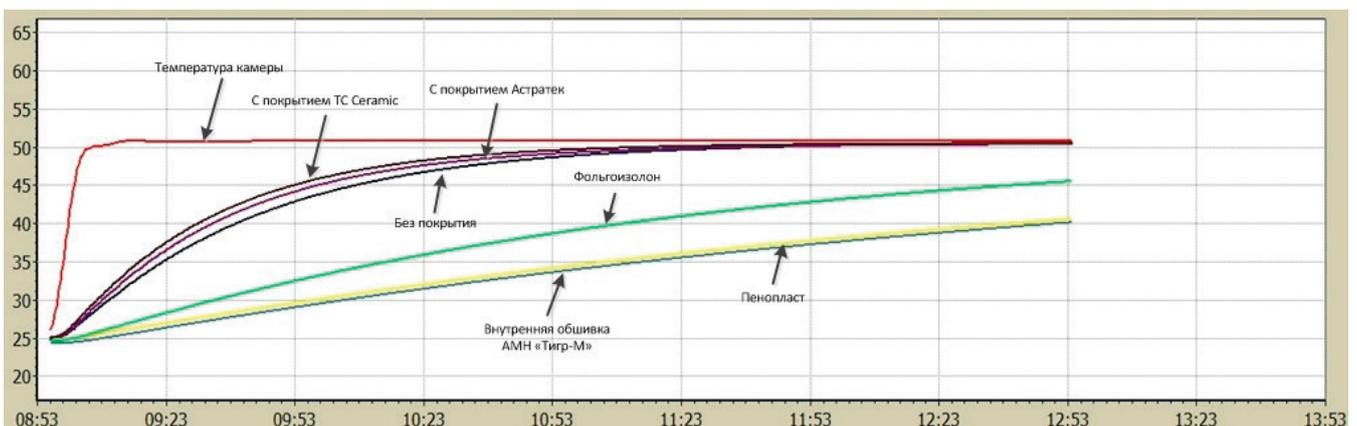


Рис. 9. Температурная зависимость на втором этапе испытаний (нагрев до +50 °С)

Выводы

В статье рассмотрена проблема обеспечения требований по стойкости радиоэлектронной аппаратуры к климатическим воздействующим факторам. Выполнение этих требований обеспечивается за счет создания в обитаемом отделении нормальных климатических условий для работы аппаратуры и персонала.

По температурным зависимостям видно, что лучшими теплоизоляционными свойствами обладают пенопласт и сочетание сплена и изолонa, применяемых во внутренней обшивке спецтехники.

Литература:

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др. ; под общ. ред. В. А. Шахнова. — Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 528 с.
2. Затылкин А. В. Экспериментальные исследования эффективности пассивных систем виброизоляции для подвижных объектов сухопутного базирования / А. В. Затылкин, Д. А. Голушко, А. С. Горбунов // Вопросы радиоэлектроники. — 2017. — № 12. — С. 78–83.
3. Суркова Н. Е. Методология структурного проектирования информационных систем : монография / Н. Е. Суркова, А. В. Остроух. — Красноярск : Научно-инновационный центр, 2014. — 190 с.

Применение IoT-датчиков и мобильных диагностических комплексов для мониторинга состояния железнодорожного пути

Данияров Ерлан, эксперт по проектам в области транспортной диагностики и цифровизации инфраструктуры
АО «Транстелеком» (г. Астана, Казахстан)

В статье рассматриваются современные подходы к мониторингу состояния железнодорожного пути в условиях цифровой трансформации транспортной инфраструктуры. Проанализированы ограничения традиционных методов диагностики, основанных на периодических обследованиях, и обоснована необходимость перехода к непрерывному интеллектуальному контролю. Особое внимание уделено применению распределённых IoT-датчиков, обеспечивающих сбор данных о динамических, температурных и деформационных параметрах пути в режиме реального времени. Рассмотрена роль мобильных диагностических комплексов как средства углублённой оценки технического состояния и верификации данных IoT-мониторинга. Показано, что интеграция IoT-датчиков и мобильных диагностических комплексов позволяет реализовать многоуровневую систему мониторинга, ориентированную на предиктивное техническое обслуживание, повышение безопасности движения и оптимизацию затрат на содержание железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: железнодорожный путь, мониторинг состояния, Интернет вещей, IoT-датчики, мобильные диагностические комплексы, предиктивное обслуживание, цифровая инфраструктура.

Введение

Железнодорожная инфраструктура является одной из ключевых составляющих транспортных систем и играет важную роль в обеспечении устойчивого экономического развития и безопасности перевозок. Рост интенсивности движения поездов, увеличение осевых нагрузок и скоростей, а также повышение требований к надёжности эксплуатации приводят к ускоренному износу элементов железнодорожного пути. В этих условиях своевременный и достоверный мониторинг его состояния становится критически важным фактором обеспечения безопасности движения и эффективности технического обслуживания.

Традиционные методы контроля состояния железнодорожного пути, основанные на периодических осмотрах

и регламентных измерениях, имеют ряд существенных ограничений. К ним относятся дискретный характер диагностики, зависимость от человеческого фактора, ограниченная частота измерений и высокая стоимость эксплуатации стационарных диагностических систем. В результате дефекты и деградиционные процессы могут развиваться между циклами обследований, повышая риск аварийных ситуаций и внеплановых простоев, что обуславливает необходимость внедрения более непрерывных и интеллектуальных подходов к мониторингу [1].

Развитие цифровых технологий и концепции Интернета вещей (Internet of Things, IoT) открывает новые возможности для создания распределённых систем мониторинга состояния железнодорожного пути. Применение IoT-датчиков позволяет осуществлять непрерывный сбор

данных о вибрационных нагрузках, температурных воздействиях, деформациях и других параметрах в режиме реального времени. Использование мобильных диагностических комплексов в сочетании с IoT-решениями обеспечивает углублённую диагностику и валидацию данных, формируя комплексный подход к контролю инфраструктуры.

Интеграция IoT-датчиков и мобильных диагностических комплексов способствует переходу от реактивной модели технического обслуживания к предиктивной, ориентированной на раннее выявление дефектов и прогнозирование отказов. Такой подход позволяет повысить уровень безопасности движения и оптимизировать затраты на содержание железнодорожной инфраструктуры. Целью настоящей статьи является анализ применения IoT-датчиков и мобильных диагностических комплексов в системах мониторинга состояния железнодорожного пути и оценка эффективности их совместного использования.

Современные проблемы мониторинга состояния железнодорожного пути

Железнодорожный путь представляет собой сложную инженерную систему, подверженную воздействию динамических нагрузок, климатических факторов и процессов износа. В ходе эксплуатации в элементах пути формируются дефекты, связанные с нарушением геометрии рельсовой колеи, износом рельсов, деградацией балластного слоя и ослаблением креплений. Эти процессы, как правило, развиваются постепенно и на ранних стадиях не всегда сопровождаются явными эксплуатационными признаками, что затрудняет их своевременное выявление.

Традиционные методы мониторинга состояния железнодорожного пути основаны преимущественно на периодических обследованиях с использованием диагностических вагонов, стационарных измерительных пунктов и визуальных осмотров. Несмотря на достаточную точность отдельных измерений, такой подход носит дискретный характер и не обеспечивает непрерывного контроля. Между циклами диагностики параметры пути могут существенно изменяться, особенно на участках с повышенными нагрузками или в сложных эксплуатационных условиях, что снижает оперативность принятия технических решений.

Существенным ограничением традиционных подходов является зависимость результатов диагностики от человеческого фактора, а также высокая стоимость эксплуатации специализированных измерительных систем. Кроме того, диагностические данные часто оказываются разрозненными и слабо интегрированными в единые аналитические платформы, что затрудняет комплексный анализ состояния пути и выявление закономерностей его деградации [2, с. 122].

Недостаток непрерывных измерений и полноценных временных рядов ограничивает возможности применения методов предиктивной аналитики и риск-ориентированного управления техническим состоянием ин-

фраструктуры. В условиях роста скоростей и плотности движения поездов эти ограничения приобретают критическое значение, поскольку сокращается допустимое время реакции на развитие дефектов и возрастает потенциальная тяжесть последствий отказов.

Существующие проблемы мониторинга состояния железнодорожного пути обуславливают необходимость перехода к более современным технологическим решениям, ориентированным на автоматизацию диагностики, непрерывный сбор данных и их интеграцию в интеллектуальные системы управления железнодорожной инфраструктурой.

Применение IoT-датчиков в системах мониторинга железнодорожного пути

Развитие технологий Интернета вещей (IoT) сформировало новые подходы к мониторингу состояния инженерных сооружений, включая железнодорожную инфраструктуру. Использование распределённых IoT-датчиков позволяет осуществлять непрерывный сбор и передачу данных о состоянии железнодорожного пути, обеспечивая переход от дискретных измерений к постоянному контролю параметров эксплуатации в режиме реального времени [3].

В системах мониторинга применяются акселерометрические, вибрационные, тензометрические, температурные и акустические датчики, размещаемые на рельсах, элементах креплений, шпалах и в балластном слое. Такие решения обеспечивают регистрацию динамических нагрузок, деформаций, изменений геометрии и температурных воздействий. Непрерывный характер измерений позволяет выявлять ранние отклонения параметров от нормативных значений, которые могут не фиксироваться при традиционных методах диагностики.

Существенным преимуществом IoT-датчиков является возможность формирования длительных временных рядов данных, отражающих реальное поведение элементов пути в различных эксплуатационных условиях. Анализ таких данных с использованием методов статистической обработки и машинного обучения создаёт основу для выявления закономерностей деградации и прогнозирования развития дефектов, что особенно важно для участков с повышенной интенсивностью движения и сложными климатическими условиями.

Важным аспектом внедрения IoT-решений является обеспечение надёжной передачи данных и энергоэффективности датчиков. Применение беспроводных технологий связи и автономных источников питания позволяет развертывать системы мониторинга на протяжённых участках пути без существенных инфраструктурных затрат. При этом оборудование должно обладать высокой устойчивостью к вибрациям, влажности и температурным колебаниям.

Вместе с тем применение IoT-датчиков сопровождается задачами, связанными с обработкой больших объёмов данных и их интерпретацией. В этой связи интеграция

IoT-систем с аналитическими платформами и системами управления техническим состоянием инфраструктуры является необходимым условием для использования данных мониторинга в задачах предиктивного обслуживания и оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта железнодорожного пути.

Роль мобильных диагностических комплексов и их интеграция с IoT

Мобильные диагностические комплексы занимают важное место в системе мониторинга состояния железнодорожного пути, дополняя распределённые IoT-решения и обеспечивая углублённый анализ технического состояния инфраструктуры. В отличие от стационарных систем контроля, мобильные комплексы обладают высокой гибкостью применения и могут оперативно использоваться на различных участках пути, включая зоны с повышенным уровнем риска или участки, где зафиксированы отклонения по данным IoT-мониторинга.

Современные мобильные диагностические комплексы представляют собой специализированные подвижные лаборатории или автономные измерительные платформы, оснащённые высокоточными средствами измерения геометрии пути, динамических параметров, состояния рельсов и элементов верхнего строения. Использование таких комплексов позволяет получать детализированную информацию о характере и степени развития дефектов, а также проводить валидацию данных, поступающих от распределённых датчиков. Это особенно важно в условиях большого объёма данных, генерируемых IoT-системами, и необходимости повышения достоверности диагностических выводов [4, с. 118].

Интеграция мобильных диагностических комплексов с IoT-датчиками формирует комплексный подход к мониторингу состояния железнодорожного пути. Данные непрерывного мониторинга используются для выявления участков с аномальными параметрами и определения приоритетов проведения углублённой диагностики. В свою очередь, результаты мобильных обследований позволяют уточнять модели интерпретации IoT-данных, повышая точность оценки технического состояния и снижая вероятность ложных срабатываний.

Синергетический эффект интеграции проявляется также в расширении возможностей предиктивного анализа. Совмещение непрерывных временных рядов, получаемых от IoT-датчиков, с высокоточной диагностической информацией мобильных комплексов создаёт основу для построения более надёжных прогностических моделей деградации элементов пути. Это способствует более обоснованному планированию ремонтных работ и оптимизации использования ресурсов при техническом обслуживании железнодорожной инфраструктуры.

Мобильные диагностические комплексы в сочетании с IoT-решениями позволяют реализовать многоуровневую систему мониторинга, объединяющую преимущества не-

прерывного контроля и детализированной диагностики. Такой подход повышает эффективность управления техническим состоянием железнодорожного пути и создаёт предпосылки для дальнейшего развития интеллектуальных систем обеспечения безопасности движения.

Заключение

В условиях цифровой трансформации железнодорожного транспорта вопросы надежного и своевременного мониторинга состояния железнодорожного пути приобретают особую значимость. Рост эксплуатационных нагрузок, повышение скоростей движения поездов и ужесточение требований к безопасности делают недостаточными традиционные методы диагностики, основанные на периодических обследованиях и регламентных измерениях. Это обуславливает необходимость внедрения более гибких, непрерывных и интеллектуальных систем контроля состояния инфраструктуры.

Проведённый анализ показывает, что применение IoT-датчиков позволяет обеспечить непрерывный мониторинг ключевых параметров железнодорожного пути в режиме реального времени и формировать массивы данных, отражающие фактические условия эксплуатации. Использование распределённых сенсорных сетей создаёт основу для раннего выявления отклонений и перехода к предиктивной модели технического обслуживания, ориентированной на предотвращение отказов, а не на устранение их последствий. Вместе с тем высокая плотность и разнородность данных, генерируемых IoT-системами, требует надёжных механизмов интерпретации и верификации результатов мониторинга.

Мобильные диагностические комплексы, в свою очередь, обеспечивают детализированную оценку технического состояния железнодорожного пути и позволяют проводить углублённые обследования на участках с повышенным уровнем риска. Их интеграция с IoT-датчиками формирует многоуровневую систему мониторинга, сочетающую преимущества непрерывного контроля и высокоточной диагностики. Такой комплексный подход повышает достоверность оценок, улучшает качество прогнозирования деградационных процессов и способствует более рациональному планированию ремонтных мероприятий.

Совместное применение IoT-датчиков и мобильных диагностических комплексов позволяет перейти к интеллектуальному управлению техническим состоянием железнодорожной инфраструктуры, основанному на анализе больших данных и прогнозных моделях. Это способствует повышению уровня безопасности движения, снижению эксплуатационных затрат и увеличению срока службы элементов пути. В перспективе дальнейшее развитие таких систем связано с совершенствованием алгоритмов обработки данных, расширением применения методов машинного обучения и интеграцией мониторинга пути в единые цифровые платформы управления железнодорожным транспортом.

Литература:

1. Васильева В. С., Ваганова А. И. Интеллектуальные железные дороги: как IoT революционизирует обеспечение движения поездов // Вестник науки. — 2026. — № 1 (94). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-zheleznyye-dorogi-kak-iot-revolutsioniziruet-obespechenie-dvizheniya-poezdov> (дата обращения: 09.02.2026).
2. Иргашев Н. Н., Жураев А. М., Ганиханов С. С. Эффективность применения IoT на железнодорожном транспорте // Молодой ученый. — 2023. — № 21 (468). — С. 122–125. — URL: <https://moluch.ru/archive/468/103255> (дата обращения: 09.02.2026).
3. Азатбаев Д., Байрамова Г., Бегалиев А. Роль современных систем связи в развитии автоматизации и телемеханики железнодорожной инфраструктуры // IN SITU. — 2024. — № 11. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-sovremennyh-sistem-svyazi-v-razvitii-avtomatizatsii-i-telemehaniki-zheleznodorozhnoy-infrastruktury> (дата обращения: 09.02.2026).
4. Ефанов Д. В. Система мониторинга устройств железнодорожной автоматики на основе промышленного «Интернета вещей» // Мир транспорта. — 2020. — Т. 18, № 6. — С. 118–134. — DOI: 10.30932/1992–3252–2020–18–6–118–134.

Техника и технология понижения полов подвалов объектов окружающей застройки для приспособления к условиям нового строительства и эксплуатации

Ельцов Валерий Евгеньевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Соколов Николай Сергеевич, кандидат технических наук, доцент
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (г. Чебоксары)

В статье рассматриваются актуальные методы застройки при адаптации к новому строительству и изменяющимся эксплуатационным требованиям по адресу г. Санкт-Петербург, ул. Галерная № 67 и № 61, примыкающих к площадке реконструкции по адресу: г. Санкт-Петербург, Английская набережная, дома № 62–64. Освещаются инженерные решения, включающие методы выемки грунта, укрепления фундаментов, гидроизоляции и защиты конструкций от деформаций. Особое внимание уделяется современным технологиям, таким как щадящие методы разборки, применение микросвайных оснований и систем мониторинга в реальном времени. Приводится пример успешной реализации проекта, анализируются возможные риски и способы их минимизации.

Ключевые слова: закрепление, пересадка, инъектирование, откопка грунта, геотехнический мониторинг.

Technique and technology of lowering the basement floors of surrounding buildings to adapt to the conditions of new construction and operation

Yeltsov Valery Yevgenyevich, master's student

Scientific advisor: Sokolov Nikolay Sergeevich, ph.d., associate professor
Chuvash State University named after I. N. Ulyanov (Cheboksary)

The article discusses current methods and technologies for lowering the floors of basements in buildings in dense urban areas, while adapting to new construction and changing operational requirements at 67 Galernaya Street and 61 Galernaya Street, adjacent to the reconstruction site at 62–64 English Embankment in St. Petersburg. The article highlights engineering solutions that include methods for excavation, foundation reinforcement, waterproofing, and structural protection against deformation. Special attention is paid to modern technologies, such as gentle disassembly methods, the use of micro-pile foundations, and real-time monitoring systems. An example of a successful project implementation is provided, and possible risks and ways to minimize them are analyzed.

Keywords: anchoring, transplanting, injecting, excavation, and geotechnical monitoring.

Известно, что при работах нулевого цикла в условиях плотной городской застройки наибольшую опасность представляет возможная подвижка грунта, что может вызвать дополнительную осадку окружающих строений, а также динамическое воздействие на них через основание.

Основой для разработки проекта послужили частичное обследование домов, примыкающих к указанному пятну застройки, выполненное силами строительной компании.

Цель работы — исключить развитие осадки фундаментов несущих стен зданий окружающей застройки

в процессе проведения подготовительных работ и работ по реконструкции на площадке Английская набережная, дома № 62–64. Это обеспечит сохранность и возможность дальнейшей безаварийной эксплуатации домов, расположенных в непосредственной близости от строительной площадки.

Анализ исходной строительной ситуации.

Фундаменты имеют физический износ, который выражается в выщелачивании кладочного раствора и самого бутового камня кладки, а также гниение лежневой древесины. Связующий раствор и камни кладки выщелочены из-за сезонных изменений уровня грунтовой воды. В случае кладки из гранита раствор выщелочен в еще большей степени вследствие недостаточной адгезии к гранитному камню. В этом случае камни кладки, не связанные друг с другом, имеют возможность горизонтально перемещаться в грунт обратной засыпки, вызывая тем самым дополнительные осадки стен здания.

Существо проектного решения фундаментов и подземных объёмов здания.

Учитывая неблагоприятные инженерно-геологические условия, а также конструкцию и состояние фундаментов, а также принимая во внимание необходимость обеспечения стабилизации основания проектное решение включает:

- инъектирование цементных растворов в нижнюю зону бутовой кладки фундаментов несущих стен здания (стадия 1);
- закрепление прифундаментного (несущего) слоя основания нагнетанием цементного раствора в грунт основания (стадия 2);
- пересадку наружных несущих стен на буроинъекционные сваи-стойки диаметром 100 мм, выполненные по технологии «ТИТАН» фирмы «ISCHIBESK» (стадия 3);
- устройство железобетонных монолитных прижимных призм (набетонок) в уровне обреза фундамента на нижней части кирпичной кладки стен высотой 1,50–1,90 м (стадия 4).

Конструктивно-технологическая часть.

1. Согласно представленному примеру пробуривается скважина указанного диаметра и производится инъекция цементного раствора в бутовую кладку фундамента. После проведенной инъекции необходима выдержка в течении 2-х суток для схватывания инъекционного раствора [1]. Затем скважина разбуривается до проектной отметки и в неё устанавливается инъекционный кондуктор $\varnothing 50$ мм.

В полость кондуктора закачивается цементный раствор до тех пор, пока он не начнет изливаться из устья скважины (омоноличивание кондуктора). После чего также потребуются выдержка в течении 2-х суток для полного схватывания раствора. Омоноличивание кондуктора производится цементным раствором с В/Ц = 0,5–0,4 и давлением 0,2–0,5 МПа. После полного схватывания раствора вокруг кондуктора производится разбуривание внутри него схватившегося цементного раствора до открытия устья кондуктора.

Грунт основания инъектируется цементным раствором с В/Ц = 0,5 и давлением 0,2–0,5 МПа до «отказа». Шаг скважин задан равным 750 мм (шаг скважин может быть уточнен по результатам опытного нагнетания, предусмотренного проектом). В скважины нагнетаются цементный раствор с технологическими добавками (жидкое стекло, глина, пластификаторы), рецептуры которого подбираются фирмой-исполнителем (подрядчиком), так, чтобы не снижалась заданная проектом прочность цементного камня и цементогрунта. Для приготовления инъекционного раствора следует использовать портландцемент марки М400.

2. После проведенной инъекции необходима выдержка в течении 2-х суток для схватывания инъекционного раствора [2]. Затем скважина разбуривается до $\varnothing 100$ колонковым способом через тело фундамента и закрепленный грунт основания и далее производится бурение грунта полыми буровыми штангами «ТИТАН» до проектной отметки. В некоторых случаях точки и направления забуривания не совпадают с соответствующими параметрами инъекционных скважин. При достижении проектной отметки через полость в буровой штанге в скважину закачивается цементно-песчаный раствор (пескобетон) под избыточным давлением. Штанга из скважины не извлекается и служит армирующим элементом.

Интенсивность нагнетания растворов:

- а) при омоноличивании фундаментов 4–5 л/мин;
- б) при закреплении грунта 10–20 л/мин.

Объем растворов, нагнетаемых в кладку фундамента, должен составить 100...150 л на одну скважину.

Объем растворов, нагнетаемых в грунт, должен составить 200...350 л на одну скважину.

На основе имеющегося опыта размеры зон закрепленного грунта от каждой скважины второй стадии должны быть: по высоте (толщине) 30...50 см, по горизонтали — до 80 см.

Давление нагнетания растворов должно быть:

- а) при омоноличивания тела фундаментов 200...400 кПа;
- б) при закреплении грунта основании 200...500 кПа;
- в) при изготовлении буроинъекционной сваи 400...500 кПа.

В первую очередь выполняются нагнетания в опытные скважины, на участке, согласованном с подрядчиком и авторами проекта. До начала работ по массовой закачке растворов, после выстойки двое суток опытных скважин, фундаменты вскрыть шурфами, освидетельствовать, измерить, установить конфигурацию зон закрепленного грунта. В случае необходимости внести корректировку в состав растворов, шаг скважин и положения горизонта нагнетания. Дополнительные указания: при нагнетании в грунт и в кладку фундаментов следить за возможным выходом растворов в коммуникации, не допуская этого.

3. После проведения работ по изготовлению буроинъекционных свай усиления [3] (после выстойки свай для набора раствором прочности), предусмотренных на

участках, производится откопка грунта в траншеях с естественным откосом до проектных отметок, с оголением кирпичной кладки стены, опирающейся на уже усиленную инъекцией и сваями фундаментную ленту, а в некоторых случаях и с оголением самой фундаментной ленты. При этом предусматривается разборка сохранившихся до этой стадии примыкающих к усиливаемым стенам межвых стен соседних зданий до проектных отметок. Поверхность кирпичной кладки стен (фундаментных лент) зачищается и промывается водой (мойкой высокого давления), затем производится разметка и шпурение отверстий для установки анкеров набетонки. Выполненные отверстия продуваются сжатым воздухом и промываются водой. Анкерные стержни устанавливаются в выполненные отверстия на материале «ЦМИД 2», монтируются арматурные сетки набетонки, после чего производится бетонирование. Технологические и организационные детали выполняемых работ устанавливаются в ПОС, который разрабатывает подрядчик.

Оборудование. Бурение скважин производится переносными и передвижными буровыми станками [4] (способ бурения щадящий — колонковое бурение алмазными коронками) для проходки бутовой кладки фундамента и усиленного грунта основания, для бурения свай

используется оборудование «ТИТАН» фирмы «ISCHIBESK». Для приготовления растворов возможно применять мобильные растворосмесительные установки. Для нагнетания цементных растворов применяют поршневые насосы НБЗ-120/40 или пневмонагнетатели.

Геотехнический мониторинг

В период проведения работ по усилению фундаментов и грунтов основания здания, при устройстве свай усиления и прижимных призм (набетонок), а также и в последующем должен выполняться мониторинг [5], включающий в себя наблюдение за осадкой той части здания, где проводятся строительные работы, слежение за динамикой возможного развития трещин в стенах здания.

Заключение

Таким образом, можно считать, что данный вопрос набирает актуальность именно в наше время. Важно найти решения, которые не только смогут соответствовать все нормам, установленным на данный момент на территории РФ, но и смогут совершенствовать производство для достижения более эффективных результатов.

Литература:

1. СНиП 12–01–2004. Организация строительства. — М.: Госстрой России, 2004. — [Электронный ресурс]. — URL: (дата обращения: 20.05.2025).
2. СНиП 1.04.03–85* Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений / Госстрой СССР. — М.: АПП ЦИТП, 1991. — 288 с. (дата обращения: 20.05.2025).
3. Соколов Н. С. Курсовое проектирование оснований и фундаментов: учебное пособие / Н. С. Соколов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 356 с.: ил., табл. ISBN 978–5–9729–1839–3.
4. Соколов, Н. С. Геотехнические основы расчетов и проектирования заглубленных железобетонных конструкций: учебное пособие / Н. С. Соколов. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 492 с. — ISBN 978–5–9729–1139–4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/347360> (дата обращения: 10.02.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Геотехнический мониторинг в строительстве: учебное пособие / Е. М. Грязнова, А. Н. Гаврилов, Д. Ю. Чунюк, К. С. Борчев. — Москва: Изд-во АСВ, 2023. — 133 с.: ил., табл., цв. ил.; 22 см.; ISBN 978–5–4323–0480–3: 100 экз.

Оценка напряженно-деформированных состояний купольных каркасов в разработанном модуле «Стяжень»

Завьялов Фёдор Романович, студент

Научный руководитель: Тятихин Илья Вадимович, старший преподаватель
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Методики численного моделирования пространственных стержневых конструкций сложной геометрии требуют высокой точности при учёте ветровых нагрузок. В статье представлен программный комплекс «Стяжень», разработанный авторами для автоматизированного построения и расчёта сетчатых куполов. Реализован алгоритм генерации дискретной топологии и расчёт методом конечных элементов (стержневая аппроксимация). Проведена оценка прочности и устойчивости элементов каркаса при совместном действии снеговой и ветровой нагрузок согласно СП 20.13330.2016.

Ключевые слова: сетчатый купол, пространственная ферма, метод конечных элементов (МКЭ), ветровая нагрузка, автоматизация проектирования, Python.

Введение. В современном строительстве широкое применение находят большепролётные сетчатые покрытия (reticulated domes), обладающие высокой несущей способностью при малой металлоёмкости [1]. Проектирование таких систем требует анализа тысяч стержневых элементов, образующих сложную пространственную структуру. Существующие САПР общего назначения часто избыточны и сложны для параметрического поиска оптимальной формы исторических типов куполов (луковичных, шлемовидных). Целью данной работы является разработка специализированного ПО для автоматизированного анализа стержневых каркасов куполов.

Описание программной реализации и объекта исследования. Программный комплекс «Стяжень» разработан на языке Python с использованием библиотек NumPy и SciPy. В основе генерации геометрии лежит параметрический алгоритм. Пользователь задаёт радиус основания (R), высоту (H) и коэффициент формы образующей (β). Программа автоматически создает узлы и стержневые связи, формируя регулярную ребристую или геодезическую сетку.

Методы исследования

Архитектура программного комплекса «Стяжень» построена по модульному принципу, обеспечивающему гибкость настройки параметров и высокую скорость вычислений. Графический интерфейс обеспечивает удобную навигацию.

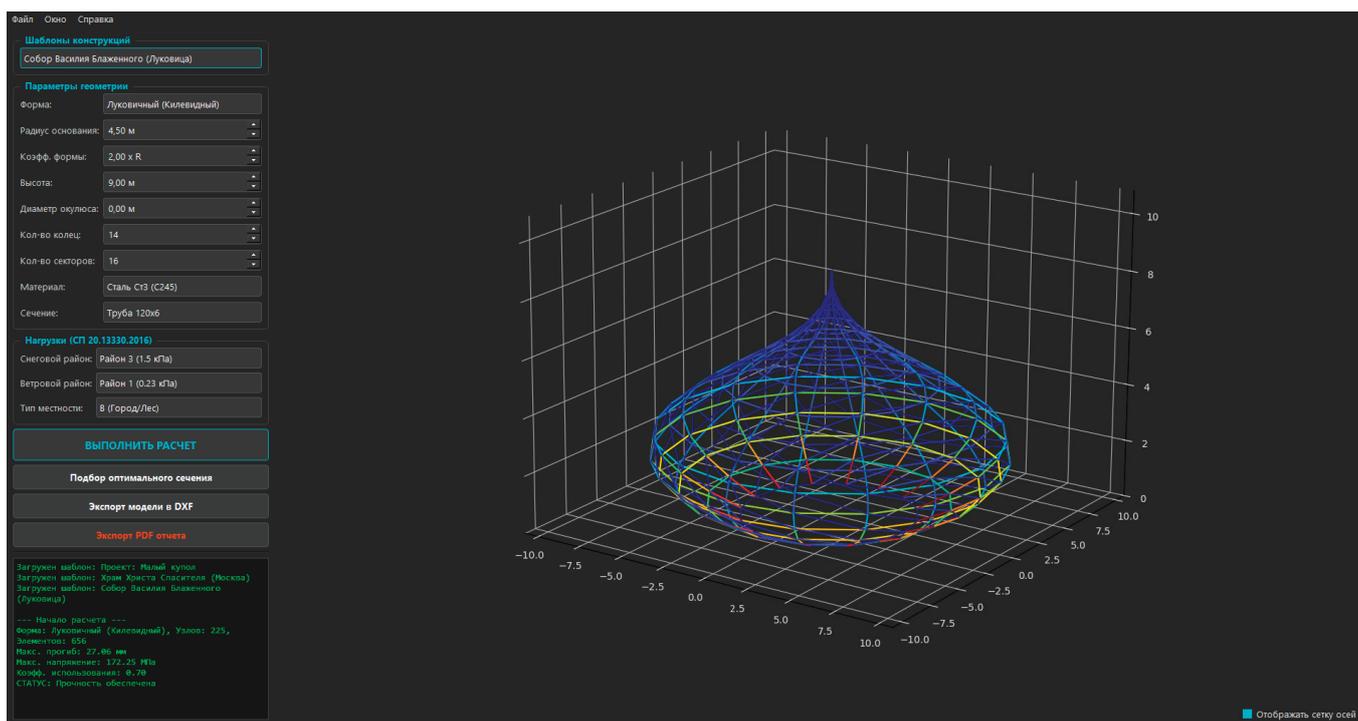


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса Стяжень: генерация параметрической сетки луковичного купола

Параметрическая генерация дискретной модели

Первым этапом исследования является дискретизация континуальной оболочки купола на конечное число стержневых элементов. В программе реализован генератор топологии, оперирующий не декартовыми координатами, а архитектурными пропорциями:

Радиус основания (R) и Высота подъема (H);

Количество меридиональных секторов (Nsec) и широтных колец (Nring);

Коэффициент формообразования («вздутия») β : Параметр, определяющий отношение максимального диаметра купола к диаметру основания (критичен для луковичных глав);

Параметр окулюса (Roculus): Учет светового проема в вершине.

Алгоритм вычисляет координаты узлов $P_i(x, y, z)$ используя тригонометрические функции формы, после чего автоматически генерирует матрицу связности элементов. Для полюса купола применяется специальная процедура триангуляции («шапочка»), исключающая геометрическую сингулярность в точке $z=H$.

Математическая модель МКЭ

Расчетное ядро базируется на методе конечных элементов в линейной статической постановке.

Используется конечный элемент типа TRUSS3D (пространственный стержень), работающий только на растяжение-сжатие, с тремя степенями свободы в узле (U_x, U_y, U_z).

Формирование глобальной матрицы жесткости $[K]$ размером $(3N \times 3N)$ производится с использованием формата разреженных матриц LIL (List of Lists) библиотеки SciPy. Это позволяет эффективно хранить и обрабатывать системы с числом степеней свободы до 10^5 на персональных ЭВМ, так как коэффициент заполнения матрицы для купольных ферм редко превышает 1–2 %.

Решение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) выполняется прямым методом с использованием LU-разложения, что обеспечивает высокую точность получения вектора перемещений $\{U\}$

Математическое обоснование конечно-элементной модели

Выбор стержневой аппроксимации для купольных систем обосновывается положениями, изложенными в фундаментальной работе расчетные модели сооружений и возможность их анализа. Согласно их классификации расчетных моделей, для пространственных покрытий с выраженной дискретной сеткой ребер наиболее адекватной является модель «пространственной фермы».[4]

Алгоритм сбора нагрузок и критерии прочности

Программный комплекс реализует автоматизированный сбор нагрузок согласно СП 20.13330.2016 [1]:

1. Гравитационная нагрузка: вычисляется автоматически на основе плотности материала ρ и геометрии сечения A .
2. Снеговая нагрузка: прикладывается к узлам пропорционально их грузовой длине ($L_{trib} \approx 0.5 \sum L_{adj}$). Учитывается проекция на горизонтальную плоскость. Учитывается проекция на горизонтальную плоскость.
3. Ветровая нагрузка: моделируется как статическое давление, изменяющееся по высоте z по степенному закону для различных типов местности (A, B, C).

Оценка несущей способности производится по двум критериям:

Прочность: $\sigma = E \cdot \epsilon \leq R_y$, где R_y предел текучести стали.

Устойчивость: для сжатых элементов выполняется проверка по Эйлеру:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(\mu L)^2}$$

Программа вычисляет коэффициент использования η устойчивости, что позволяет предотвратить потерю устойчивости отдельных стержней каркаса.

Результаты исследования

Эффективность разработанной методики проверена на серии численных экспериментов. В качестве эталонной модели был выбран проект купола храма в традиционном «Владими́ро-Суздальском» стиле.

Входные параметры эксперимента:

- Геометрия: Килевидный купол, $R=6$ м, $H=8$ м.
- Сетка: 16 колец, 24 сектора (385 узлов, 1056 стержней).
- Материал: Сталь Ст3 (С245).
- Нагрузка: IV снеговой район (2.0 кПа), ветровой район III.

Анализ НДС и визуализация

В результате расчета получена картина деформированного состояния. Максимальные перемещения ($f_{max} = 14.2$ мм) зафиксированы в наветренной зоне на высоте $2/3 H$, что обусловлено суперпозицией снеговой «шапки» и ветрового давления. Карты напряжений, построенные с помощью модуля визуализации (библиотека Matplotlib), выявили зону

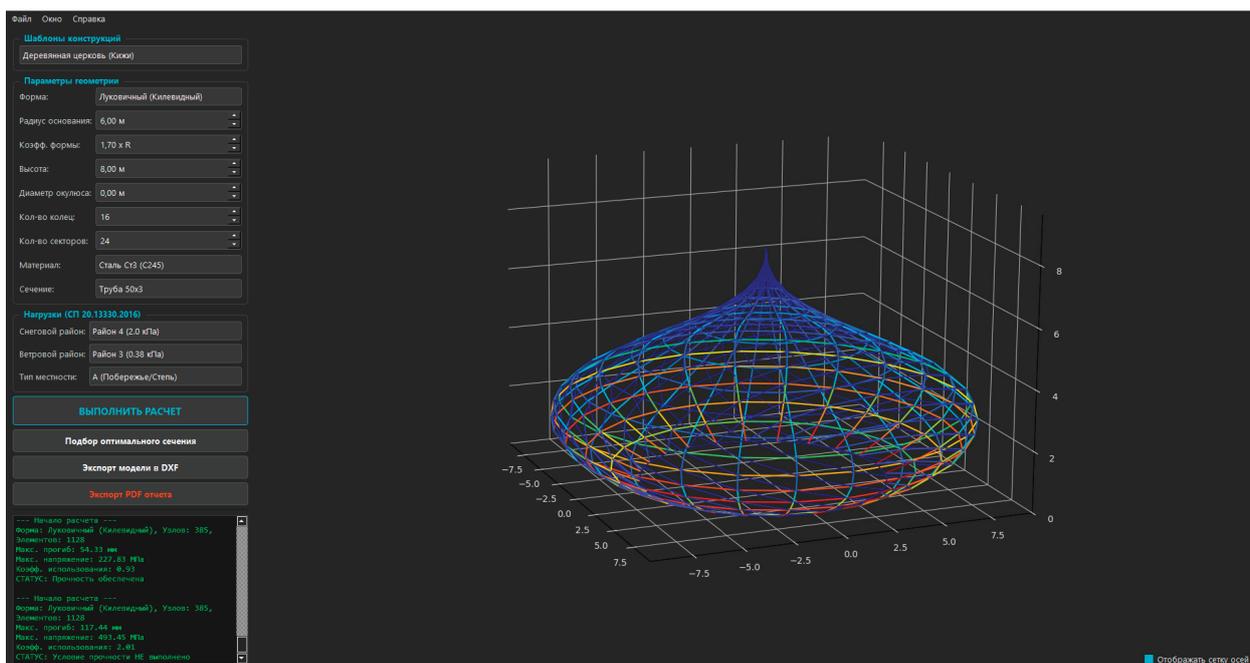


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса Стяжень: прохождение проверки прочности

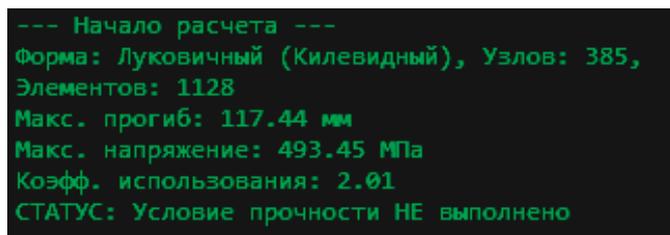


Рис. 3. Результат до оптимизации купольной конструкции

концентрации сжимающих усилий в опорном кольце и нижних ярусах меридиональных ребер. Максимальное напряжение составило 493 МПа.

Результаты оптимизации

Процесс оптимизации в системе «Стяжень» представляет собой дискретный перебор элементов из базы профилей PROFILE_LIB до достижения максимально допустимого значения в диапазоне [0.85, 1.0]. Такой подход соответствует принципам минимально необходимого армирования и сечения. [3]

Применение модуля run_optimization позволило провести автоматический перебор сортамента профилей.

Программа определила оптимальный вариант (Труба 120x6).

Результат: Мы получили коэффициент $\eta = 0.93$ что является эталонным для инженерного проектирования. Согласно СП 16.13330.2017³, проектирование конструкций с коэффициентом использования ниже 0.5 признается нерациональным, а выше 1.0 — аварийным.

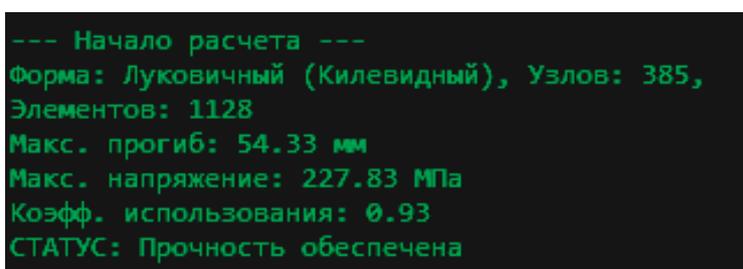


Рис. 4. Результат после оптимизации купольной конструкции

Результаты оптимизации

Границы применения ПО:

В данном разделе представлен критический анализ разработанного инструментария, выявляющий его место в экосистеме инженерного ПО.

Конкурентные преимущества

1. Специализация на национальных архитектурных формах: В отличие от универсальных САПР, программа содержит встроенные пресеты для луковичных, шатровых и шлемовидных глав. Параметрическая настройка «окружности» (kbulge) позволяет архитектору находить канонические пропорции без ручного построения сплайнов.
2. Полная локализация нормативной базы: Интеграция табличных данных СП 20.13330 (снеговые/ветровые районы РФ) исключает ошибки ручного ввода коэффициентов надежности, свойственные при работе в зарубежном ПО.
3. Высокая скорость итераций: Время полного цикла (генерация, расчет, оптимизация) для модели до 5000 элементов составляет менее 2 секунд, что позволяет использовать программу на ранних стадиях концептуального проектирования («предпроект»).
4. BIM-интероперабельность: Наличие модуля экспорта в DXF позволяет передавать рассчитанную осевую линию каркаса в Revit/AutoCAD для дальнейшей детализовки узлов.

Ограничения и перспективы развития

Необходимо отметить упрощения, принятые в текущей версии программного комплекса, которые ограничивают его применение для стадии «Рабочая документация»:

1. Линейная постановка задачи: Расчет производится в геометрически линейной постановке. Не учитываются эффекты больших перемещений (деформационная схема), которые могут быть значимы для гибких оболочек большого пролета ($D > 30$ м).
2. Шарнирная схема сопряжения: Все узлы считаются идеальными шарнирами. В реальности сварные узлы обладают жесткостью, передающей изгибающие моменты. Однако для предварительного подбора сечений ферменных конструкций данное допущение идет «в запас надежности» и является общепринятым в строительной механике.
3. Упрощенный сбор нагрузок: Грузовая площадь узлов аппроксимируется через длины примыкающих стержней, а не через точное вычисление площадей смежных треугольников. Погрешность данного метода не превышает 5–7 % для регулярных сеток.
4. Отсутствие динамического анализа: Пульсационная составляющая ветровой нагрузки учитывается через статический эквивалент, без расчета частот собственных колебаний.

Заключение

Разработанный программный продукт демонстрирует, как сочетание классических численных методов и современных алгоритмов оптимизации может служить целям сохранения архитектурного наследия. В условиях необходимости импортозамещения, данный инструмент закрывает нишу специализированного ПО для проектирования церковных и не только зданий сложной геометрии.

Литература:

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. — М.: Стандартинформ, 2016. — 80 с.
2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81*. — М.: Стандартинформ, 2017. — 140 с.
3. Ржаницын, А. Р. Строительная механика: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2001. — 424 с.
4. Перельмутер, А. В., Сливкер, В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. — 4-е изд., перераб. — М.: СКАД СОФТ, 2011. — 736 с.

Синдром Кесслера: миф или реальность?

Иванова Замира Жангельдиновна, студент
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье автор исследует влияние космического мусора на безопасность, доступность и долгосрочное использование околоземного космического пространства в ближайшем будущем.

Ключевые слова: космический мусор, околоземная орбита, столкновение, синдром Кесслера, спутники.

Термин «Синдром Кесслера» ввел учёный Дональд Дж. Кесслер в 1978 году в Космическом центре имени Джонсона при NASA. Его смысл заключается в описании катастрофического сценария развития ситуации на околоземной орбите, вызванного большим количеством объектов.

Околоземная орбита разделяется на низкую (160–2000 км), средневысокую (2000–35789 км), геостационарную (36000 км). Большинство работающих спутников находятся на средневысокой и геостационарной орбите (такие системы навигации как GPS, GLONASS, BeiDou). На низкой околоземной орбите также находятся спутники различного назначения (телекоммуникационные, дистанционного зондирования Земли), Международная космическая станция, но большую часть пространства занимает космический мусор. Это неработающие спутники, ступени ракет-носителей, технологические отходы (предметы, потерянные при работе в открытом космосе), частицы и продукты разрушения (микроскопические частицы сторевшей или испарившейся смазки, краски).

Главная опасность космического мусора — это скорость. Объекты на низкой околоземной орбите (например, на высоте 800 км) движутся со скоростью около 7–8 км/с. На таких скоростях даже объект размером с горошину обладает кинетической энергией, эквивалентной взрыву ручной гранаты. Космический мусор можно разделить на крупный, средний и мелкий.

Столкновение с крупным мусором (размером более 10 см) неизбежно приведёт к полному уничтожению спутника или космического корабля. На высотах полёта МКС такие объекты отслеживаются, и от них приходится уклоняться.

За объектами, квалифицированными как средний мусор (1–10 см), мониторинг ведут не так регулярно, но их попадание может вывести из строя критически важные системы (солнечные батареи, антенны) или пробить корпус.

Мелкий мусор (объекты менее 1 см) в космосе практически невозможно отследить. Он вызывает эрозию или пробоины в защитных экранах и поверхностях аппаратов.

Суть синдрома Кесслера заключается в предсказании самоподдерживающейся цепной реакции. В результате столкновения двух объектов на орбите образуются осколки. Каждый из этих осколков способен, в свою очередь, столкнуться с другим мусором, что вызывает «цепную реакцию» рождения всё новых фрагментов. Так возникает

«эффект домино», когда каждое столкновение дает сотни или тысячи новых объектов. Этот процесс экспоненциально увеличивает количество мусора, делая околоземное пространство непригодным для полетов.

Наиболее известные события, которые продемонстрировали опасность цепной реакции — случайные или преднамеренные уничтожения спутников, в результате которых образовалось огромное количество космического мусора.

Так, в 1980-х годах США провели эксперимент с преднамеренным столкновением в космосе. Ученые при помощи противоспутниковой авиационно-космической системы ASAT разрушили спутник наблюдения за Солнцем Solwind P78–1. В результате разрушения аппарата образовалось 267 фрагментов космического мусора.

В 2009 году произошло столкновение действующего коммерческого спутника «Иридиум-33» с вышедшим из строя российским военным спутником «Космос-2251». Это было первое крупное случайное столкновение на орбите, в результате которого образовались тысячи фрагментов, что продемонстрировало риск, о котором говорил Кесслер.

Точное число космического мусора на данный момент назвать затруднительно. По состоянию на 2023 год, согласно «Отчёту о космической среде» ESA, на орбите находятся около 36 тыс. объектов диаметром более 10 см, более 1 млн — диаметром свыше 1 см и более 130 млн фрагментов имеют размер в диапазоне от 1 мм до 1 см.

Так ли близок сценарий, в котором плотность космического мусора на орбите спровоцирует начало синдрома Кесслера? Исследователи расходятся во мнениях относительно текущего уровня риска и сроков, когда именно космос станет недоступным. Модели прогноза неточны, так как отсутствует полная картина расположения объектов на орбите и сложно детально предсказать движение обломков в безвоздушном пространстве после их соударения.

Однако ученые единодушны в том, что околоземное пространство загрязнено. Большинство результатов моделирования, проводимых членами Межагентского координационного комитета по космическому мусору, показали, что даже при полном прекращении космической деятельности загрязнение околоземной орбиты будет увеличиваться. При этом по моделям NASA на низкой околоземной орбите уже с 2007 года было достаточно крупного мусора и спутников для начала синдрома. По оценке ESA

при пессимистичном сценарии критическая плотность на некоторых высотах может быть достигнута к 2060–2070 годам.

Очевидно, что наступление синдрома не является неизбежным. Мировые космические агентства активно работают над предотвращением такого сценария. Так, вводятся некоторые правила для запусков новых объектов: обязательный спуск спутников на орбиту захоронения (орбита искусственных космических объектов, на которую осуществляется их увод после окончания активной работы) или спуск в атмосферу, где они сгорают. Также разрабатываются и тестируются технологии для

активного захвата и сведения с орбиты самых крупных и опасных фрагментов космического мусора. Примером такого проекта может служить «ClearSpace-1» (ESA): миссия по захвату и сведению в атмосферу крупного отработавшего европейского носителя Vega (планируется на 2025–2026 года).

Подведем итоги: синдром Кесслера пока не наступил, но прогнозы показывают, что мы находимся в зоне высокого риска и без постоянных усилий по смягчению ситуации и активному удалению мусора с околоземной орбиты цепная реакция может начаться в ближайшие десятилетия.

Литература:

1. Низкая околоземная орбита (НОО). — Текст: электронный // new-science.ru: [сайт]. — URL: <https://new-science.ru/nizkaya-okolozemnaya-orbita-noo/> (дата обращения: 05.02.2026).
2. Ключников, В. Ю. Синдром Кесслера: будет ли закрыта дорога в космос? / В. Ю. Ключников. — Текст: непосредственный // Воздушно-космическая сфера. — 2021. — № 4(109). — С. 32–43.
3. Сергей, Шмальц Стремительные шаги к «синдрому Кесслера» / Шмальц Сергей. — Текст: непосредственный // Наука и жизнь. — 2019. — № 4.

Исследование современного состояния беспилотных автомобилей в России

Капитанова Ольга Юрьевна, студент

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (г. Княгинино)

В настоящее время активно развивается сфера беспилотного транспорта, в частности разрабатываются технологии, позволяющие транспортному средству передвигаться без участия водителя, строить маршруты и искать пути объезда. Но есть ряд проблем и ограничений, которые не позволяют беспилотному транспорту развиваться нужными темпами. В первую очередь это ограничения в технологиях и нормативно-правовых документах, которые не регламентируют возможности использования беспилотных транспортных средств. Отсутствует и транспортная инфраструктура по которой могут передвигаться беспилотные транспортные средства. Таким образом можно сделать вывод что рассматриваемая тема является актуальной.

Тема по созданию беспилотных автомобилей в России получила своё распространение в 2015 году, когда промышленный комплекс Камаз получил от государства грант на разработку беспилотного автомобиля. За один год конструкторское бюро «Аврора», являющееся структурным подразделением Камаза разработало и представило проект беспилотного грузовика, созданного для компании «Грузовичкофф» занимающейся перевозками по России и странам ближнего зарубежья. Данный проект не получил большого развития так как не было достаточного финансирования проекта. Также проект не получил развития из-за отсутствия дорожной инфраструктуры для передвижения беспилотных автомобилей, так как для передвижения нужна специальная разметка, контроллеры, датчики и зарядные станции. С развитием систем искусственного интеллекта в России в 2016 году предложена собственная система автопилотирования автомобиля, обученная для езды по неадаптированным дорогам с ори-

ентациями на дорожные знаки и типовую дорожную обстановку.

Активно развивается беспилотный транспорт и в сельскохозяйственной отрасли, с учетом специфики отрасли в 2016 году был разработан и выпущен в опытную эксплуатацию образец трактора АгроБот, в нем заложены определенные сценарии обработки поля и карты обрабатываемых полей, которые связаны с внешней навигационной системой. В результате тестирования и отладки в течении полугода был получен трактор способный в автономном режиме обрабатывать поля. Такие трактора получили распространение в инновационных сельскохозяйственных центрах [3].

В 2018 году компания Яндекс разрабатывает беспилотные автомобили, адаптированные под доставки грузов до точек выдачи Яндекс. Маркета. Этот пилотный проект был запущен в Московском регионе с имеющейся инфраструктурой для передвижения беспилотных автомобилей.

Передвижение автомобиля можно отследить в специальном приложении, которое доступно только сотрудникам технического отдела Яндекса. При этом все электронное оборудование, которым снабжен беспилотный автомобиль является собственной разработкой Яндекса совместно с зарубежными партнерами. Данный проект не получил большого распространения, так как отсутствует полноценная инфраструктура необходимая для передвижения беспилотных автомобилей [2].

В 2019 году строится полигон, позволяющий тестировать беспилотные автомобили, партнерами полигона становятся Яндекс, и компания СтелГрафик которые до этого проводили тестирование автомобилей на адаптированных дорогах общего пользования. На полигоне доступна проверка знаний правил дорожного движения беспилотных автомобилей, при этом обучение правилам дорожного движения выполняется с использованием систем искусственного интеллекта. Немаловажную помощь в развитии беспилотного транспорта оказал и Роскосмос который предоставил в общий доступ систему управления спутниковой навигацией, которая легла в основу программного обеспечения для управления беспилотными автомобилями.

В 2020 году законодательно появляются операторы беспилотных автомобилей, в деятельность которых входит построение маршрутов передвижения автомобилей. В тоже время в 10 регионах России получены разрешения на передвижения беспилотных автомобилей, это явилось очень большим толчком в развитии беспилотных автомобилей. Сбербанк начинает тестирование собственных беспилотных автомобилей по утвержденным маршрутам

в Москве, автомобили тестировались на устойчивость электроники к погодным условиям, сложность условий дорожного движения, также автомобили тестировались на предмет возможности взлома и угона. Также этот год ознаменован созданием комплексной защиты систем беспилотного транспорта, разработкой которой занимались НПО «Старлайн» и Лаборатория Касперского, разработанная ими система уникальна и работает на собственной технологической платформе и практически не подвержена внешним воздействиям.

2021 год ознаменован утверждением правил использования беспилотных автомобилей на дорогах Москвы. Разработанная компанией ИнтерЭко совместно с компанией ГАЗ беспилотная электрическая газель начала перевозить грузы на руднике горной добычи, это существенно упростило процесс перевозки грузов от точки А в точку Б и позволило снизить затраты на перевозку. В мае 2021 года для передвижения беспилотных автомобилей инфраструктурой оборудовано центральное московское кольцо, что дает возможность полноценного передвижения беспилотных автомобилей. Доступ к инфраструктуре запланировано открыть в 2022 году, когда согласно документам Минпромторга будет полноценно запущено движение беспилотных автомобилей. В тоже время адаптируются и дорожные знаки, появляется новый дорожный знак «Въезд беспилотным автомобилям запрещен». Министерство экономического развития разрабатывает документ регламентирующий запуск коммерческих беспилотных автомобилей такси, при этом начало беспилотным такси заложила компания Яндекс, которая разработала и протестировала первое беспилотное такси, которое в свою очередь получило необходимые сер-



Рис. 1. Беспилотный грузовой автомобиль на базе Камаза



Рис. 2. Беспилотный легковой автомобиль

тификаты, но не получило глобального распространения из-за малого количества инфраструктуры для передвижения беспилотных автомобилей [2].

В 2022 году разработаны и приняты государственные стандарты регламентирующие принципы устройства и передвижения беспилотных автомобилей. В январе 2022 года НПО «Камаз» представляет беспилотный грузовой автомобиль, который может быть использован в военных целях. Но в тоже время темпы развития беспилотных автомобилей снижаются, так как зарубежные партнеры прекратили поставки необходимых комплектующих, а для перехода на аналоги и российские разработки необходимо время. Данный год ознаменован развитием нормативно-правовой базы необходимой для передвижения беспилотников на дорогах. В октябре 2022 года темпы развития беспилотных автомобилей снова набирают обороты, так как к этому времени была перестроена логистика и заключены договора с новыми зарубежными партнерами. Это позволило в декабре экосистеме Сбера провести тестирование беспилотных автомобилей на дорогах Санкт-Петербурга.

В 2023 году в Елабуге начинается производство беспилотных автомобилей на базе искусственного интеллекта AI Lumen. Необходимо отметить, что все автомобили про-

изводятся под заказ. Первый крупный заказчик — это компания Wildberries компания приобрела несколько беспилотных автомобилей для перевозки грузов на складской территории. В этом же году компания Wildberries внедрила в свою логистику грузовые автомобили способные передвигаться без водителей, соответственно это позволило снизить затраты на логистику. В декабре на форуме «Россия страна возможностей» был представлен беспилотный броневедомитель «Зубило», который разработан для использования в военных целях [1].

На рисунках 1–2 представлены Российские разработки беспилотных автомобилей. На рисунке 1 показан беспилотный грузовой автомобиль на базе КамАЗа. На рисунке 2 показан беспилотный легковой автомобиль, который планируется использовать для работы в Яндекс.Такси.

Анализируя все вышеперечисленное, можно сделать вывод, что использование беспилотных автомобилей в России имеет большие перспективы, но для этого нужно совершенствовать законодательную базу, и адаптировать автомобильные трассы для передвижения беспилотных автомобилей, а также выделять дополнительное финансирование со стороны государства на развитие проектов в сфере беспилотного движения [6].

Литература:

1. Асанкожоев Е. Ж., Коркишко А. Н. Грузовые беспилотные транспортные средства // ИВД. 2022. № 11 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gruzovye-bespilotnye-transportnye-sredstva> (дата обращения: 31.01.2024).
2. Кацуба Ю. Н., Караваев Н. А. К вопросу продвижения беспилотных технологий на грузовом автомобильном транспорте // МНИЖ. 2023. № 1 (127). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-prodvizheniya-bespilotnyh-tehnologiy-na-gruzovom-avtomobilnom-transporte> (дата обращения: 31.01.2024).

3. Рашидов Бобур Уткир Угли Проблемы внедрения беспилотных автомобилей // Достижения науки и образования. 2018. № 8 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-bespilotnyh-avtomobiley> (дата обращения: 31.01.2024).
4. Руденко Николай Конкурируя за будущее: Проблематизация инновационной автомобильности в публичном дискурсе «Яндекс. Беспилотников» // Laboratorium. 2022. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkuriruya-za-budushee-problematizatsiya-innovatsionnoy-avtomobilnosti-v-publichnom-diskurse-yandeks-bespilotnikov> (дата обращения: 31.01.2024).
5. С. А. Иванов, Б. Рашид Прогнозирование поведения участников дорожного движения в условиях проселочных дорог для беспилотных автомобилей // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-povedeniya-uchastnikov-dorozhnogo-dvizheniya-v-usloviyah-proselochnyh-dorog-dlya-bespilotnyh-avtomobiley> (дата обращения: 31.01.2024).
6. Стахеева Алина Алексеевна, Крайников Александр Николаевич Аппаратные средства беспилотного автомобиля // Столыпинский вестник. 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/apparatnye-sredstva-bespilotnogo-avtomobilya> (дата обращения: 31.01.2024).

Методика термодинамического расчёта компрессора, реализующего «влажное» сжатие, при бесконечном коэффициенте теплоотдачи

Кустиков Юрий Викторович, студент магистратуры

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва (Ярославская область)

В статье предложена идеализированная термодинамическая модель процесса «влажного» сжатия в компрессоре ГТД.

Ключевые слова: термодинамика, впрыск воды в компрессор, газотурбинный двигатель.

Поиск способов повышения мощности и КПД газотурбинных двигателей в целом и тепловых электростанций на их основе в частности составляют важную научно-техническую задачу.

Впрыск воды в тракт двигателя является одним из таких способов, это направление повышения эффективности компрессора является одновременно эффективным и дешёвым.

В ходе выполнения данной работы была разработана методика расчёта компрессора, реализующего «влажное сжатие», с использованием конечных разностей, построением одномерной меточной модели. Была проанализирована сеточная сходимости всех участков сетки, определены рекомендуемые длины шага давления для нагрева жидкой воды и для испарения воды, которые обеспечат необходимую точность, не делая расчёт излишне громоздким.

Далее расчёт был адаптирован для реального процесса на ступенях компрессора двигателя Е8–01. В результате были получены графики процесса и распределение работ по ступеням для разных количеств воды, впрыснутой на вход в двигатель. Вода уменьшает работу на ступенях, расчёт не выявил перераспределения работ между ступенями. Это может быть связано с неучтённым влиянием гидродинамических факторов. [1]

Процесс разделён на три участка — это нагрев жидкой воды, испарение воды и сжатие парогазовой смеси. Первые два участка анализируются конечно-разностными моделями.

Первый этап — нагрев — происходит следующим образом. Подводится работа, которая изменяет энтальпию как будто это адиабатный процесс (важно — процесс в своей полноте не предполагается адиабатным, так как сама же модель предполагает сток тепла в жидкую воду. Адиабатный процесс описывает только превращение работы в тепло, конечная температура определяется не через адиабату). Далее полученная теплота распределяется между газом и жидкой водой на основе теплового баланса. Полученная температура передаётся в следующий этап. Модель работает до достижения системы температуры насыщения.

Далее начинается испарение. Температура насыщения вычисляется для каждого этапа. В остальном модель аналогична предыдущей, за исключением изменения показателя адиабаты, газовой постоянной и теплоёмкости газовой фазы за счёт притока пара. Модель работает до тех пор, пока есть жидкая вода.

Третий этап рассчитывается как адиабата Пуассона со скорректированным показателем адиабаты из предыдущего этапа.

Модель была применена к компрессору двигателя Е8–01. В результате получены следующие данные.

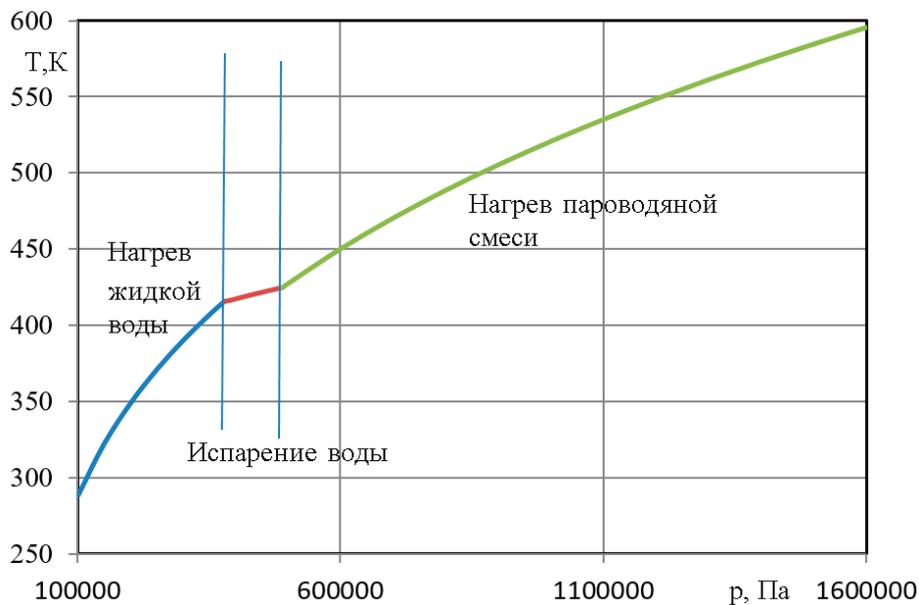


Рис. 1. График процесса в P,T координатах

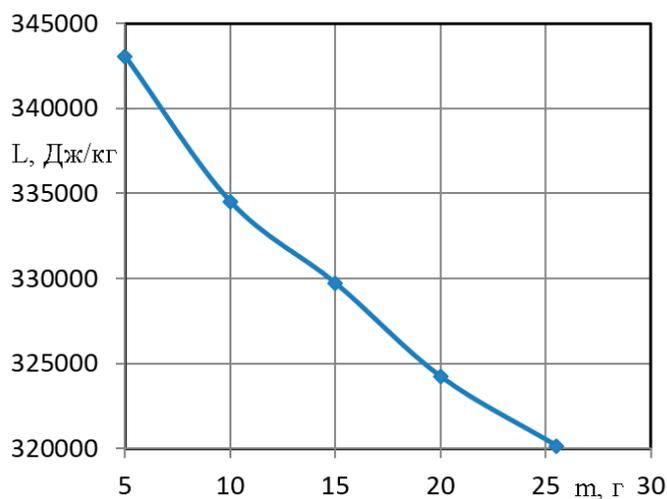


Рис. 2. Удельная работа компрессора в зависимости от массы впрыснутой воды

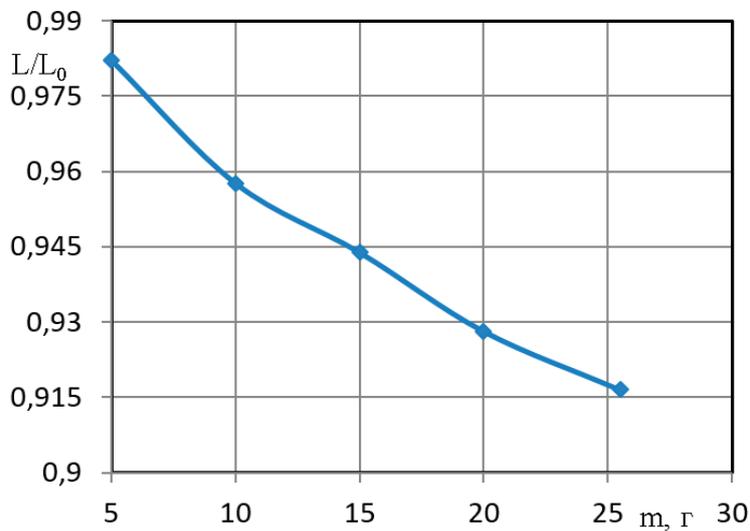


Рис. 3. Отношение работы без воды к работе с впрыском

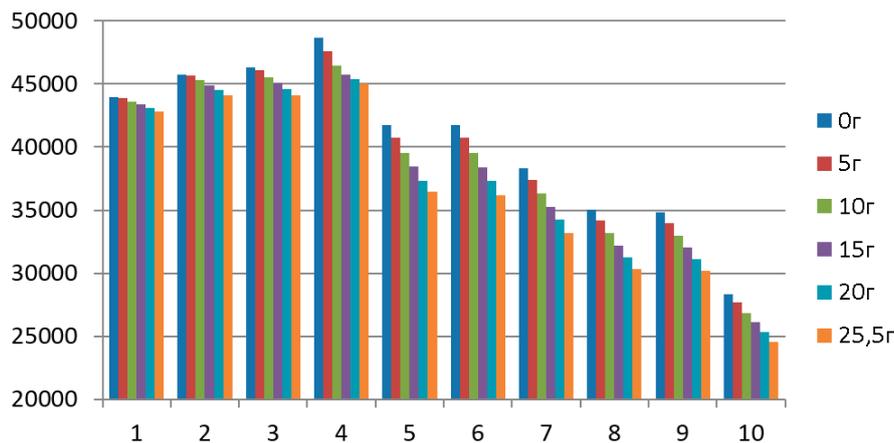


Рис. 4. Распределение работ по ступеням компрессора E8–01 в зависимости от массы впрыснутой воды

Результаты расчётов показывают, что работа монотонно убывает с ростом массы впрыснутой воды, однако стоит отметить, что полученный результат можно считать максимально возможным для данной массы воды. Нет учёта газодинамических факторов, сепарации капель на ротор, статор и детали корпуса компрессора, конечности коэффициента теплоотдачи. В этом и состоит главная задача этой работы — оценить максимально возможный эффект впрыска воды в компрессор.

Литература:

1. Кустиков, Ю. В. Методы повышения мощности ГТД / Ю. В. Кустиков, С. В. Веретенников, В. И. Богданов. — Текст: непосредственный // Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках. — Рыбинск, 2025. — С. 270–271.

Fabrication of PMHS/TEOS-Based Hydrophobic Coatings for Optical Glass Protection

Nguyen Thi Lien, master’s degree, teacher
Thuyloi University (Hanoi, Vietnam)

This study investigates the synthesis of hydrophobic coatings from polymethylhydrosiloxane (PMHS) and tetraethoxysilane (TEOS) via a sol-gel process using NaOH catalyst in ethanol for protecting K8 optical glass in Vietnam’s tropical humid and coastal environments. The effects of PMHS:TEOS volume ratios (1:1, 1:2, 2:1) were evaluated.

The 1:1 ratio exhibited the best performance, achieving a water contact angle of 102.6°, optical transmittance above 92 % (450–650 nm), and unchanged refractive index. Incorporating 0.1 % trimethyltin chloride with double-layer coating further extended anti-fungal protection to 6 weeks while preserving optical properties.

The results indicate strong potential for practical protection of optical instruments in harsh climates.

Keywords: Hydrophobic coating, PMHS, TEOS, Optical glass protection.

Introduction

Vietnam is located in a tropical climate zone where the relative humidity frequently exceeds 70 %. This creates favorable conditions for mold growth, causing corrosion to technical equipment and weaponry in general, and optical glass in particular. In island and coastal environments, salt mist accumulation on glass surfaces also causes corrosion, leading to glass clouding. Various preservation methods are applied to prevent mold and clouding on optical sights to mitigate these processes.

Siloxane-based materials have attracted significant attention for use as direct coatings on glass surfaces. These coatings are effective in resisting mold and corrosion caused by salt mist in Vietnam’s sea and island environments [1] [2]. Scientists worldwide have conducted numerous studies on fabricating material systems based on organosilicon compounds to protect glass surfaces.

Siloxane is a material with low surface energy, and artificial roughness can be created on its surface through physical or chemical methods to produce superhydrophobic materials capable of self-cleaning and anti-fouling [3].

This paper presents the synthesis process and key factors in creating a coating based on PMHS and TEOS compounds to resist corrosion by sea salt mist, thereby protecting optical glass surfaces from clouding.

Materials and methods

Material Synthesis

Chemicals: Polymethylhydrosiloxane (PMHS, 99 %), Tetraethoxysilane (TEOS, 99 %), Ethyl alcohol (anhydrous), Sodium hydroxide (NaOH, 99.9 %).

Optical Glass Substrate: K8 glass material, refractive index $n_D = 1.51679$.

Solution A: PMHS:C₂H₅OH volume ratio = 1:9.

Solution B: TEOS:C₂H₅OH volume ratio = 1:9.

Synthesis Process: The material synthesis based on PMHS compounds is calculated according to the volume ratio PMHS:C₂H₅OH = 1:9. The process is carried out as follows: add 1 part of PMHS (or TEOS) solution to 9 parts of C₂H₅OH solution. The pH of the system is adjusted to 9–10 using 0.1 N NaOH solution in ethanol. The mixture is stirred continuously for 2 hours at room temperature.

The final synthesized material system is obtained by mixing Solution A and Solution B in corresponding volume ratios of PMHS:TEOS = 1:1, 1:2, and 2:1, under catalytic conditions of 0.1 N NaOH within a pH range of 9–10. The mixture is stirred for 2 hours at room temperature and aged for 10 hours at room temperature.

Testing Methods The synthesized material is tested directly on the optical glass surface. After coating, the samples undergo SEM imaging and contact angle measurement to evaluate material properties. Other tests include refractive index measurement, water droplet adhesion test, and resistance to mold growth in natural environments.

Contact Angle Measurement: Measured using a KSV contact angle and surface tension meter (Germany).

Optical Transmittance: Measured on a UV-2550 spectrophotometer (USA).

Mold Culturing: Performed in incubators and culture chambers. Mold morphology is determined using a Hitachi D4800 Scanning Electron Microscope (SEM) and monitored via an Olympus microscope (Japan).

Results and discussions

Synthesis of PMHS and TEOS Materials The organosilicon compounds used to synthesize the material samples are designated as L1, L2, and L3, corresponding to PMHS:TEOS volume ratios of 1:1, 1:2, and 2:1, respectively, with 0.1 N NaOH catalyst and pH in the range of 9–10.

Table 1. Water Contact Angle

Symbol	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃
Contact Angle (°)	57.40	102.6	94.38	111.26

The results show that the uncoated glass sample (L0) has a contact angle of 57.40°. The samples coated with synthesized materials L1, L2, and L3 (ratios 1:1, 1:2, 2:1) achieved contact angles of 102.6°, 94.38°, and 111.26°, respectively, after the coating dried completely for 2 hours.

The change in contact angle depends on the variation of PMHS and TEOS precursors. Increasing the PMHS content leads to a stronger increase in contact angle compared to increasing the TEOS content. This is because PMHS molecules in ethanol solvent tend to form a helical structure. The degree of coiling depends on the repulsive forces between molecules; low precursor concentration results in weak repulsion and long helices, while high concentration results in dense helices. Consequently, a large amount of -CH₃ groups are positioned on the surface of the ring, significantly increasing the hydrophobicity of the coating.

In the presence of NaOH catalyst, TEOS hydrolysis occurs, generating -OH groups. A condensation reaction then takes place between these -OH groups, the -OH groups of the glass substrate, and the -OH groups of PMHS, forming a coating on the glass surface. Thus, TEOS plays a primary role in bonding the glass substrate with PMHS.

However, the survey shows that when the PMHS:TEOS volume ratio is 2:1, the film drying time is longer, and the adhesion of the film decreases compared to the 1:1 and 1:2 ratios.

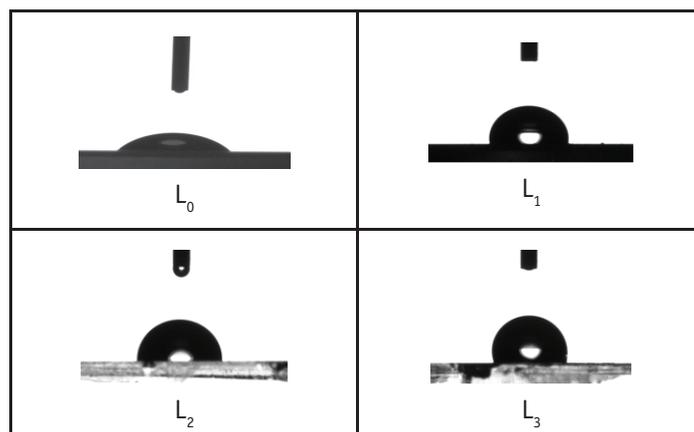


Fig. 1. Water contact angles before coating (L₀) and after applying protective coatings (L₁, L₂, L₃), corresponding to PMHS:TEOS precursor ratios of 1:1, 1:2, and 2:1, respectively

Study on the Effect of Anti-fungal Additive and Coating Technique

To enhance the biological resistance of the coating under tropical conditions, the study investigated the incorporation of Trimethyltin chloride as an anti-fungal additive into the PMHS/TEOS system (1:1 ratio) at concentrations of 0.1 %, 0.3 %, 0.5 %, and 1.0 %. Additionally, the coating application method was optimized by comparing single-layer and double-layer brush coating techniques.

Regarding Coating Technique: The number of coating layers significantly influenced the surface morphology. The double-layer coating samples exhibited a more uniform, smoother surface with fewer defects compared to single-layer samples, thereby minimizing sites for fungal spore adhesion.

Regarding Anti-fungal Efficiency: The coating sample containing 0.1 % Trimethyltin chloride demonstrated superior mold inhibition capabilities. Under favorable incubation conditions, while the control sample (without additive) exhibited fungal hyphae growth after 4 weeks, the additive-modified sample extended the protection period, with slow fungal growth appearing only after 6 weeks. The addition of this agent did not significantly alter the optical properties of the glass.

Conclusion

In conclusion, the PMHS/TEOS coating at 1:1 ratio provides an optimal balance of hydrophobicity (102.6° contact angle), high optical transmittance (>92 %), and durability against salt mist and mold in tropical conditions. The addition of 0.1 % trimethyltin chloride combined with double-layer application significantly enhanced antifungal resistance up to 6 weeks without compromising optical clarity.

This work offers a simple and effective solution for protecting optical glass in Vietnam’s humid and coastal environments. Further field testing and mechanical improvement are recommended.

References:

1. Thanh, V. M., Anh, L. D., Tien, N. M., Long, D. V., Anh, D. T., Khuong, T., Anh, P. T., Dinh, T. D., & Cuc, T. T. T. «Determination of causes of optical glass clouding and composition of anti-clouding materials for optical sights in marine and island environments», *Journal of Military Science and Technology*, No27 (8/2013).
2. A Levkin, F Svec and J J M Frechet, Porous polymer coatings: a versatile approach to superhydrophobic surfaces, *Advanced Functional Materials*, Vol. 19, No. 12, 2009, pp. 1993–1998.
3. John A Glass Jr, Edward A, Wovchko, John T Yates, Reaction of atomic hydrogen with hydrogenated porous silicon-detection of precursor to silane formation, *Surface science*, 348 (3) (1996), 325–334.

ГЕОЛОГИЯ

Распределение редкоземельных элементов в рудах Кедабекского месторождения (обзор)

Гамзаев Вахид Ханлар, преподаватель;
Мамедова Тарана Ахмед, научный сотрудник
Бакинский государственный университет (Азербайджан)

Научная работа содержит информацию о распределении редкоземельных элементов в рудах Кедабекского месторождения, расположенного в Азербайджанской Республике. В работе кратко изложена геология месторождения и указаны его основные минералы. Кроме того, кратко представлены исследования, проведенные различными учеными по изучению редкоземельных элементов в рудах месторождения. Также кратко описаны области применения редкоземельных элементов, обнаруженных в рудах месторождения и имеющих более высокое содержание, чем другие. По результатам проведенных исследований можно отметить, что существует вероятность извлечения редкоземельных элементов из руд Кедабекского месторождения не в свободном виде, а в виде смешанного компонента. Особо подчеркивается необходимость проведения дополнительных исследований для уточнения этой возможности.

Ключевые слова: Республика Азербайджан, кварц, пирит, халькопирит, редкоземельные элементы

Введение

Как известно, Азербайджанская Республика обладает очень богатыми природными ресурсами. Наша республика занимает важное место среди ведущих стран по уровню экономического развития. В нашей стране развиты различные отрасли промышленности. Горнодобывающая промышленность, являющаяся одной из ведущих отраслей в Азербайджанской Республике, имеет большое значение для экономического развития страны. Добыча твердых полезных ископаемых, расположенных в Азербайджанской Республике, осуществляется открытым и подземным методами. Также значительные усилия прилагаются к возможности применения геотехнических методов в процессе добычи.

Азербайджанская Республика богата сульфидными месторождениями. Все сульфидные месторождения, расположенные в нашей стране, имеют большое значение благодаря распространению редких элементов [2, с. 184; 11, с. 353]. Среди месторождений, где широко распространены редкие элементы, можно упомянуть Филизчай [2, с. 184], Гоша [12, с. 371], Дашкесан [3, с. 125], Даг-Кесаман [14, с. 512] и др. Одним из таких месторождений является месторождение Кедабек.

Основная цель исследования — изучение количества редкоземельных элементов, распределенных в рудах месторождения Кедабек, на основе имеющейся литературы. Объектом исследования является месторождение Кедабек. Основные задачи включают: предоставление общей информации о месторождении, исследование распределения редкоземельных элементов в рудах и определение экономической целесообразности их добычи.

Материалы и методы

В подготовке исследовательской работы использовались методы анализа и синтеза. Существующая литература использовалась в соответствии с темой.

Результаты и обсуждение

Кедабекский рудный район обладает большим экономическим потенциалом и охватывает центральную часть Шамкирского поднятия и западный периклиналь Дашкесанского грабен-синклинария [1, с. 195]. Одним из месторождений,

расположенных в Кедабекском рудном районе, является Кедабекское месторождение вулканогенного гидротермального происхождения [1, с. 197].

Многофазные интрузивные горные комплексы Кедабек, глубинные разломы Кедабек — Биттибулаг и Боюк Галача — Чанлибель сыграли важную роль в формировании Кедабекского месторождения [4, с. 120]. Кроме того, минерализация наблюдается до глубины 200 м [6, с. 32].

Основными рудными минералами месторождения являются пирит, халькопирит и сфалерит, нерудными минералами — кварц, барит и серицит, а вторичными и редкими минералами — галенит, арсенопирит, гематит, магнетит и другие минералы [1, с. 201].

Рудные тела, распределенные в месторождении, имеют массивную, жильную, полосчатую и брекчиеподобную текстуру. Большинство сульфидных руд нестабильны в зоне окисления [5, с. 193].

Химический состав проб, отобранных из месторождения Кедабек, был изучен рядом исследователей [7, с. 88]. Помимо ряда элементов, в составе проб были обнаружены редкоземельные элементы. Количество этих элементов в пробах показано на рисунке 1.

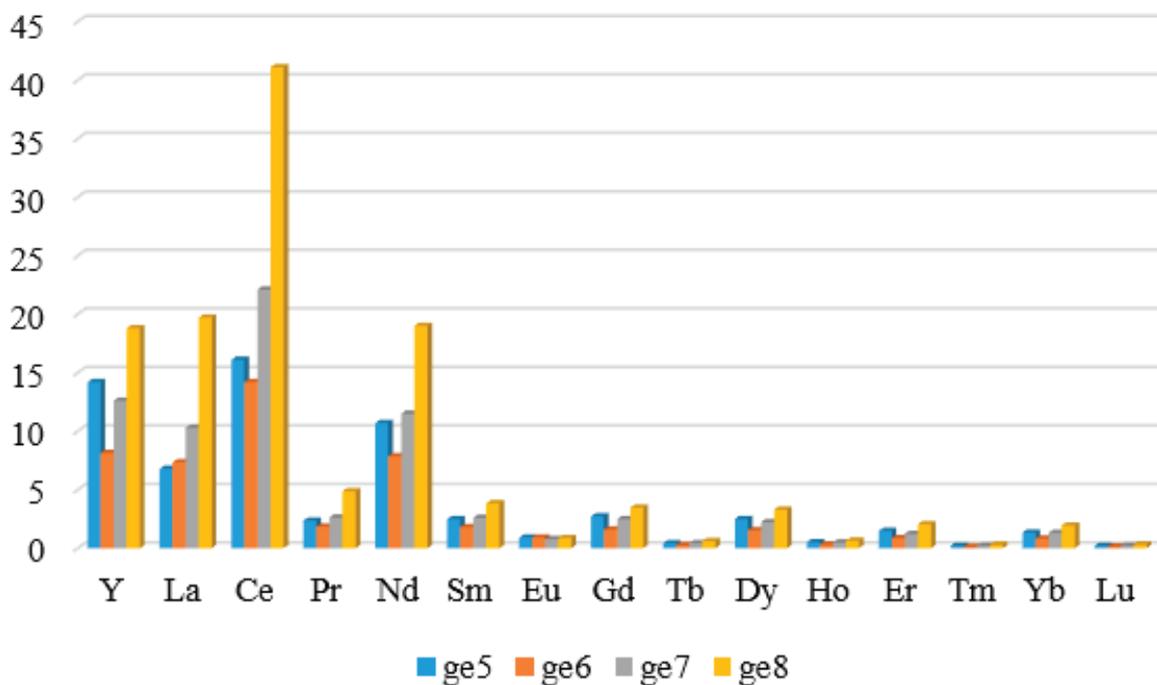


Рис. 1. Количество редкоземельных элементов, преобладающих в магматических породах (в ppm)

Примечание: гистограммы, показанные на рисунке 1, были подготовлены с использованием данных из [7, с. 88]; ge5, ge6, ge7 и ge8 — названия тестовых образцов.

Как видно из графика, в составе исследуемых образцов были обнаружены редкоземельные элементы, такие как иттрий (Y), лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Yb) и лютеций (Lu). Среди перечисленных редкоземельных элементов количество Y, La, Ce и Nd относительно выше, чем остальных.

Как известно, группа редкоземельных элементов включает 17 элементов. Эти элементы показаны на рисунке 2.

21															
Sc															
39															
Y															
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	

Рис. 2. Описание группы редкоземельных элементов

Редкоземельные элементы успешно применяются в различных отраслях промышленности. Ниже показаны области применения элементов Y, La, Ce и Nd, обнаруженных в рудах месторождения Кедабек:

- элемент Y широко используется в катализаторах, производстве керамики, электронике и т. д. [13, с. 198];
- элемент La широко используется в сельском хозяйстве [8, с. 1];
- элемент Ce широко используется в производстве катализаторов, топливных элементов и топливных добавок [9, с. 1253];
- Элемент Nd широко используется в производстве электродвигателей и ветротурбин [10, с. 38].

Заключение

Анализ имеющейся литературы позволяет предположить, что редкоземельные элементы извлекаются из месторождения Кедабек в виде смешанных компонентов. Для возможности их извлечения в виде свободных элементов необходимы дальнейшие исследования. Поскольку редкоземельные элементы используются в широком спектре областей, их извлечение имеет большое значение.

Литература:

1. Баба-Заде В. М. Геология минералов. Часть II. Рудные минералы : учебник для высших учебных заведений. — 1-е издание. — Баку : Издательство Бакинского университета, 2013. — 492 с. (На азербайджанском языке.)
2. Гамзаев В. Х. Распространение и экономическое значение редких элементов в сульфидных месторождениях Азербайджанской Республики // Вестник высших технических учебных заведений Азербайджана. — 2023. — Том 34 (4). — Выпуск № 11. — С. 184–190. (На азербайджанском языке.)
3. Гусейнов Г. С., Гамзаев В. Х. Изучение распределения редких элементов в Дашкесанском железорудном месторождении // Вестник высших технических учебных заведений Азербайджана. — 2024. — Том 40(05). — Выпуск № 5. — С. 125–133. (На азербайджанском языке.)
4. Маммадов М. Н., Байрамов А. А. Петрология и потенциальная рудоносность Гедабекского интрузива // Вестник Азербайджанской инженерной академии : международный научно-технический журнал. — Баку, 2020. — С. 111–121. (На азербайджанском языке.)
5. Мурсалов С. С. Морфологические особенности и внутреннее строение золото-медно-колчеданных рудных тел Кедабекского месторождения // Вестник Бакинского университета. Серия естественных наук. — 2012. — № 2. — С. 191–196. (На азербайджанском языке.)
6. Сафаров Е. И. Месторождения полезных ископаемых Малого Кавказа. — Баку : Апостроф, 2012. — 120 с. (На азербайджанском языке.)
7. Садыхов Э. А., Велиев А. А., Байрамов А. А., Мамедов С. М., Ибрагимов Д. Р. Изотопно-геохимические характеристики (Sm-Nd, Rb-Sr, S) и U-Pb SHRIMP II возраст Гедабекского интрузива (Азербайджан) // Региональная геология и металлогения. — 2018. — № 76. — С. 83–94.
8. Caixia Xiao, Hua Yang, Xingwang Chen and et al. Application of lanthanum at the heading stage effectively suppresses cadmium accumulation in wheat grains by downregulating the expression of TaZIP7 to increase cadmium retention in nodes // Plants. — 2024. — № 13. — 2921. — P. 1–14.
9. Dahle J. T., Arai Y. Environmental geochemistry of cerium: applications and toxicology of cerium oxide nanoparticles // International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2015. — № 12 (2). — P. 1253–1278.
10. Friebe P. Tests of neodymium content in selected materials // Mining Machines. — 2020. — № 2. — P. 38–47.
11. Hamzayev V. Kh. Study of the environmental impact of the exploitation of rare elements // Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institutions. — 2024. — Volume 37 (05). — Issue 02. — P. 353–360.
12. Huseynov G. S., Hamzayev V. Kh., Ahmedova R. N., Huseynova G. I. Study of the distribution of rare elements in the ores of the Gosha deposit // Proceedings of Azerbaijan High Technical Education Institutions. — 2025. — Volume 48 (06). — Issue 01. — P. 371–378.
13. U. S. Geological Survey, 2025, Mineral commodity summaries 2025 (ver. 1.2, March 2025) // U. S. Geological Survey. — 212 p.
14. Guseinov G. S., Hamzayev V. Kh., Gubadov R. R. et al. Study of the distribution of rare elements in the Daghkasan deposit and determination of their economic significance // Journal of Geology, Geography and Geocology. — 2025. — Volume 34 (3). — P. 512–520.

ФИЛОЛОГИЯ, ЛИНГВИСТИКА

Английский язык в медицине: как слова формируют наше понимание здоровья

Башаров Денис Равилевич, студент;

Жалалова Лия Мавлитовна, студент

Научный руководитель: Киверник Наталья Юрьевна, преподаватель

Челябинский медицинский колледж

В статье «Английский язык в медицине: как слова формируют наше понимание здоровья» рассматривается влияние языка на восприятие и интерпретацию медицинской информации. Авторы анализируют, как термины и фразы, используемые в медицинской практике и образовании, формируют представления о здоровье, болезни и лечении. Особое внимание уделяется роли медицинского жаргона, который может как облегчать, так и затруднять коммуникацию между врачами и пациентами.

В мире, где границы стираются, а информация распространяется со скоростью света, английский язык стал не просто средством общения, но и мощным инструментом, формирующим наше понимание различных сфер жизни. Медицина — одна из таких областей, где влияние английского языка особенно заметно. От названий болезней до описаний симптомов, от научных статей до инструкций к лекарствам — английские слова пронизывают каждый аспект современной медицины, определяя наше восприятие здоровья и болезни.

Ключевые слова: язык, медицинская терминология, состояние здоровья, владение английским.

Язык как фундамент медицинского знания

Язык — это не просто способ общения, а мощный фактор, влияющий на наше восприятие окружающего мира. В медицинской сфере английский язык занимает особое положение, поскольку именно он служит основным источником сведений о заболеваниях, состоянии здоровья и методах терапии. Именно благодаря ему складывается современное представление о здравоохранении, выступая главным средством научной коммуникации, клинической деятельности и развития новых технологий в области медицины.

Раньше центральной языковой базой медицинской науки была латынь, однако с расширением мировых исследований и процессами глобализации английский постепенно заменил её. Сегодня он остаётся решающим элементом в профессиональной среде. Это означает, что для того, чтобы быть в курсе последних достижений, врачам, ученым и студентам необходимо владеть английским. Без этого доступ к огромному объёму информации, которая формирует современную медицинскую практику, будет ограничен. [1]

Терминология: точность и универсальность

Медицинская терминология — это отдельный мир, где каждое слово имеет точное значение. И здесь английский

язык играет ключевую роль. Многие медицинские термины имеют латинские или греческие корни, но их английские эквиваленты стали общепринятыми. Например, «cardiovascular» (сердечно-сосудистый), «digestive» (пищеварительный), «respiratory» (дыхательный), «neurology» (неврология), «oncology» (онкология) — эти слова понятны специалистам по всему миру, независимо от их родного языка. [2]

Благодаря своей универсальности, термины на английском языке становятся общепринятыми и понятными для специалистов любой страны, независимо от их языкового происхождения. Это обеспечивает эффективный обмен знаниями, консультации и совместную работу врачей во всём мире — что особенно актуально при возникновении масштабных эпидемий. Точность терминологии также критически важна для постановки правильного диагноза и назначения эффективного лечения. Ошибка в трактовке одного термина может повлечь за собой серьёзные последствия

Влияние на пациента: от диагноза до лечения

Английский язык влияет не только на профессиональное сообщество, но и на пациентов. Многие названия болезней, симптомов и лекарств, которые мы слышим в повседневной жизни, имеют английское происхождение

или являются прямыми заимствованиями. Например, «stress» (стресс), «allergy» (аллергия), «antibiotic» (антибиотик) — эти слова стали частью нашего лексикона. [2]

Когда врач объясняет диагноз или назначает лечение, он часто использует термины, которые могут быть непонятны пациенту. В таких случаях важно, чтобы врач мог перевести эти термины на понятный язык, но и сам пациент, имея базовое понимание английского, может лучше разобраться в своем состоянии и задать более точные вопросы.

Образование и самообразование

Для будущих медиков владение английским становится обязательным условием. Учебная литература, лекционные материалы, научные труды — всё это подразумевает высокий уровень языковой компетенции. Кроме того, многие ведущие вузы мира проводят обучение именно на английском, предоставляя возможности для международного обмена знаниями и участия в глобальных образовательных инициативах.

Для широкой публики английский язык также предоставляет доступ к огромному количеству информации о здоровье. Медицинские порталы, блоги, видеоролики — все это позволяет людям самостоятельно изучать различные аспекты здоровья, узнавать о новых методах лечения и профилактики. Однако здесь важно быть критичным и отличать достоверную информацию от псевдонаучных утверждений.

Язык как инструмент формирования общественного мнения о здоровье

Помимо прямого влияния на профессиональную деятельность и образование, английский язык играет значительную роль в формировании общественного мнения о здоровье и болезнях. Средства массовой информации, популярные книги и документальные фильмы, часто созданные на английском языке, транслируют определенные нарративы о здоровье. Например, акцент на «wellness» (благополучие) и «self-care» (забота о себе) в англоязычной культуре постепенно проникает и в другие языки, меняя наше представление о том, что значит быть здоровым. Вместо простого отсутствия болезни, здоровье все чаще воспринимается как активный процесс поддержания физического и ментального благополучия.

С другой стороны, использование определенных английских терминов в СМИ может создавать стигматизацию или, наоборот, романтизировать некоторые состояния. Например, термин «addiction» (зависимость) может быть использован как в клиническом, так и в более широком, иногда упрощенном смысле, влияя на наше восприятие людей, страдающих от зависимостей. Понимание нюансов языка даёт возможность глубже чувствовать суть заболеваний, проявлять больше внимания и сочувствия к пациентам. [3]

Вызовы и возможности

Не смотря на очевидные выгоды, господство английского в медицине порождает определённые трудности. Для специалистов, не владеющих им в совершенстве, существует риск недопонимания, что может сказаться на качестве медицинской помощи. Также существует опасность потери уникальных медицинских знаний и терминологии, существующих в других языках и культурах. Необходимо соблюдать гармонию между международной интеграцией и сохранением культурных особенностей местной медицины.

Тем не менее, возможности, которые открывает владение английским языком в медицине, огромны. Главное — иметь доступ к новейшим разработкам, участвовать в международных проектах, обмениваться опытом с коллегами со всего мира и, в конечном итоге, способствовать улучшению здоровья людей на глобальном уровне. Изучение английского языка в контексте медицины — это не просто освоение новых слов, это инвестиция в профессиональное развитие, в более глубокое понимание науки и в способность эффективно заботиться о здоровье — своем и других. Таким образом, английский язык становится не просто инструментом, а ключом к пониманию и формированию нашего современного представления о здоровье.

Английский язык, как катализатор инноваций и этических дискуссий

Помимо уже упомянутых аспектов, английский язык играет роль катализатора в развитии медицинских инноваций и формировании этических дискуссий. Новые технологии, такие как искусственный интеллект в диагностике, генная терапия или персонализированная медицина, часто разрабатываются и описываются на английском языке. Это позволяет быстро распространять информацию о прорывных открытиях, стимулируя дальнейшие исследования и внедрение инноваций по всему миру. Международные консорциумы ученых, работающие над сложными проектами, такими как расшифровка генома человека или разработка новых вакцин, используют английский как основной язык для координации усилий и обмена данными. [1]

В то же время, этические вопросы, возникающие в связи с этими инновациями — например, вопросы конфиденциальности генетических данных, справедливости доступа к дорогостоящим методам лечения или моральных аспектов редактирования генома — также активно обсуждаются на английском языке. Ведущие биоэтические журналы, международные конференции и экспертные группы формируют глобальный дискурс, используя английский как платформу для обмена мнениями, выработки консенсуса и формулирования рекомендаций. Это позволяет создавать универсальные этические рамки, которые могут быть адаптированы к различным куль-

турным и правовым контекстам, но при этом сохраняют общие принципы.

Культурные аспекты и переводческие сложности

Однако, несмотря на стремление к универсальности, нельзя игнорировать культурные аспекты, которые могут влиять на восприятие медицинских терминов и концепций, даже если они выражены на английском языке. Например, понятие «pain» (боль) может иметь различные культурные коннотации и пороги восприятия в разных обществах, что может усложнять стандартизацию оценки боли и ее лечения. Точно так же, концепции «mental health» (психическое здоровье) или «well-being» (благополучие) могут быть интерпретированы по-разному в за-

висимости от культурного контекста, что требует от специалистов не только лингвистической, но и культурной компетентности.

Перевод медицинских текстов с английского на другие языки и обратно также представляет собой сложную задачу. Это не просто замена слов, а передача точного смысла, нюансов и культурных особенностей. Неудачный перевод может привести к недопониманию, ошибкам в лечении или даже юридическим проблемам. Поэтому роль квалифицированных медицинских переводчиков и редакторов, обладающих глубокими знаниями как языка, так и предметной области, становится все более значимой. Они выступают мостом между различными языковыми и культурными мирами, обеспечивая беспрепятственный поток информации и знаний.

Литература:

1. Сайт «Изучение медицинского английского языка» Skyeng. — URL: <https://skyeng.ru/articles/medicinskij-anglijskij/> (дата обращения 07.02.2026).
2. Голицынский, Ю. Б. Грамматика: Сборник упражнений / Голицынский Ю. Б. 8-е изд., испр. — Санкт-Петербург: КАРО, 2020. — 576 с. (Английский язык для школьников) (дата обращения: 08.02.2026)
3. Егорова, Э. В. Английский язык для медиков (A2 — B1): учебник для вузов / Э. В. Егорова, Н. А. Крашенинникова, Е. И. Крашенинникова. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 402 с. — (Высшее образование) (дата обращения 08.02.2026)

Роль средств массовой информации в распространении и адаптации иноязычной экономической терминологии (на материале русскоязычной прессы Узбекистана)

Бобождонова Райхон Улугбековна, студент магистратуры;
 Рузметов Сурожбек Аллабергенович, доктор философии (PhD) по филологическим наукам, доцент
 Ургенчский технологический университет RANCH (Узбекистан)

В статье рассматривается роль средств массовой информации в распространении и адаптации иноязычной экономической терминологии в русскоязычной прессе Узбекистана. Активное вхождение заимствованных терминов обусловлено процессами экономической интеграции и глобализации. СМИ выступают основным источником закрепления новых экономических наименований в публичном дискурсе. На материале русскоязычных интернет-изданий анализируются особенности функционирования, семантического освоения и употребления иноязычных терминов. Особое внимание уделяется их влиянию на формирование языковых норм современного экономического дискурса.

Ключевые слова: адаптация, заимствование, СМИ, термин, функционирование

Современный этап развития Узбекистана характеризуется глубокой экономической трансформацией и активным включением в глобальные рынки. Эти процессы сопровождаются широким заимствованием терминологии из английского языка, прежде всего из областей финансов, стартап-индустрии и корпоративного управления. Массовая коммуникация играет в этих процессах решающую роль. Т. Г. Добросклонская подчёркивает, что тексты средств массовой информации являются одной из самых распространённых форм современного бытования языка, и массовое производство медиатекстов создало

особую виртуальную среду, которая оказывает огромное влияние на процесс производства и распространения слова [4, с. 3].

В условиях, когда англоязычные термины быстро входят в язык, функционирующий в Узбекистане, важно понимать, как именно пресса вводит, транслирует и адаптирует новую лексику. Цель статьи — изучить роль русскоязычных медиа Узбекистана в распространении и адаптации иноязычной экономической терминологии и выявить основные стратегии её семантикостилистического приспособления.

В настоящее время словарный состав многих языков испытывает пополнение заимствованными словами в основном англицизмами [3, с. 92], причиной чего является комплекс взаимосвязанных социально-экономических и коммуникативных факторов. Прежде всего, доминирующее положение английского языка в глобальном научно-техническом, финансовом и цифровом пространстве приводит к тому, что новые понятия и технологии изначально оформляются именно на английском языке и затем проникают в другие языки. Заимствованное слово, органически включаясь в систему того или иного языка, может подвергаться семантическим трансформациям, грамматическим преобразованиям, фонетической адаптации. В свою очередь, Л. П. Крысин указывает два этапа укоренения иноязычного слова: первый — «употребление иноязычного слова в тексте в его исконной орфографической и грамматической форме, без транслитерации и транскрипции, в качестве своеобразного вкрапления», второй — подчинение слова фонетическим, орфографическим и грамматическим правилам заимствующего языка [5, с. 75–76]. Следовательно, чужие слова, попав в иную языковую среду, начинают подчиняться законам заимствующего языка. Иногда они могут служить основой для образования новых слов.

Медиалингвистика рассматривает языковые процессы в свете влияния медиасреды. Нужно отметить, что стремительное развитие традиционной прессы и интернета создало единое информационное пространство, где тексты СМИ стали основной формой речеупотребления. В этой среде объём медиаречи постоянно растёт, а национальные и глобальные медиа образуют систему, влияющую на лингвокультурные процессы. Таким образом, информационные каналы активно формируют нормы языка, включая заимствованную лексику.

Заимствование — один из ключевых путей обогащения языка. А. Т. Аксенова отмечает, что не освоенные языком иноязычные слова на начальном этапе функционирования в СМИ часто рассматриваются как варваризмы, и их употребление сопровождается комментариями, приведением аналогов или объяснений. Исследователь подчеркивает, что утрата сопроводительных комментариев свидетельствует об освоении термина носителями языка. Этот подход позволяет выделить 3 стадии освоения: 1) введение термина с пояснением; 2) регулярное употребление термина с сокращёнными комментариями; 3) включение термина в обыденный лексикон без пояснений [1]. Анализ показал, что большинство англоязычных терминов впервые появляются в публичном обороте именно через СМИ. Отмечается, что вторая половина XX — начало XXI в. характеризуется стремительным ростом массовой коммуникации: пресса создаёт особое информационное пространство, определяющее динамику языковых изменений. Как правило, авторы статей сопровождают новую единицу кратким пояснением: например, термин IPO вводится вместе с переводом — «публичное размещение акций»:

Акции 12 крупных предприятий разместят на отечественном фондовом рынке в рамках первичного (IPO) и вторичного (SPO) публичного размещения. [Газета.uz].
Процент по кредиту: дисконтная ставка (одноразовая банковская комиссия) [Spot.uz].

Подобные примеры на ранней стадии сопровождаются комментариями и аналогами, чтобы облегчить понимание. В тексте высказывание объясняется тем, что в начальный период реципиент обычно не знаком с новым словом, поэтому комментарии обеспечивают семантическую конкретизацию. Помимо этого, уже приспособленные термины подвергаются морфологической адаптации, и получают русские суффиксы: *Ставка на частные венчурные фонды и инвестиционный матчинг: что нужно для развития стартапов (start up) в Узбекистане.* [Spot.uz]; *В республике могут ввести антидемпинговые (dumping) пошлины в размере 10 % на импорт бытовой техники* [Spot.uz].

Несмотря на внедрение многих терминов, наблюдаются трудности. Термины, требующие специализированного знания типа *дью дилидженс, аккредитив, фьючерс*, зачастую употребляются без пояснений, что снижает доступность информации. Формирование терминологической системы языка происходит в результате взаимодействия внутренних языковых механизмов и процессов заимствования. Стоит отметить, что образование экономических терминов происходит семантическим, морфологическим, синтаксическим путями, а заимствования из английского и русского языков служат способом обновления лексики. Выделяются основные модели: 1) создание терминосочетаний; 2) прямое заимствование; 3) семантические кальки (платёжный шлюз — payment gateway).

Таким образом СМИ выступают ключевым проводником между глобальной экономической терминологией и национальной языковой системой. Новые экономические термины вводятся в публичный оборот именно через медиатексты, что подтверждает концепцию медиалингвистики о ведущей роли СМИ в динамике языковых процессов. Следовательно, пресса не только отражает языковые изменения, но и активно участвует в них, формируя терминосистему, адаптированную к национальной культуре и потребностям аудитории. Соответственно, механизмы освоения заимствованной лексики в медиадискурсе носят этапный характер: от введения термина с пояснениями до его полного включения в повседневный словарь без дополнительных комментариев. Журналисты используют стратегии семантической конкретизации, морфологической адаптации и контекстуального объяснения, что соответствует моделям, выделенным в лингвистике заимствований. При этом недостаточное сопровождение терминов, относящихся к сфере узкоспециализированных знаний, демонстрирует существующие коммуникативные трудности и указывает на необходимость более системной работы по обеспечению прозрачности экономической информации.

Литература:

1. Аксенова А. Т. Семантико-стилистическая адаптация новейшей иноязычной лексики (на материале СМИ) // Русистика, 2009. — № 2. — С. 22–29.
2. Asilova G. A., Shirinova E. T., Iskandarova G. T. Economic terminology of the Uzbek language: sources and methods of development // XVI International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agri-business”, 2023. — Volume 413. — P. 1–10.
3. Букина Л. М. Внешняя и внутренняя обусловленность языкового заимствования. // Вестник РУДН, серия Лингвистика, 2016. — Том 20, № 1. — С. 89–99.
4. Добросклонская Т. Г. Медиалингвистика: системный подход к изучению языка СМИ: Учебное пособие. — М., 2008. — 203 с.
5. Крысин Л. П. Этапы освоения иноязычного слова. // Русский язык в школе, 1991. — № 2. — С. 74–78.
6. Лаптева О. А. Живая русская речь с телеэкрана: разговорный пласт телевизионной речи в нормативном аспекте. — М.: УРСС, 1999.

Ономатопея как средство межкультурной коммуникации в манге, манхве и комиксах

Жубай Диана Азаматкызы, студент магистратуры
Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Утемисова (г. Уральск, Казахстан)

Статья посвящена комплексному лингвосемиотическому анализу ономатопеи как ключевого средства межкультурной коммуникации в креолизованных нарративах — японской манге, корейской манхве и западных комиксах. На основе мультимодального подхода исследуется, как звукоподражательные единицы, интегрированные в визуально-вербальную структуру текста, выполняют не только экспрессивную, но и когнитивную функции. В работе выявлены культурно обусловленные стратегии графической репрезентации звука и механизмы, облегчающие декодирование смысла интернациональной аудиторией.

Ключевые слова: креолизованный текст, ономатопея, межкультурная коммуникация, манга, манхва, комикс, мультимодальность, визуальная грамматика.

В современной лингвистической парадигме креолизованные тексты (комиксы, манга, манхва) представляют собой сложные семиотические конструкции, где вербальные и иконические компоненты образуют неразрывное единство [1, с. 45]. В рамках этих текстов особую роль играет ономатопея, эволюционировавшая от простого стилистического приема до ключевого когнитивного механизма, ответственного за передачу сенсорного опыта.

Ономатопея глубоко укоренена в конкретной лингвокультуре. Каждая языковая система кодирует звуковой континуум избирательно. В японском языке, например, существует уникальный пласт лексики — *gumaiyo* (mimetic words), описывающий не звуки, а состояния или движения: *kira-kira* (блеск), *shiin* (тишина) [2, с. 112]. В западных языках такие состояния обычно передаются глаголами или наречиями. Тем не менее, в условиях глобализации эти знаки успешно декодируются международным читателем благодаря мультимодальной избыточности. Сведем данные нашего исследования о типах ономатопеи в таблицу 1.

Таблица 1. Функционально-семантическая классификация ономатопеи

Тип ономатопеи	Объект описания	Лингвистическая особенность	Нарративная функция
Звуки действия	Физические события (удар, взрыв)	Взрывные согласные (B, P, D, T, G)	Акцентирование динамики и силы воздействия
Звуки фона	Атмосфера (шум ветра, блеск)	Гласные и сонорные звуки, повторы (редлипликация)	Создание погружения в среду (эффект эмпатии)
Эмоциональные звуки	Внутреннее состояние (сердцебиение)	Использование суффиксальных удлинений и спецсимволов	Раскрытие психологии персонажа

Важным аспектом является когнитивный механизм восприятия звука через визуальный канал. Читатель не просто видит набор букв, он интерпретирует их «вес», «скорость» и «тембр» через графические атрибуты: толщину линий, наклон шрифта и цветовую насыщенность. В восточных нарративах этот процесс усиливается за счет использования идеографического письма (катаканы или хангыля), которое само по себе обладает высокой степенью иконичности. Таким образом, происходит синестетическое замещение: визуальный стимул активирует слуховые центры коры головного мозга.

Графическая реализация этих звуков различается в зависимости от культурной традиции. Японская традиция опирается на каллиграфичность: катакана позволяет передать «остроту» или «мягкость» звука через начертание штрихов. В корейской манхве преобладает цифровая обработка: градиенты, неоновое свечение и объем, что обусловлено форматом «вебтун» (webtoon) [4, с. 12]. Западный комикс исторически использует звук как автономный элемент дизайна, часто выходящий за границы кадра.

Рассмотрим это на конкретных примерах. В манге «Атака на титанов» [3, с. 24] сцена разрушения стены сопровождается массивной ономотопеей dogoooon (ゴオオオオン). Сочетание согласного D (тяжесть) и долгого гласного O передает низкочастотную вибрацию. Визуально буквы имеют «рваные» края, имитируя трещины в камне. Проиллюстрируем это на рис. 1.

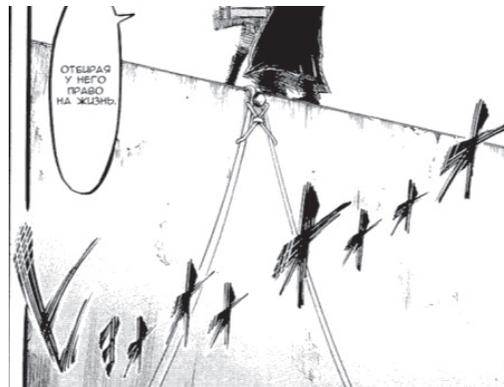


Рис. 1. Визуализация масштабного звука разрушения в манге

В корейской манхве «Поднятие уровня в одиночку» [4, с. 56] активно применяется прием визуальной компенсации. Звук звонка ttarureung (따르릉) содержит начальный двойной согласный «тт», передающий резкий импульс. Для читателя, не знающего хангыль, авторы добавляют к слову универсальную иконку ноты или волнообразные линии вибрации. Проиллюстрируем это на рис. 2.



Рис. 2. Использование гибридных знаков (слово + иконка) в манхве

Особый интерес представляет западный комикс, где ономотопея часто несет интертекстуальную нагрузку. В серии «Человек-Паук / Дэдпул» [5, с. 8] звуковые эффекты могут имитировать мелодии песен (например, А-КУКАРАЧА). Это использование знакомых культурных кодов в качестве звукового оформления, как можно заметить на рис. 3, позволяет автору общаться с читателем напрямую, минуя языковые барьеры [5, с. 8].



Рис. 3. Культурное кодирование и ирония в комиксах Marvel

Для подведения итога необходимо провести сравнительный анализ того, как разные лингвокультуры подходят к презентации звука. Это позволит увидеть ономотопею не как изолированный звук, а как элемент национальной системы восприятия мира. Сведем результаты сравнительного анализа в таблицу 2.

Таблица 2. Сравнительный анализ культурных стратегий визуализации звука

Параметр сравнения	Японская манга	Корейская манхва	Западный комикс
Доминирующая стратегия	Инкорпорация (слияние с фоном)	Эмоциональная гиперболизация	Графическая автономия
Тип шрифта	Каллиграфическая кисть (рукописный)	Цифровой, объемный (3D-эффекты)	Геометрический, блочный (шрифтовой дизайн)
Роль цвета	Минимальна (акцент на толщине линий)	Максимальна (градиенты, свечение)	Высокая (контрастная заливка букв)
Межкультурный мост	Контекстуальная интуиция	Использование иконок-подсказок	Культурные и поп-музыкальные отсылки

Процесс локализации таких текстов также требует учета культурных стратегий. Переводчики часто сталкиваются с дилеммой: сохранить оригинальное начертание для аутентичности или заменить его на эквивалент целевого языка. Исследование показывает, что частичное сохранение оригинала с добавлением визуальных пояснений является наиболее эффективным способом сохранения культурного кода при обеспечении понятности текста. Таким образом, ономотопея в креолизованных текстах выступает как диалектическое единство национального культурного маркера и универсального коммуникативного медиатора. Визуальный контекст — начертание, цвет, размер и композиционное положение — делает специфические звуковые образы понятными для глобальной аудитории, формируя общую визуальную грамотность в современном мире.

Литература:

1. Анисимова Е. Е. Лингвистика текста и межкультурная коммуникация (на материале креолизованных текстов). — М.: Academia, 2003. — 128 с.
2. Потебня А. А. Мысль и язык. — М.: Лабиринт, 1999. — 269 с.
3. Исаеяма Х. Атака на Титанов. Т. 1. — Токио: Kodansha, 2009. — 192 с.
4. Chugong, Jang Sung-rak. Solo Leveling. Т. 1. — Сеул: D&C Media, 2018. — 250 с.
5. Marvel Comics. Spider-Man / Deadpool. Vol. 1. — Нью-Йорк: Marvel Worldwide, Inc., 2016. — 22 с.

Культурные концепты и символическое значение образов животных в народных сказках (на примере русских народных сказок о животных)

Жуманазарова Сарвинозхон Шермат кизи, студент магистратуры

Научный руководитель: Абдуллаева Шохида Давронбековна, кандидат филологических наук, доцент
Ургенчский технологический университет RANCH (Узбекистан)

В статье анализируется символика животных в русских народных сказках и выявляются общие и уникальные черты образов зверей, сформированные культурным контекстом. На примере ключевых персонажей — лисы, волка, медведя и зайца — раскрываются связанные с ними нравственные и социальные представления. Показано, что наряду с универсальными архетипами (например, образом лисы-трикстера) существуют значительные различия в интерпретации отдельных персонажей, особенно волка. Делается вывод о том, что сказки о животных являются важным источником для понимания национальной картины мира.

Ключевые слова: культурные концепты, символика животных, сказки о животных, русский фольклор, волк, лиса, национальная картина мира.

В условиях глобализации особую значимость приобретает изучение глубинных основ национальных картин мира. Фольклор, и, в частности, сказки о животных, выступает одним из наиболее архаичных и устойчивых кодификаторов культурных ценностей, норм и представлений. Исследование зооморфных образов через призму культурных концептов и символики позволяет выявить специфику этнического менталитета, систему архетипических образов и механизмы трансляции традиционных установок. Цель данной статьи — провести анализ культурных концептов и символики животных в русских народных сказках о животных. Проблема символики животных в фольклоре имеет обширную историографию. Фундаментальный вклад внесли исследования в области мифологической школы (А. Н. Афанасьев, В. Я. Пропп), структурно-семантического анализа (Е. М. Мелетинский), этнопсихологии и концептосферы (Д. С. Лихачев, Ю. С. Степанов).

Выбор русских сказок обусловлен тем, что сказки о животных у русского народа представляют собой один из древнейших пластов фольклора, в котором в наибольшей степени сохранились архаичные мифологические и символические представления. Эти тексты фиксируют ранние формы народного мировосприятия и традиционные модели осмысления окружающего мира, что позволяет выявить устойчивые архетипы, а также культурно обусловленные признаки в образах животных, закреплённые в коллективном сознании.

В данной статье под культурным концептом понимается «многомерное смысловое образование в коллективном сознании, вербализуемое в языке и текстах культуры, которое включает ценностную, образную и понятийную составляющие» [4]. Эту точку зрения развивает О. В. Кондрашова, отмечая, что «в современных исследованиях культурные концепты определяются обычно как многомерные смысловые образования в коллективном сознании, «опредмеченные» в языковой форме» [2, с. 44]. Сходную позицию занимает Е. А. Дженкова, «культурные концепты опредмечиваются через язык и могут быть объективно изучены посредством использования определенных лингвистических методов: с помощью анализа словарных дефиниций, синонимов и симиляров ключевого слова, ценностно маркированных высказываний (поговорок, поговорок, афоризмов) и индивидуально-авторских расширений содержания концептов с учетом этимологии номинантов концептов, метафорических переносов, данных ассоциативных экспериментов (А. А. Залевская, Я. В. Зубкова, Н. А. Красавский, Н. Н. Панченко, Е. Е. Стефанский и др.)» [1, с. 237]. В контексте анализа образов животных культурный концепт (например, «лиса», «волк») предстает как ступень культурно маркированных представлений о свойствах животного, соотносённых с человеческими качествами. Понимание символичности таких образов соотносится и с позицией А. Ф. Лосева, который определяет символ как «идейная, образная или идейно-образная структура, со-

держащая в себе указание на те или иные, отличные от нее предметы, для которых она является обобщением и неразвернутым знаком» [3, с. 10]. Соответственно, символика животного представляет собой систему устойчивых значений и ассоциаций, приписываемых его образу и позволяющих рассматривать его как знак определенных абстрактных идей, норм или социальных типов.

Поскольку культурные концепты и символические образы животных проявляются прежде всего в фольклорных текстах, дальнейший анализ опирается на наиболее авторитетный и репрезентативный сказочный материал. Для исследования отбираются классические тексты сказок о животных, зафиксированные в признанных фольклорных сборниках: в русской традиции — произведения из сборников А. Н. Афанасьева [5]. Такой выбор обусловлен рядом критериев, среди которых распространённость сюжета, яркость и типичность зооморфных персонажей, а также строгая принадлежность произведений к жанру сказки о животных, что позволяет исключить басни и анекдоты и обеспечить жанровую чистоту исследуемого материала.

В качестве эмпирической базы исследования были отобраны четыре наиболее репрезентативные русские сказки о животных — «Лиса и волк», «Кот, петух и лиса», «Теремок» и «Заячья избушка», — благодаря которым можно проследить доминирующие для русской традиции культурные концепты: «хитрость — глупость», «сила — слабость», «справедливость — обман», а также модели коллективного противостояния угрозе и индивидуального выживания. Животный мир выступает здесь проекцией человеческого сообщества с его иерархией, конфликтами и коалициями, что подтверждается частотностью ключевых персонажей: лиса встречается в 38–42 % сюжетов, волк — в 30–33 %, медведь — около 20 %, заяц — в 12–15 %. В «Лисе и волке» и «Коте, петухе и лисе» образ лисы реализует трикстерскую стратегию и олицетворяет хитрость как средство выживания, тогда как волк воплощает агрессию, лишённую разума и предсказуемо приводящую к поражению. «Теремок» демонстрирует концепт коллективной солидарности, где слабые животные объединяются против внешней угрозы, представленной медведем — символом грубой, наивной силы, чья неповоротливость приводит к разрушению социального порядка. «Заячья избушка» раскрывает образ слабости, требующей защиты: заяц предстаёт типичным представителем «малого мира», чьё спасение становится возможным благо-

даря вмешательству более сильного персонажа — петуха, без ума, лиса — хитрость как инструмент преодоления угроз, волк — агрессия без рассудка, а заяц — слабость, компенсируемая ловкостью или поддержкой сообщества. Через такие образы фольклор транслирует нравственные и социальные смыслы: осуждение жадности, глупости и хвастовства, поддержку смекалки, взаимопомощи и справедливости; противостояние «хищника» и «жертвы» отражает социальную модель угнетателей и угнетённых, а фигура трикстера обеспечивает динамический баланс и переосмысление установленных норм в метафорическом «лесном обществе».

Проведённый анализ показал, что образы животных в русских народных сказках функционируют как устойчивые культурные концепты, в которых концентрируются архаичные мифологические представления, нравственные установки и социальные модели народного сознания. Лиса, волк, медведь и заяц выступают не просто персонажами повествования, а символическими фигурами, репрезентирующими типизированные человеческие качества и формы поведения: хитрость, агрессию, силу, слабость, наивность, коллективную солидарность.

Установлено, что при наличии универсальных архетипических черт (например, образ лисы как трикстера) русская фольклорная традиция наделяет зооморфные образы специфическими национально обусловленными значениями. Особенно показательна интерпретация волка как воплощения грубой, неразумной силы, что отличает его от более амбивалентных или героизированных трактовок в иных культурных традициях. Медведь, символ физической мощи и власти, представлен как наивный и социально неадаптированный персонаж, а заяц — как образ уязвимости, преодолевающейся за счёт помощи сообщества или вмешательства более сильного защитника.

Таким образом, сказки о животных отражают коллективную модель мира, в которой утверждаются ценности справедливости, взаимопомощи, смекалки и морального превосходства над грубой силой. Зооморфные образы выполняют функцию своеобразного «языка культуры», позволяющего в аллегорической форме транслировать социальный опыт и этические нормы. Это подтверждает, что русские народные сказки о животных являются важным источником для реконструкции национальной картины мира и анализа культурных концептов, закреплённых в коллективном сознании.

Литература:

1. Дженкова Е. А. Концепты «стыд» и «вина» в русской и немецкой лингвокультурах: дисс.... канд. филол. наук. — Волгоград, 2005.
2. Кондрашова О. В. Семантика поэтического слова (функционально-типологический аспект): автореф. дисс.... докт. филол. наук. — Краснодар, 1998.
3. Лосев А. Ф. Символ: В 5 т. // Философская энциклопедия. — М.: Сов. энцикл., 1965. — Т.5.
4. Самситова Л. Х. Сущность и специфика культурных концептов в языковой картине мира // Вестник Башкирск. ун-та, 2012. — № 3 (I).
5. Народные русские сказки А. Н. Афанасьева: в 5 т. — М.: Терра, 2008.

Английский язык в медицине: ключевые термины и их применение

Мурлатова Милана Владимировна, студент;
Севостьянова Екатерина Алексеевна, студент
Научный руководитель: Киверник Наталья Юрьевна, преподаватель
Челябинский медицинский колледж

Данная статья посвящена анализу значимости английского языка в медицинской сфере и особенностям использования ключевых терминов в профессиональной коммуникации.

Актуальность исследования обусловлена стремительным развитием международных связей в области здравоохранения и необходимостью владения специальной терминологией для эффективного взаимодействия с зарубежными коллегами. Авторы рассматривают основные категории медицинской терминологии на английском языке, включая наименования врачебных специальностей, названия заболеваний, медицинские процедуры, методы лечения и диагностическое оборудование.

Особое внимание уделяется практическим аспектам использования английского языка в медицине: чтению специализированной литературы, участию в международных конференциях, прохождению стажировок за рубежом и работе с иностранными пациентами.

В статье подчёркивается важность не только пассивного владения языком, но и активного использования медицинской терминологии в профессиональной деятельности.

Авторы выделяют основные трудности, с которыми сталкиваются медики при работе с англоязычной документацией, и предлагают пути их преодоления, включая систематическое изучение специализированной лексики, создание личных глоссариев и практику общения с носителями языка.

Исследование показывает, что владение английским языком на высоком уровне становится необходимым условием для профессионального роста современного врача и открывает широкие возможности для международного сотрудничества, участия в передовых исследованиях и повышения квалификации.

Казалось бы, чем может удивить медицинский английский, ведь названия болезней должны быть похожи на латинские аналоги, а имея в арсенале общую английскую лексику, можно спокойно выразить любую мысль?

Но как будет на английском «Блокада пучка Гиса»? Наверное, в названии должен быть His или что-то похожее? Ан нет — Bundle Branch Block!

Или общий анализ крови — General Blood Test? И снова нет, Complete Blood Count.

А как сказать «лечился амбулаторно»? Наверное, вы уже догадались, это не «ambulatory», коварный английский использует в большинстве случаев фразу «on an outpatient basis».

Из данных примеров видно, как даже простые термины могут вызвать путаницу и затруднить обмен информацией. Английский в медицине богат уникальными и специфическими выражениями, которые могут иметь совершенно иное значение или неожиданные нюансы в сравнении с общей лексикой. [1]

Можно выделить несколько ключевых категорий, которые охватывают разнообразные аспекты терминологии в области медицины:

1. Медицинский персонал (Medical Personnel): различные врачебные специальности, медсестры, а также административный персонал учреждений здравоохранения.
2. Болезни и состояния (Diseases and Conditions): название различных острых и хронических заболеваний, патологическими состояниями и симптомами.
3. Медицинские процедуры (Medical Procedures): хирургические операции, обследования, анализы и различные тесты.
4. Методы лечения (Treatment): лекарственная терапия, различные операции, физиотерапия, реабилитация и другие различные терапевтические вмешательства.
5. Медицинские инструменты (Medical Equipment): инструменты и оборудование, используемые в диагностике и лечении пациентов, такие как стетоскопы, шприцы, рентгеновские аппараты и т. п.
6. Анатомические термины (Anatomical Terms): органы, системы и ткани организма, а также их функции.

Рассмотрим термины, относящиеся к каждой категории.

Медицинский персонал (Medical Personnel). Слова представлены в таблице 1.

Таблица 1

Nurse	Медсестра
Hospital attendant	Обслуживающий персонал
Ambulance	Скорая помощь

Anesthesiologist	Анестезиолог
Cardiologist	Кардиолог
Dermatologist	Дерматолог
Dentist	Стоматолог
Gastroenterologist	Гастроэнтеролог
Gynecologist	Гинеколог
Ophthalmologist	Офтальмолог
Orthopedist	Ортопед
Pediatrician	Педиатр
Pharmacist	Аптекарь
Radiologist	Рентгенолог
Surgeon	Хирург
Traumatologist	Травматолог
Urologist	Уролог

Болезни и состояния (Diseases and Conditions). Слова представлены в таблице 2.

Таблица 2

Allergy	аллергия
AIDS	СПИД
Arthritis	артрит
Asthma	бронхиальная астма
Brain tumor	опухоль головного мозга
Bronchitis	бронхит
Cancer	рак
Common cold	простуда
Dehydration	обезвоживание организма
Dermatitis	дерматит
Epilepsy	эпилепсия
Ear infection	ушная инфекция
Flu	грипп
Food poisoning	пищевое отравление
Gastritis	гастрит
Heartburn	изжога
Heart attack	инфаркт
Heart failure	сердечная недостаточность
Heat stroke	тепловой удар
Hepatitis C	гепатит С
Insomnia	бессонница
Jaundice	желтуха
Malaria	малярия
Measles	корь
Meningitis	менингит
Migraine	мигрень
Mumps	свинка
Pneumonia	пневмония
Scarlet fever	скарлатина
Smallpox	оспа
Sty	ячмень
Stroke	инсульт
Tetanus	столбняк
Tuberculosis	туберкулез
Typhus	тиф
Varicosity	варикоз
Ulcer	язва

Медицинские процедуры (Medical Procedures). Слова представлены в таблице 3.

Таблица 3

Patient examination	обследование пациента
Biopsy	биопсия
Blood Transfusion	переливание крови
Colonoscopy	колоноскопия
Dialysis	диализ
Electrocardiogram (ECG or EKG)	электрокардиограмма
Endoscopy	эндоскопия
MRI (Magnetic Resonance Imaging)	магнитно-резонансная томография
Physical Therapy	физиотерапия
Surgery	хирургическая операция
Vaccination	вакцинация
Urine test	анализ мочи

Методы лечения (Treatment). Слова представлены в таблице 4.

Таблица 4

Medication	лекарство
Medicine	не только медицина, но еще и лекарство (cough medicine — лекарство от кашля)
Drug	может быть наркотик или просто лекарство (в зависимости от контекста)
Pills	таблетки
Injection	инъекция
Ointment	мазь
Antibiotics	антибиотики
Prescribe	прописывать (выписать рецепт)
Intravenous (IV) drip	капельница
Physical Therapy	физиотерапия
Surgery	хирургия
Chemotherapy	химиотерапия
Radiation Therapy	лучевая терапия
Counselling	консультация (психотерапия)
Rehabilitation	реабилитация
Dietary Changes	изменение диеты
Pain Management	обезболивание
Painkilling	болеутоляющий
First aid	первая помощь

Медицинские инструменты (Medical Equipment). Слова представлены в таблице 5.

Таблица 5

Adhesive bandage / sticking plaster	лейкопластырь
Blood Pressure Cuff	манжета для измерения давления
Stethoscope	стетоскоп
Thermometer	термометр
Syringe	шприц
Gauze	марля
Scalpel	скальпель
Forceps	хирургические щипцы
Otoscope	отоскоп
Needle	игла

Tongue Depressor	шпатель для осмотра горла
Surgical Sutures	хирургические швы
Hot-water bottle	грелка
Emergency first aid kit	аптечка первой помощи
Oxygen mask	кислородная маска
Tourniquet	жгут (для остановки кровотечения)
Doppler Ultrasound Device	ультразвуковой доплер (для измерения кровяного потока)
Personal protective equipment	средства индивидуальной защиты
X-ray	рентген

Анатомические термины (Anatomical Terms). Слова представлены в таблице 6. [2]

Таблица 6

Heigh	рост
Weight	вес
Waist	талия
Brain	мозг
Head	голова
Neck	шея
Throat	горло
Tongue	язык
Shoulder	плечо
Arm	рука
Hand	кисть
Wrist	запястье
Forearm	предплечье
Chest	грудь
Back	спина
Lower back	поясница
Leg	нога
Foot	ступня
Knee	колени
Thigh	бедро
Joints	сустав
Bones	кости
Stomach	желудок
Lung	легкое
Liver	печень
Skin	кожа
Tissue	ткань
Kidney	почка
Heart	сердце
Spine/backbone/spinal column	позвоночник
Skeleton	скелет
Skull	череп
Ribs	ребра

Значение английского языка в медицине

В современном мире, где границы разных стран становится легче преодолеть, особенно специалистам в области медицины — заметно увеличивается значение английского языка.

Глобализация и ускорения обмена информацией требует знания языка межнационального общения и, в частности, его особенности и использование терминологии в медицинских и смежных профессиях.

Давайте посмотрим, как знание английского языка помогает врачу.

1. Врач, который говорит по-английски лучше осведомлен, о текущих тенденциях в области медицины.
2. С английским вы можете получить или продолжить медицинское образование за рубежом.
3. Знание английского языка позволит вам принять участие в медицинских конференциях за рубежом.
4. Знание английского языка позволит вам работать в команде с иностранными специалистами.
5. Знание английского языка позволяет врачу проводить прием иностранных пациентов в частных клиниках.
6. Знать английский язык — всегда престижно. Независимо от вашей профессии, будь то врач или другой специалист, если вы владеете иностранными языками, в любой компании, которая сотрудничает с иностранными партнерами или нет, вы будете считаться более ценным сотрудником.

Также легко, как и воспринимать английский язык на слух, так и общаться с коллегами из разных стран становится значительно проще. Врач обязан говорить на английском ясно и точно, чтобы собеседник мог понять каждое слово, включая сложные медицинские термины. Хотя многие врачи хорошо знают латынь, что помогает избежать путаницы с медицинской терминологией, для эффективного общения необходим живой язык — английский. Анализируя все вышесказанное, можно сделать вывод о высокой важности английского языка в медицине. Этот язык объединяет знания и достижения разных стран, позволяет обмениваться опытом и учиться на чужих успехах и ошибках. В современном мире знание медицинского английского становится обязательным для каждого специалиста. [3]

Литература:

1. Козырева, Л. Г. Английский язык для медицинских колледжей и училищ: учебное пособие / Л. Г. Козырева, Т. В. Шадская. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2020. — 334 с. (Среднее медицинское образование) — ISBN 978-5-222-35182-6. — Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. — URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222351826.html> (дата обращения: 10.02.2026).
2. MD. school — онлайн-университет доказательной медицины — URL: <https://md.school/blog/medicinskie-terminy-na-anglijskom-yazyke> (дата обращения: 10.02.2026)
3. Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации» — URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/02/78089> (дата обращения: 10.02.2026)

The influence of extralinguistic factors on the formation of the architectural terminology system

Uryupina Anna Dmitriyevna, graduate student
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (Moscow)

The article examines the impact of extralinguistic factors on the formation of the architectural terminology system. The author analyzes social, cultural, historical, economic, and technological aspects that shape the development of terminology in architectural discourse. Special emphasis is placed on term standardization, knowledge organization, and interdisciplinary collaboration. Through theoretical analysis, key factors such as globalization, historical events, and innovations are identified, which not only shape the terminological system but also reflect societal changes and professional practices.

Keywords: terminological system; extralinguistic factors; architectural discourse.

Влияние экстралингвистических факторов на формирование архитектурной терминологической системы

Урюпина Анна Дмитриевна, аспирант
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (г. Москва)

В статье исследуется влияние экстралингвистических факторов на формирование архитектурной терминологической системы. Автор анализирует социальные, культурные, исторические, экономические и технологические аспекты, определяющие развитие терминологии в архитектурном дискурсе. Особое внимание уделяется стандартизации терминологии, организации знаний и междисциплинарному взаимодействию. На основе теоретического анализа выделены

ключевые факторы, такие как глобализация, исторические события и инновации, которые не только формируют терминосистему, но и отражают изменения в профессиональном обществе.

Ключевые слова: терминосистема; экстралингвистические факторы; архитектурный дискурс.

Specialized A terminological system is a structured collection of terms that represent concepts within a specific domain, organized to reflect their interrelations and definitions. It encompasses classifications, vocabularies, thesauri, nomenclatures, and ontologies, often designed to ensure clarity, consistency, and precision in communication within a given field [3, c. 96].

In the architectural discourse, terminological systems are crucial for several reasons. First, in terms of standardization, they provide a consistent framework for naming architectural elements, styles, and techniques, reducing ambiguity in professional communication. Second, terminological systems contribute to knowledge organization. By categorizing and defining terms, they facilitate the organization and retrieval of architectural knowledge. Third, standardized terminology enables effective cross-disciplinary collaboration between architects, engineers, historians, and other stakeholders. Finally, terminological systems help document and preserve architectural heritage by codifying terms associated with historical styles and practices.

The research objectives are to analyse how extralinguistic factors influence the development of architectural terminology and identify the key extralinguistic factors involved.

Extralinguistic factors refer to external, non-linguistic influences that shape the development, usage, and evolution of

language [4, c. 99]. These include social, cultural, historical, political, economic, and technological contexts that affect linguistic systems and communication practices [2, c. 127].

According to interactional sociolinguistics cultural context and social knowledge influence verbal interactions. It highlights the role of contextual presuppositions, such as prior sociocultural experiences and communicative expectations, in shaping language use. Contextualization cues (verbal and non-verbal) are central to understanding how extralinguistic factors impact communication [1, c. 45].

Based on diffusion theory, in interlingual relations, diffusion explains how elements from one language are transferred to another due to social interaction or bilingualism. This process involves two stages: interference (deviation from linguistic norms) and integration (adoption into the linguistic system) [1, c. 47].

The key extralinguistic factors which influence the formation of the architectural terminology system are outlined below:

Thus, as shown in the table, extralinguistic factors such as social dynamics, historical changes, technological advancements, etc. not only shape the terminological system of architecture but also reflect broader societal, historical, economic and other values and contexts. These influences ensure that architectural terminology evolves together with changes in culture, technology, and professional practices.

Table 1. Extralinguistic factors influencing the formation of the architectural terminology system

Extralinguistic factor	Influence on term formation	Example
1. Social factors	Language evolves alongside societal changes, including shifts in norms, values, and institutions.	The rise of the middle class during the 19th century in Europe and North America led to the proliferation of suburban homes. Terms like "row house", "suburban housing" became common, reflecting societal values of privacy, family life, and affordability.
2. Cultural influences	Cultural identity and heritage play a significant role in shaping terminology and linguistic preferences.	Terms like "Baroque", "Gothic" or "Romanesque" emerged to describe architectural styles that were heavily influenced by the religious and artistic priorities of their time.
3. Historical context	Major historical events, such as colonization or migration, often introduce new linguistic elements or alter existing ones.	After World War II, architectural terms like "brutalism" arose to describe minimalist, functional designs that focused on rapid rebuilding efforts. This style reflected the economic constraints and pragmatic needs of post-war societies.
4. Economic and political dynamics	Economic globalization and political integration foster cross-linguistic influences, leading to borrowing or code-switching.	Globalization accelerates the spread of linguistic elements across cultures and fosters standardized terms across regions.
5. Technological advancements	Innovations create new terminology systems while facilitating faster dissemination of language changes.	Technological advancements introduce new concepts, e.g. "sustainable architecture", "smart buildings", "BIM-technology", "green buildings", etc.

References:

1. Jafarova, K. A. The role of extralinguistic factors in interlingual relations and theoretical issues of interference / K. A. Jafarova. — Текст: непосредственный // Linguistics and Culture Review. — 2021. — № 5. — С. 43–52.
2. Latu, M. Extralinguistic Factors of Terms Coining / M. Latu. — Текст: непосредственный // Oriental Studies. — 2015. — № 8(3). — С. 126–131.
3. Leichik, V. M. On the linguistic substrate of the term / V. M. Leichik. — Текст: непосредственный // Voprosy yazykoznaniiya. — 1986. — № 5. — С. 87–97.
4. Saidova, M. U. An Analysis of Extralinguistic Factors in the Formation of Literary Terms in M. H. Abrams's "A Glossary of Literary Terms" / M. U. Saidova, M. S. Sattorova. — Текст: непосредственный // International Journal of Discoveries and Innovations in Applied Sciences. — 2022. — № 5. — С. 99–103.

Об ориентализмах в русскоязычном переводе романа Айбека «Навои»

Хамраева Камола Шавкатовна, студент магистратуры;
Рузметов Сурожбек Аллаберганович, доктор философии (PhD) по филологическим наукам, доцент
Ургенский технологический университет RANCH (Узбекистан)

В статье рассматриваются ориентализмы, функционирующие в русскоязычном переводе романа Айбека «Навои». Анализу подвергаются лексические единицы, отражающие культурные, религиозные, исторические и бытовые реалии Востока и не имеющие полных эквивалентов в русском языке. Основное внимание уделяется их лексико-семантической классификации, а также выявлению функциональной роли ориентализмов в художественном тексте. Установлено, что сохранение ориенталистской лексики в переводе способствует передаче национального колорита, этнокультурной специфики и духовной атмосферы оригинала.

Ключевые слова: ориентализмы, художественный перевод, национальный колорит, лексико-семантические группы, межкультурная коммуникация, переводной текст.

Перевод художественного произведения с одного языка на другой представляет собой сложный и многоуровневый процесс, требующий от переводчика не только лингвистической компетенции, но и глубокого понимания культурных, исторических и ментальных особенностей народа-носителя исходного языка. Особенно остро данная проблема проявляется при переводе произведений восточной литературы на русский язык, когда происходит взаимодействие двух различных культурных систем — Востока и Запада.

Как отмечает В. Н. Комиссаров, перевод — это не просто передача (преобразование) информации с одного языка на другой, это, на самом деле, процесс столкновения двух разных культур, складов мышления, литератур, различных эпох, уровней развития, а также традиций и установок [3, с. 11]. Действительно, перевод — это трудоёмкий процесс выбора правильной, поиска единственной нужной единицы. От переводчика зависит проблема сохранения стиля автора, адекватная передача смысла высказывания.

Роман Айбека «Навои» является одним из наиболее значимых произведений узбекской литературы XX века. Он посвящён жизни и творчеству великого поэта, мыслителя и государственного деятеля Алишера Навои, чья личность стала воплощением гуманистических, духовных и эстетических идеалов Востока.

Литературное, философское, научное наследие Алишера Навои явилось закономерным продолжением того, что было создано до него пытливым человеческим умом на Востоке, прежде всего и больше всего на его родине. Навои внес немалую долю в сокровищницу культуры народов Центральной Азии. Величие Навои в том, что он старался ответить на запросы своей эпохи с передовых, прогрессивных позиций [8].

Перевод восточной литературы на русский язык всегда сталкивается с культурными и языковыми различиями. Ориентализмы помогают сохранить духовную атмосферу произведения и особенности средневекового Востока. Переводчик стремится передать не только смысл, но и эмоции, традиции и мировоззрение авторского мира. Перевод художественного текста с одного языка на другой всегда сталкивается с трудностью передачи таких культурно-специфических слов. В переводе романа Айбека «Навои» на русский язык встречаются слова, которые оставлены без перевода, чтобы сохранить культурный колорит и национальный характер произведения. Через образ Навои Айбек показывает духовную культуру Средневекового Востока, богатство его языка, традиций, религиозных ценностей и эстетических представлений. Роман Айбека «Навои» является одним из значимых произведений узбекской литературы XX века.

Работа Х.Хамидова посвящена анализу особенностей передачи национально-культурных реалий в романе Айбека «Навои» при переводе на турецкий язык. В центре внимания автора находятся лексические, историко-культурные и этнографические реалии, отражающие специфику узбекской культуры и эпохи, изображённой в произведении [7].

В переводе они, как правило, сохраняются в неизменной форме, что позволяет избежать утраты их культурного содержания сохранить аутентичность художественного мира произведения.

Роман Айбека «Навои» представляет собой яркий пример того, как художественный перевод способен не только передать сюжет и стиль оригинала, но и сохранить его этнокультурное содержание. Кроме того, анализ ориентализмов позволяет уточнить специфику взаимодействия языков в контексте перевода и определить степень влияния культурных факторов на выбор переводческих решений.

К числу наиболее часто употребляемых ориентализмов относятся такие лексемы, как *медресе, имам, мазар, рубои, Навруз, байрам, тасбих, суфий, ийман, джаннат* и другие. Как правило, данные слова сохраняются в тексте перевода без замены русскими аналогами, поскольку попытка их калькирования или описательного перевода приводит к утрате культурно-смысловой глубины.

Сохранение ориентализмов позволяет переводчику не только передать предметно-логическое значение слова, но и сохранить его национально-культурную окраску, эмоциональный и символический потенциал. Особое время уделяется проблеме отображения экзотических единиц, а также вопросу их оставления без перевода.

В процессе анализа русскоязычного перевода романа Айбека «Навои» было выявлено 87 лексических единиц, функционирующие в художественном тексте и отражающие особенности восточной культурной картины мира. Для удобства систематизации материал был распределён по лексико-семантическим категориям.

№	Тематическая группа	Количество единиц	Процентное соотношение
1	Наименование места	8	9,76 %
2	Гидронимы	2	2,44 %
3	Наименование лиц	15	18,29 %
4	Антропонимы	20	24,39 %
5	Предметы быта	18	21,95 %
6	Культурно-обрядовые и религиозные реалии	19	23,17 %
	Итого	82	100 %

Как демонстрирует таблица, в количественных отношениях лидирует тематическая группа «Антропонимы». По нашему мнению, это связано с тем, что имена собственные не поддаются переводу. Было установлено, что в Гидронимы не являются столь презентабельной тематической группой. Это обусловлено тем, что вводные объекты не играют значимой роли в сюжете рассматриваемого произведения.

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что ориентализмы в русскоязычном переводе романа Айбека «Навои» выполняют важную смыслообразующую функцию. Они отражают ключевые аспекты восточной культурной картины мира, включая религиозные представления, социальные отношения, поэтические тра-

диции и элементы материальной культуры. Особое место в тексте перевода занимают антропонимы, которые выступают носителями культурной, исторической и эмоционально-оценочной информации. Их сохранение в русскоязычном тексте свидетельствует о стремлении переводчика передать национальную идентичность произведения и приблизить читателя к культурной реальности оригинала. Ориентализмы в переводе романа «Навои» являются эффективным средством межкультурной коммуникации, обеспечивающим адекватную передачу этнокультурного и духовного содержания произведения и подтверждающим значимую роль языка в сохранении культурных ценностей народа.

Литература:

1. Айбек. Навои: роман / пер. с узб. яз. — Ташкент: Издательство литературы и искусства им. Гафура Гуляма, 1974. — 528 с.
2. Караулов Ю. Н. Русский язык и языковая личность. — М.: Наука, 1987. — 264 с.
3. Комиссаров В. Н. Современное переводоведение. Курс лекций. — М.: ЭТС, 1999.
4. Маслова В. А. Лингвокультурология. — М.: Академия, 2001. — 208 с.
5. Расулов Р. Х. Проблемы художественного перевода в узбекско-русских литературных связях. — Ташкент: Фан, 1994. — 184 с.
6. Хайруллаев М. М. Алишер Навои и развитие восточной литературы. — Ташкент: Фан, 1985. — 312 с.
7. Хамидов Х. Х. Ойбекнинг “Навоий” романи туркча таржимасида хос сўз (реалия)ларнинг берилиши// Ўзбекистонда хорий тиллар, 2021. — № 3 (38). — С. 177–184.

8. Ткаченко А. Художественная интерпретация личности Алишера Навои в романе «Навои» Айбека и в повести «Сад жизни» Л. Г. Бать // Зарубежная лингвистика и лингводидактика, 2024. — № 2(2). — С. 319–325. — URL: <https://inlibrary.uz/index.php/foreign-linguistics/article/view/67508>

Проблема национального характера в повести И. А. Бунина «Деревня»

Шеламова Юлия Игоревна, учитель русского языка и литературы
МБОУ Лицей № 10 г. Белгорода

И. А. Бунин — русский поэт и прозаик, удостоенный в 1933 году Нобелевской премии по литературе.

«Бунин — по времени последний из классиков русской литературы, чей опыт мы не имеем права забывать... — писал А. Твардовский.

Бунин постепенно утверждал свое самобытное место в художественной жизни России. Он был признан кругом реалистов: в 1903 году Академия наук присудила ему Пушкинскую премию за «Листопад» и «Песнь о Гайавате».

В литературной жизни России писатель занял перво-степенное место в десятилетия XX века, когда вышли в свет его повести «Деревня», «Суходол» и «крестьянские» рассказы — «Ночной разговор», «Веселый двор», «Захар Воробьев», «Игнат», «Иоанн Рыдалец» и др.

Повесть «Деревня» (1910) с момента ее опубликования и до последнего времени вызывает немало споров среди критиков и литературоведов.

Сам Бунин писал о том, что после появления повести, его в чем только не обвиняли.

«Мрак и грязь — и в физической, и в умственной, и в нравственной жизни, — вот все, что видит Бунин в современной деревне» [10, с. 325–326]. Критик В. В. Воровский в своей статье «И. А. Бунин» приходит к следующему заключению: «<...> очевидно, Бунин дал нам не всю «деревню», обрисовал ее не со всех сторон, заглянул не во все ее уголки <...> Но зато в той части, которую он ограничил свой рассказ, он дал яркую и правдивую картину быта падающей, нищающей деревни, старой деревни» [10, с. 332–333].

«Бунинская «Деревня» является одним из узловых произведений русской литературы, обращенной к проблемам народной жизни, к проблеме национального характера», — пишет И. П. Карпов [11, с. 177].

Само произведение, авторская концепция видения народа, «русской души» обусловили актуальность «Деревни» для современного исследователя.

Бунина, прежде всего, интересуют национальные черты русского характера, независимо от того, кем является данный человек по классовому признаку. И для обобщения Бунин выбирает такие крестьянские типы, которые получили широкое распространение в жизни деревенской Руси. В их облике он выделяет наиболее характерные черты: либо смиренную покорность (Иванушка, Молодая, Однодворка), либо своеволие и дикость (Дениска, Ванька

Красный, шорник Митька), — сводя их воедино к «трагическим основам» русского склада души.

Для выяснения особенностей психики славянина писатель обращается к прошлому народа. В нем он ищет ответ на непонятные ему события современности. История России, по Бунину, — это цепь «вероломств да убийств», трагических преступлений против ближнего своего, расправ над поэтами. Это ужасное наследие прошлого, рожденное нищетой, рабством, самодержавной реакцией, определило, по мысли писателя, основы нравственности народа в настоящем. Нет «лютее нашего народа» [Бунин: 1965, III, 38]. В одном из диалогов с братом Кузьма Красов с горечью говорит: «Дикий мы народ!» [Бунин: 1965, III, 34].

Бунин утверждает устойчивость, неизбежность черт психики русского человека. По его мнению, страшный в своей обыденности быт искалечил душу мужика, наложил отпечаток на устное народное творчество. Былины, песни, пословицы негативного характера («распорол ему груди белые», «выпускал черева на землю»; «за битого двух небитых дают», «простота хуже воровства»). Дикий быт, невежество, суровая природа — вот что формирует нравственные основы психики славянина, его склонность либо к своеволию, либо к смирению и апатии.

«Душа русского человека» для писателя интуитивно ясное понятие. Хотя Бунин и отмечает: «Я не стремлюсь описать деревню в ее пестрой и текущей повседневности» [цит. по: 11, с. 177], — все равно через понятие «душа русского человека» указывает на конкретный предмет — на русского мужика, крестьянина, признаваясь, что его «с молодости страшные загадки русской души уже волновали, возбуждали <...> внимание». Несмотря на абстрактную установку воссоздать «душу русского человека вообще», избирается вполне узнаваемый материал — жизнь русской деревни. Несмотря на желание не изображать деревню в «ее пестрой и текущей повседневности», от самой жизненной парадигмы писателю уйти не удастся, и большое повествовательное пространство первой части произведения отдается именно «повседневности» — одному дню Тихона Ильича, дню, проведенному героем в заботах трудовых, крестьянских. Несмотря на то, что о народе в повести говорят разные персонажи, все-таки все рассуждения о народе в повествовании — авторские, только «рассказанные» героями.

По ходу повествования Кузьма настроен по отношению к «русской душе» критически и со страданием, но

за его пределами точка зрения героя становится иной. Когда-то Кузьма занимал позицию «беззаветной любви к народу», а непосредственно в повествовании, в диалогах с Тихоном Ильичом, он уже разделяет резко критическое отношение Балакшина. Как совершился этот переход — об этом читатель не знает. Какой-либо эволюции, идейного движения мыслей героя не изображено.

Тихон Ильич вроде бы сначала гордится тем, что он русский человек, но потом соглашается с Кузьмой и высказывается о «русской душе» так, что он даже Кузьме кажется сумасшедшим. Таким образом, идеологическая позиция братьев заранее задана автором, диалога-спора между братьями не происходит. Автор наделяет героев собственным видением мира.

Герои не только видят в окружающей жизни одно и то же, но и говорят порой одними и теми же словами, и способ их мышления одинаков — авторский.

Прямое именование «русской души» — «русского народа» начинается на первых страницах повести — в репликах Тихона Ильича.

«Живем — не мотаем, попадешься — обротаем. Но — по справедливости. Я, брат, человек русский. Мне твоего даром не надо, но имей в виду: своего я тебе тринки не отдам! Баловать, — нет, заметь, не побалую!» [8, с. 13–14]. Так впервые говорится о «русской душе» и приписываются ей наиболее нелюбимые Буниным качества: бахвальство, национальная спесь.

И. П. Карпов в книге «Проза Ивана Бунина» приходит к следующим выводам, с которыми нельзя не согласиться:

1. Народ не имеет искреннего религиозного чувства.
2. Народ живет двойственной, лживой жизнью, потому что жизнь его строится на расхождении слова и дела («... самая погибельная наша черта: слово — одно, а дело — другое!») [8, с. 35].
3. Межличностные отношения у русских людей строятся на насилии, грубости, издевательствах
4. Крестьяне грубы, черствы, радуются несчастью другого человека (Кузьма: «На пожар, на драку весь город бежит, да ведь как жалеет- то, что пожар али драка скоро кончались!») [8, с. 38].

Литература:

1. Альберт, И. С. Повесть И. А. Бунина «Деревня» в аспекте жанровой специфики / И. С. Альберт // И. А. Бунин и русская литература конца XX века: По материалам Междунар. научн. конф., посвящ. 125-летию со дня рождения И. А. Бунина, 23–24 окт. / Ин-т мировой лит. им. А. М. Горького. — М.: Наследие, 1995. — С. 16–36.
2. Афанасьев, В. Н. И. А. Бунин. Очерк творчества / В. Н. Афанасьев. — М.: Просвещение, 1966. — 384 с.
3. Благасова, Г. М. Иван Бунин: Жизнь. Творчество. Проблема метода и поэтики / Г. М. Благасова. — М. — Белгород: Изд-во БелГУ, 1997. — 162 с.
4. Благасова, Г. М. О ритмико-мелодическом строе и стиле повести И. А. Бунина «Деревня» / Г. М. Благасова // Проблемы метода, жанра и стиля в русской литературе: Межвуз. сб. научн. трудов. — М.: Изд-во МГОПУ, 1997. — кн.5. — 194 с.
5. Благасова, Г. М. Романтические тенденции в творчестве И. А. Бунина рубежа веков / Г. М. Благасова // Бунин и русская культура: Тезисы межвуз. научн. конференции, посвященной 120-летию со дня рождения И. А. Бунина. — Елец, 1990. — С. 22–23.

5. Крестьяне жестко относятся не только друг к другу, но и к птицам, животным («Мажут бедным невестам ворота дегтем! Травят нищих собаками! Для забавы голубей сшибают с крыш камнями!») [8, с. 38].

6. Русскому народу в его исторической жизни приписываются вероломства, убийства (Кузьма: «Историю почитаешь — волосы дыбом станут: брат на брата, сват на свата, сын на отца, вероломство да убийство...») [8, с. 39].

7. Народу свойственно беспамятство. («<...> он (Тихон) сам почти ничего не помнит из этой жизни. Со всем, например, забыл детство: так, мерещится порой день какой-нибудь летний, какой-нибудь случай, какой-нибудь сверстник...») [8, с. 53].

8. Не только во внешности и поведении крестьян постоянно отмечается дикое, звериное, но и крестьянское жилище уподобляется звериному логову («И неприятно чернела только темная изба Серого. Она была глухая и мертвая») [8, с. 106].

Многие эпизоды повести выглядят как иллюстрации «дури» народа, крестьянства. Сквозь ужасы бунинской деревни проступает символика авторского замысла: круговая безысходность деревенского существования во всех его слоях.

Для самого Бунина деревенская тема оставалась сферой «ненормальной» совестливости, тут он готов был все погосты оплакать. Плакивает он и судьбу Тихона Красова, энергичного, умного мужика, ходом новых зловещих обстоятельств оторванного от земли и ставшего безрадостным мироедом. Ведь и Тихон, втянутый в «ужасы» деревни, весь — в мертвых делах, поэтому и его «погост» оплакивает Бунин.

Таким образом, в «Деревне» с неопровержимой художественной убедительностью оказались воплощенными не только социальные условия существования русского дореволюционного крестьянства, но и субъективные представления писателя о национальном характере как причине, а не порождении сложившегося уклада деревенской дикости и нищеты.

Отсюда и вывод писателя о том, что характер русского человека, уклад деревенской жизни определены «всем ходом истории народа и суровой природой страны».

6. Богданова, О. Ю. Встреча с творчеством И. А. Бунина в школе / О. Ю. Богданова // Литература в школе. — 1999. — № 7 — С. 69–74.
7. Бунин, И. А. Собрание сочинений в девяти томах. Том второй. Повести и рассказы 1890–1909 / И. А. Бунин. — М.: Художественная литература, 1965. — 527 с.
8. Бунин, И. А. Деревня / И. А. Бунин // Бунин И. А. Собрание сочинений: в 9 томах. Т. 3. — М.: Художественная литература, 1965. — С. 12–132.
9. Волков, А. В. Проза Ивана Бунина. / А. В. Волков. — М.: Моск.рабочий, 1969. — 447 с.
10. Воровский, В. В. И. А. Бунин. Литературно-критические статьи. — М.: Гос. изд-во художественной литературы, 1956. — С. 324–334.
11. Карпов, И. П. Проза Ивана Бунина: Книга для студентов, преподавателей, аспирантов, учителей. / И. П. Карпов. — М.: Флинта: Наука, 1999. — 336 с.

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 7 (610) / 2026

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

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

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 25.02.2026. Дата выхода в свет: 04.03.2026.

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

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

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.