

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



23 2025
ЧАСТЬ II

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 23 (574) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

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

Международный редакционный совет:

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

На обложке изображен Джон Роджерс Сёрл (1932), американский философ.

Джон Сёрл родился в Денвере (США) в семье инженера-электрика и врача. В годы Второй мировой войны его семья жила в разных городах Восточного побережья, где Джон сменил несколько средних школ. Затем он отучился в Висконсинском университете, а после получения Родсовской стипендии — в колледже Крайст-черч Оксфордского университета у Джона Остина. Некоторое время научная деятельность Джона Сёрла была направлена на уточнение и дальнейшее развитие теории речевых актов его учителя. Часто, говоря об этом периоде его научной деятельности, его называют продолжателем идей Остина.

В 1980-е годы интересы Сёрла сместились в область философии сознания и мышления, он стал наряду с Дэниелом Деннетом и Хилари Патнэмом ведущим специалистом по философским аспектам искусственного интеллекта.

До получения своей докторской степени в Оксфорде он работал преподавателем философии. С 1967 года Сёрл был профессором в Калифорнийском университете в Беркли, а также возглавлял отделение философии. В качестве приглашенного профессора он читал лекции в университетах многих стран мира.

Согласно Сёрлу, речевые акты не существуют сами по себе — именно благодаря связи с сознанием они способны представлять («репрезентировать») существующие в мире вещи. Теория репрезентативного содержания языка должна основываться на соответствующей теории сознания. Сёрл использует в этой связи понятие интенциональности, то есть направленности сознания на предметы. Носителями интенциональности он в противовес традиционным теориям считает не убеждения и желания, а восприятия и действия.

В ходе дебатов, вызванных его теорией, Сёрл выдвинул тезис, что в интенциональном содержании восприятий имеется момент саморефлексии: если, например, человек видит дерево, то само содержание этого визуального восприятия предполагает существование дерева. Кроме того, философ полагает, что интенциональные содержания могут быть поняты только на неинтенциональной основе практических навыков и способностей.

Основываясь на своих взглядах на интенциональность, Сёрл в книге «Переоткрытие сознания» (1992) описывает свой взгляд на сознание. Он считает, что, начиная с бихевиоризма, значительная часть современной философии пытается отрицать существование сознания.

Сёрл считает, что философия оказалась в положении ложной дихотомии: с одной стороны, мир состоит лишь из объективных частиц, с другой — сознание обладает субъективным опытом от первого лица. Сёрл же говорит, что обе позиции верны: сознание является реальным субъективным опытом, вызванным физическими процессами в мозге. Эту позицию он предлагает называть биологическим натурализмом.

Следствием биологического натурализма является то, что если мы хотим создать сознательное существо, то нам необхо-

димо воссоздать физические процессы, вызывающие сознание. Позиция Сёрла, таким образом, противоречит взглядам на «сильный ИИ», заключающимся в том, что как только у нас появится определенная программа на компьютере, мы сможем искусственно воссоздать сознание. В 1980 году Сёрл представил аргумент «китайской комнаты», целью которого является доказательство ложности взглядов на сильный ИИ.

Суть этого аргумента заключается в следующем. Представим, что человека, не знающего китайский язык, поместили в отдельную комнату, в которой находятся кубики с иероглифами. Человек не знает иероглифов, но у него есть инструкция на английском языке, которая говорит, какой кубик надо брать и какой кубик надо выдавать в ответ на определенные запросы, приходящие извне.

Скажем, на обращение «Сколько вам лет?» человек смотрит в инструкцию на английском языке, в этой инструкции говорится о том, что необходимо взять определенный кубик и положить его в определенное место. Если человек успешно манипулирует этими кубиками, то на выходе мы будем получать ответы на китайском языке, то есть китаец, который будет наблюдать за этим экспериментом, увидит, что ответы получаются в общем осмысленными. Но сам человек в этой комнате никогда не будет знать, что же он сказал, что он сделал: он по-прежнему не будет понимать китайский язык.

Сёрл славится своей прямоотой. Известны случаи, когда он пытался срывать не нравящиеся ему доклады на конференциях, взобравшись на сцену или критикуя докладчика с места. При этом ученый столь же критичен к самому себе. Он признает свою некомпетентность в истории философии, в частности, свое полное незнание с произведениями Канта, Лейбница и Спинозы и очень плохое знакомство с творениями Платона и Аристотеля. При этом Сёрл утверждает, что собственное невежество помогает ему в его профессиональной деятельности, поскольку, по его словам, известные философы зачастую не столько решали сложные проблемы, сколько создавали их.

Деятнадцатого июня 2019 года после дисциплинарного разбирательства, проведенного Отделом по предупреждению притеснений и дискриминации (OPHD), президент Калифорнийского университета Беркли Джанет Наполитано одобрила рекомендацию об аннулировании статуса эмерита у Джона Сёрла. Отзыв статуса означает, что Сёрл не может быть более ассоциирован каким-либо образом с университетом, и его доступ в помещения университета ограничен до уровня обычного гостя.

Тем не менее Джон Сёрл является членом Американской академии гуманитарных и точных наук и почетным доктором ряда университетов.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Богданов Р. Э.

Комбинирование систем водяного орошения и систем тушения тонкораспыленной водой для охлаждения ректификационных колонн нефтеперерабатывающих заводов при пожаре69

Владимиров Д. С.

Анализ мирового опыта применения систем предиктивной диагностики железнодорожного транспорта71

Владимиров Д. С.

Применение аэродинамического торможения на высокоскоростном поезде.....76

Иванов А. Б.

Интеллектуальные приборы учёта газа в решении проблем потерь газа81

Комиссаров В. А., Попов Д. В.

Аддитивные технологии при сервисном обслуживании высокоскоростного поезда.....84

Корх Е. С., Воркачев А. Г.

Аэродинамический дизайн. Улучшение формы поездов для снижения сопротивления воздуха.....91

Лапушкин Д. А.

Исследование и разработка интерактивной виртуальной лаборатории в среде LabVIEW96

Марков М. Д.

Обзор методов определения теплофизических параметров мерзлых грунтов: сравнительный анализ и рекомендации для моделирования98

Новиков С. М., Конев М., Коришева Н. Н., Журавлева Е. В.

Изучение влияния ускорения свободного падения на безопасность полета БПЛА..... 101

Пулуди К. А.

Проектирование приточно-вытяжной вентиляции на гальваническом участке..... 104

Юсеев М. Р.

Особенности режима турбинного и роторного способов бурения 108

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Аксенов И. А.

Экодуки в России: новый уровень безопасности..... 111

Байков Е. С.

Инновационный подход к организации бетонных работ в зимних условиях: интеграция экологических добавок с цифровыми системами мониторинга для мостовых сооружений..... 113

Байков Е. С.

Автоматизация контроля качества зимнего бетонирования мостовых конструкций с использованием IoT-датчиков и гибридных систем прогрева 115

Ивченко В. А., Климочкина А. Е.

Современные подходы к строительству и планировке детских домов..... 118

Морева А. С.

Разработка сухой смеси с графитом 120

Прокопьев А. П., Александров М. А.

Поэтапное строительство высотного многоэтажного здания 125

Прокопьев А. П.

Моделирование вариантов стадийности возведения многоэтажного здания..... 127

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Аракчеева Е. С.

Культурное взаимодействие России и Ирана с 1991 года по настоящее время..... 130

Лутай М. А.

Развитие образования в Древнерусском государстве..... 132

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Волкова Ю. И.

Смещение стилей и экспериментальные
формы в современной хореографии:
практика и исследование 135

Сун Тинтин, Крыловская И. И.

Развитие европейского вокального
музыкального образования в Китае 137

Яхина А. Т.

Викторианская сказочная живопись
в творчестве Артура Рэкхема (на примере
иллюстраций к книге «Питер Пэн
в Кенсингтонском саду»)..... 140

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Комбинирование систем водяного орошения и систем тушения тонкораспыленной водой для охлаждения ректификационных колонн нефтеперерабатывающих заводов при пожаре

Богданов Руслан Эдуардович, студент магистратуры
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Ректификационные колонны на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) обрабатывают горючие жидкости, такие как нефть, бензин и дизельное топливо, что делает их подверженными пожарам класса В. Для защиты этих установок применяются водяные системы пожаротушения с целью охлаждения оборудования, среди которых системы водяного орошения и системы тушения тонкораспыленной водой. При возникновении пожара на одной из колонн появляется необходимость моментального блокирования перехода пламени на соседние колонны и прочее оборудование. Обе системы эффективны, но различаются по принципу действия, применению и последствиям для оборудования. В данной статье представлено описание работы систем, в том числе на практике при тушении реальных пожаров, преимущества, недостатки и рекомендации для использования на нефтеперерабатывающих предприятиях. [1]

Системы водяного орошения представляют собой стационарные установки, которые подают большие объемы воды для охлаждения колонн. Система состоит из насосной станции, резервуаров с водой, сети трубопроводов, дренчерных оросителей и клапанов. Активация происходит автоматически или вручную, вследствие чего открывается клапан, который обеспечивает одновременную подачу воды через все оросители в защищаемой зоне. Механизм тушения действует на основе охлаждения: вода поглощает тепло, снижая температуру оборудования ниже температуры воспламенения.

Практическое применение: системы водяного орошения устанавливаются на нескольких уровнях трубопроводов на ректификационных колоннах НПЗ. Количество колец трубопроводов зависит от высоты колонн и определяется в соответствии с ГОСТ Р12.3.047–2012. [2]

Пример использования в условиях реального пожара: в 2019 году на французском НПЗ произошел пожар в дистилляционной установке из-за утечки углеводородов.

Система водяного орошения была активирована автоматически после срабатывания датчиков. Вода подавалась с высоким расходом (около 1000 л/мин на зону), покрывая горящую зону и охлаждая соседние конструкции. Пожар был локализован в течение 20 минут. [2]

Системы тушения тонкораспыленной водой используют насосы высокого давления для создания мелкодисперсных водных капель через специальные оросители. Эти капли распыляются в зоне пожара, обеспечивая тушение за счет трех механизмов: охлаждения (мелкие капли быстро испаряются, поглощая значительное количество тепла), изоляция (водяной пар, образующийся при испарении, вытесняет кислород, снижая его концентрацию в зоне горения) и блокировка теплового излучения (туман поглощает и рассеивает инфракрасное излучение, защищая прилегающие поверхности). [3]

Практическое применение: системы подавления водяного тумана на НПЗ устанавливаются на технологических площадках рядом с ректификационными колоннами для создания водяного барьера из мелкодисперсных капель с целью защиты оборудования и трубопроводов с нефтепродуктами.

Пример использования в условиях реального пожара: в 2021 году система подавления водяного тумана была использована совместно с системой водяного орошения для тушения пожара в нефтехимическом комплексе в Азии, где загорелась производственная площадка. Система пожаротушения активировалась сразу после обнаружения пожара, распыляя туман и орошая колонны водой. Пожар был потушен за 15 минут. [4]

В соответствии с вышеперечисленными фактами можно сделать вывод, что комбинированная установка системы водяного орошения совместно с системой подавления водяного тумана является эффективным способом совершенствования системы пожаротушения на нефтеперерабатывающих предприятиях.

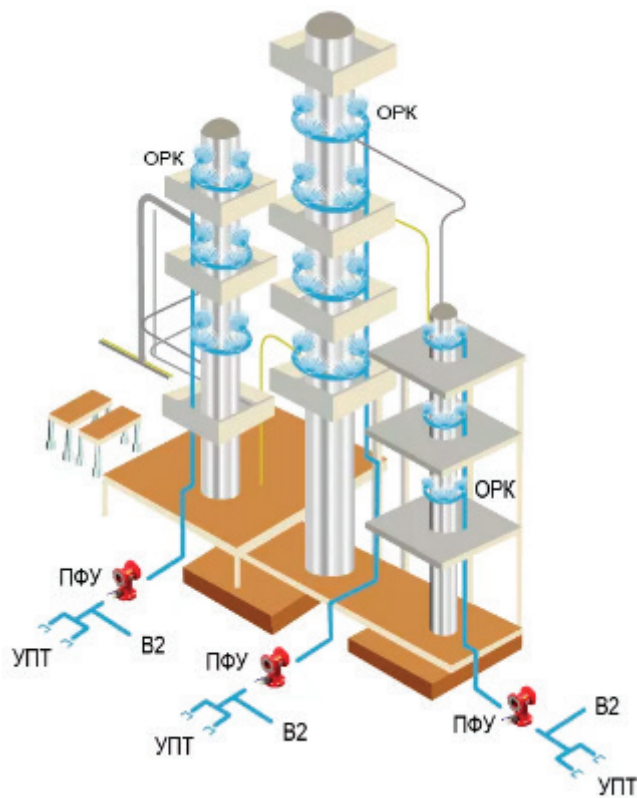


Рис. 1. Схема водяного орошения ректификационных колонн



Рис. 2. Тушение пламени тонкораспыленной водой

Таблица 1. Сравнительные характеристики ливневых систем и систем подавления водяного тумана

Характеристика	Система водяного орошения	Система подавления водяного тумана
Принцип тушения	Охлаждение	Охлаждение, изоляция, блокировка излучения
Водопотребление	Высокое (1000–2000 л/мин)	Низкое (50–200 л/мин)
Ущерб оборудованию	Высокий (затопление)	Минимальный
Стоимость установки	Средняя для производственных масштабов	Высокая для производственных масштабов
Применение на НПЗ	Крупные зоны, внешние поверхности колонн	Локальные зоны

Литература:

1. Горячев, С. А. Пожарная безопасность технологических процессов: учебник для бакалавров / С. А. Горячев, С. А. Швырков, А. П. Петров и др.; под общ. ред. С. А. Горячева. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2014.- 306 с.
2. Пелех М. Т., Башаричев А. В., Иванов А. В., Бушнев Г. В., Симонова М. А., Кадочникова Е. Н., Савельев Д. В., Гремин Ю. В. Пожарная безопасность технологических процессов: Учебное пособие / под общей редакцией Э. Н. Чижикова — СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015.
3. Journal Fanceinfo — [Электронный ресурс]. — https://www.franceinfo.fr/faits-divers/incendie/seine-maritime-incendie-en-cours-dans-la-raffinerie-total-de-gonfreville-l-orcher-pres-du-havre_3744409.html
4. Journal Fireprotectiononline — [Электронный ресурс]. — <https://www.fireprotectiononline.co.uk/info/water-mist-fire-suppression/>

Анализ мирового опыта применения систем предиктивной диагностики железнодорожного транспорта

Владимиров Дмитрий Сергеевич, студент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье рассматриваются проблемы ручной диагностики подвижного состава после этапа чистки и сушки в депо. Предлагается внедрение автоматизированного диагностического центра, интегрированного в концепцию «умного депо», который обеспечивает контроль геометрических параметров колесных пар, токоприёмников, габаритов подвижного состава и выявление механических дефектов. Анализируются существующие решения, такие как российские комплексы «Комплекс-2», системы Siemens Railigent, Alstom HealthHub с TrainScanner, а также технологии CRRC и Hotbox Detectors.

Рассмотрена архитектура стационарной диагностической системы, включающая 3D-лидары, тепловизоры, камеры высокого разрешения и алгоритмы машинного обучения для анализа повреждений.

Ключевые слова: автоматизированная диагностика, умное депо, высокоскоростные поезда, предиктивная аналитика, компьютерное зрение, машинное обучение, железнодорожный транспорт.

Процесс диагностики подвижного состава после этапа чистки и сушки в депо в настоящее время часто выполняется вручную, что приводит к нескольким важным проблемам:

- Человеческий фактор: вручную проводить диагностику сложно и времязатратно, что увеличивает вероятность ошибок или пропуска повреждения;
- Низкая эффективность: традиционные методы контроля не обеспечивают оперативность и точность диагностики. Это может привести к задержкам в обслуживании, недооценке повреждений или наоборот — избыточным затратам на диагностику;
- Отсутствие объективности и стандартизации: порой диагностика зависит от субъективных оценок специалистов, что снижает качество анализа и принятия решений по ремонту.

Важным этапом жизненного цикла высокоскоростного поезда является его сервисное обслуживание, включающее в себя визуальные осмотры и инспекции.

Визуальный осмотр предусматривает в себе контролирование основных параметров оборудования поезда: нужно выдерживание определенных размеров, зазоров, сопротивлений электрической изоляции, отсутствие механических повреждений. Также визуальный осмотр

включают все основные виды инспекций и ревизий. Традиционно данный вид работ производится ремонтным персоналом вручную, однако на начальном этапе запуска высокоскоростной магистрали в 2028 году понадобится 28 поездов, а в целом потребности оцениваются в 44 поезда. Учитывая при этом интервалы отправления поездов с конечных станций в часы пик 10–15 минут очевидно, что в сервисном предприятии понадобится большой штат ремонтного персонала, большая часть которого будет задействована в визуальных осмотрах и инспекциях оборудования.

Для оптимизации сервисного обслуживания высокоскоростных поездов в перспективе можно применять автоматизированный диагностический центр, обеспечивающий:

- контроль эксплуатационных геометрических параметров колесных пар и тормозного оборудования;
- контроль параметров токоприёмников;
- измерение габарита подвижного состава и сравнение его с идеальной 3d-моделью;
- обнаружение дефектов механической части и кузова (царапины, сколы, коррозия, разбитые стёкла)

Предлагаемая система будет являться частью «умного депо» и в интеграции с системой бортовой диагностики по-

езда позволит заранее создавать заказ-наряды на внеплановую замену или дополнительный осмотр оборудования.

Подобные системы существуют и активно применяются в различных странах для автоматизированного контроля подвижного состава при заезде на сервисное обслуживание.

– Автоматизированный диагностический комплекс для контроля геометрических параметров колесных пар вагонов «Комплекс» [1] и «Комплекс 2» [2], «Комплекс-Л» [3] — Сибирский центр транспортных технологий, Россия

Комплекс предназначен для выявления на ходу поезда износов цельнокатанных колёс, передачи полученной информации на ближайший пункт технического обслуживания. Принцип действия системы основан на лазерном бесконтактном контроле геометрии движущихся трехмерных объектов с помощью триангуляционных датчиков положения.

Отличительной особенностью «Комплекс-2» является бесконтактное измерение геометрических параметров колёсных пар подвижного состава на ходу поезда при скоростях до 80 км/ч в различных климатических условиях. Применение системы позволит повысить надёжность эксплуатации подвижного состава и максимально устранить вероятность возникновения аварийных ситуаций на железной дороге, вызванных дефектами колесных пар.

Контролируемые параметры колёсных пар:

- толщина обода;
- толщина гребня;
- сумма и разница толщин гребней;
- ширина обода;
- равномерный прокат по кругу катания;
- диаметр колеса по кругу катания;
- расстояние между внутренними гранями ободьев колёс

- угол набегания.

Технические характеристики

- измерение на скоростях движения поезда до 80 км/ч;
- погрешность измерений линейных размеров до 0,5 мм;
- рабочий интервал температур от -50 до +50 °С;
- напряжение питания 220 В;
- потребляемая мощность не более 3 кВт.
- исполнение пылевлагонепроницаемое с термостабилизацией

Идентификация подвижных единиц возможна как с использованием входящих в комплект поставки видеокамер, так и в автоматическом режиме с использованием информации САИ ПС «Пальма».

Результаты измерений накапливаются в базе данных и передаются по протоколу TCP/IP на АРМы оператора ПТОЛ, в депо приписки локомотива и в АСУ-Т. По результатам замера формируется справка ТУ-17.

- Siemens Mobility [4]

Компания разрабатывает бортовые системы диагностики для поездов. Система Railigent использует искусственный интеллект для мониторинга состояния поездов, включая анализ данных с датчиков, установленных на поезде.

В некоторых депо (например, DB Fernverkehr в Германии) внедряют роботизированные системы для очистки и первичного осмотра кузова.

- Alstom (Bombardier) [3]

После поглощения Bombardier Transportation, Alstom внедряет решения вроде HealthHub — платформы для предиктивной аналитики. Система интегрирует данные с датчиков, установленных в депо, чтобы выявлять дефекты тормозов, пантографов и рессорного подвешивания.



Рис. 1. Диагностическая система «Комплекс» на подходе к ПТО «Инская»

Составной частью системы HealthHub являются производимые MERMEC Group стационарные комплексы TrainScanner, которые сканируют поезда на низкой скорости (до 15 км/ч). Технология объединяет 3D-моделирование, камеры видимого спектра и ИК-сенсоры для выявления дефектов.

– CRRC (Китай) [4]

Китайская компания CRRC использует автоматизированные диагностические тоннели на своих заводах и в сервисных предприятиях. Системы включают тепловизоры для контроля перегрева букс и лазерные сканеры для проверки геометрии колес, применяются интеллектуальные инспекционные роботы.

В метро Сингапура и Гонконга также установлены камеры с ИИ, которые анализируют состояние токосямников при заезде составов в депо.

– США [5]

Системы Hotbox Detectors (США, Европа) устанавливаются на путях и в депо для мониторинга перегрева букс

и колесных пар. Применяются в метро Нью-Йорка и на железных дорогах Германии.

Описание исследуемой системы

Архитектура стационарной автоматизированной системы для диагностики внешнего технического состояния подвижного состава может быть реализована способом, приведённым на рисунке 1.

В архитектуру стационарной автоматизированной системы входят:

1. Аппаратная часть:

Сканирующие модули:

- 3D-лидары и лазерные сканеры: для построения точной 3D-модели поезда и выявления деформаций кузова;
- камеры высокого разрешения видимого спектра — для съёмки поверхностей вагона;
- тепловизоры — для обнаружения перегрева узлов (тормоза, подшипники);

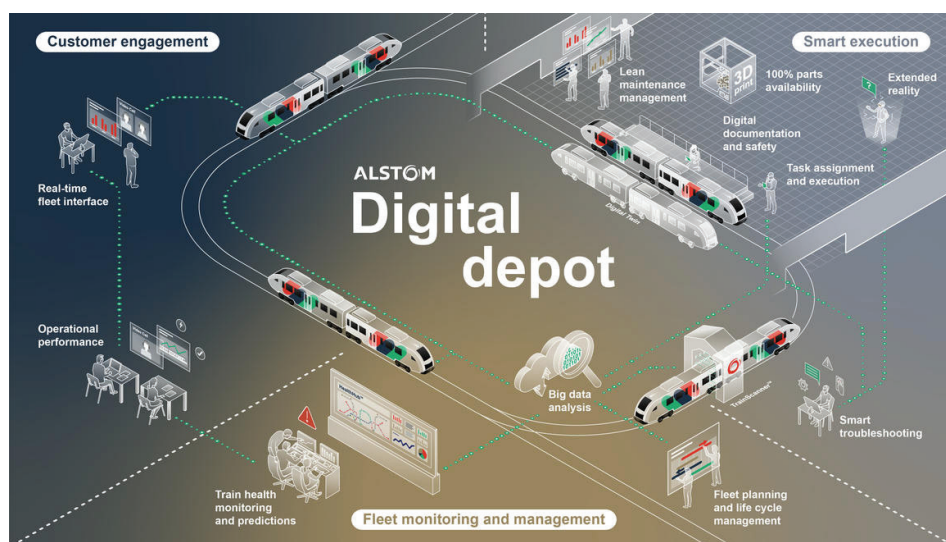


Рис. 2. «Умная» организация сервисного обслуживания поезда от Alstom



Рис. 3. Trainscanner от Alstom для поезда в Польше



Рис. 4. Интеллектуальный инспекционный робот производства CRRC Sifang осуществляет сканирование тележного оборудования поезда в электродепо Ухань



Рис. 5. Система ApnaTech HotBox

- ультрафиолетовые камеры — для выявления микротрещин;

- датчики геометрии: лазерные измерители зазоров и отклонений в конструкции.

2. Инфраструктура

- стационарная раampa: установка в зоне проезда (депо, терминал, въездная зона). Оснащается датчиками по бокам, сверху и снизу для полного охвата.

- защита от внешних условий: пыле- и влагозащита, система обдува/самоочистки линз.

- освещение: прожекторы с регулируемой яркостью для работы ночью и в плохую погоду.

3. Программное обеспечение:

- Компьютерное зрение:

- 1) алгоритмы обнаружения аномалий (царапины, вмятины) на основе сравнения с эталонными моделями.

- 2) сегментация изображений для локализации дефектов.

- Машинное обучение:

- 1) нейросети (CNN, Vision Transformers) для классификации типов повреждений;

- 2) прогнозирование износа на основе данных о наработке;

4. Интеграция и интерфейсы:

- системы автоматической передачи данных о дефектах в программу управления ремонтами;

- мобильные приложения (телеграмм-бот): уведомления для техников с фотографиями, координатами повреждений и рекомендациями по ремонту;

- цифровой двойник: создание виртуальной копии транспорта для отслеживания изменений состояния во времени.

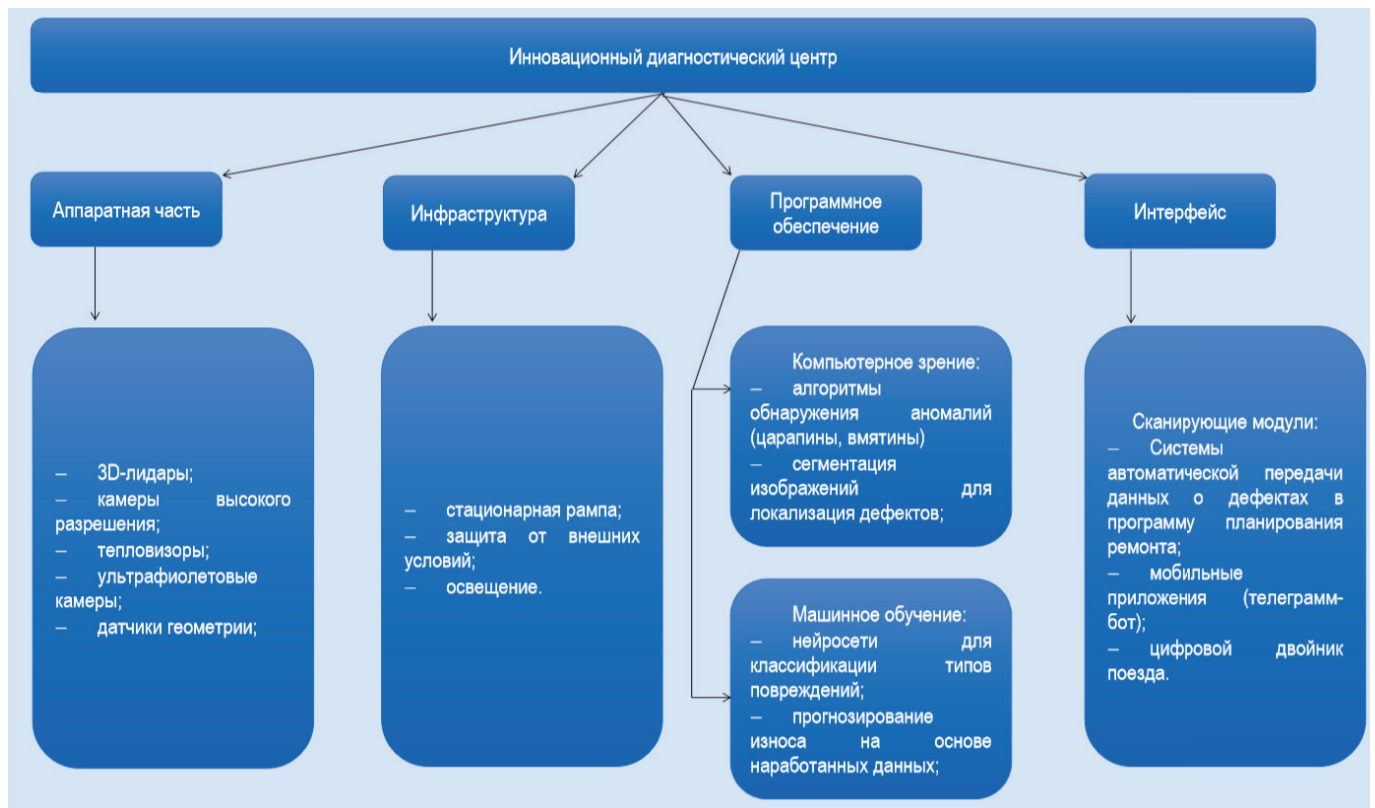


Рис. 6. Архитектура стационарной автоматизированной системы для диагностики внешнего технического состояния подвижного состава



Рис. 7. Реальная концепция прохождения предиктивной диагностики при въезде в депо

Пример работы системы:

1. Поезд въезжает в ремонтное стойло через диагностические ворота на низкой скорости (5–10 км/ч);
2. Датчики сканируют поверхность, колеса и узлы, создавая 3D-модель и тепловую карту;

3. ПО анализирует данные, сравнивает с предыдущими проверками и эталонами;
4. При обнаружении дефектов система формирует отчет, отправляет уведомление в ремонтную службу и обновляет цифровой двойник поезда.

Такая система позволит перевести диагностику на качественно новый уровень, минимизируя человеческий фактор и сокращая время простоя транспорта.

Концепция предлагаемой системы изображена на рисунке 2

Современная организация труда позволит оптимизировать сервис высокоскоростных поездов. Как можем видеть из проделанного исследования, в передовых компаниях железнодорожного машиностроения активно внедряются системы автоматизированного контроля подвижного состава.

Наибольший интерес представляет собой система диагностики от Alstom под названием HealthHub, в которую

входит диагностический центр поездов TrainScanner. Безусловно, подобная система требует дальнейшего исследования в качестве перспективной для обслуживания высокоскоростных электропоездов.

Как показала практика Siemens и Alstom, такие системы уже доказали свою эффективность, но их успех зависит от тщательного планирования и адаптации под конкретные условия эксплуатации.

Таким образом, описанные концепции не являются футуристическими и уже частично реализованы в промышленности. Технологии продолжают развиваться, смещая фокус с рутинного контроля на предиктивную аналитику и полную автоматизацию сервиса.

Литература:

1. Автоматизированный диагностический комплекс для контроля геометрических параметров колесных пар вагонов «комплекс» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.labracon.ru/ru/products/complex> (дата обращения 03.06.2025)
2. Комплекс цифровой диагностический для измерений геометрических параметров колесных пар подвижного состава [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.labracon.ru/ru/products/complex-2> (дата обращения 03.06.2025)
3. Комплекс автоматического контроля геометрических параметров колесных пар локомотивов «Комплекс-Л» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.labracon.ru/ru/products/complex-l> (дата обращения 03.06.2025)
4. Digital transformation for sustainable mobility — with Railigent X [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/digital-solutions-software/digital-services/railigent-x.html> (дата обращения 03.06.2025)
5. Digital railway solutions: Unlock higher asset availability, reliability, and performance [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.alstom.com/solutions/services/digital-railway-solutions-unlock-higher-asset-availability-reliability-and-performance> (дата обращения 03.06.2025)
6. Разные сервисы «работники»! Китайские интеллектуальные инспекционные роботы для поездов на весеннем пути [Электронный ресурс]. — URL: https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_26406485 (дата обращения 03.06.2025)
7. Hot Box Detector [Электронный ресурс]. — URL: https://apnatech.com/?page_id=240 (дата обращения 03.06.2025)

Применение аэродинамического торможения на высокоскоростном поезде

Владимиров Дмитрий Сергеевич, студент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье рассматривается система аэродинамического торможения, применяемая на высокоскоростных поездах с целью повышения эффективности тормозных систем и снижения износа механических компонентов. Исследуются принципы аэродинамического сопротивления, потенциальные конструктивные решения для интеграции данного способа торможения в современные железнодорожные системы. На основе математического моделирования и данных экспериментальных исследований оценивается эффективность аэродинамического торможения в сравнении с традиционными методами торможения.

Ключевые слова: высокоскоростные поезда, сопротивление воздуха, железнодорожный транспорт, аэродинамическое торможение, безопасность движения, аэродинамический тормоз.

Актуальность темы исследования

Повышение скоростей движения предъявляет особые требования к надёжности и эффективности тормозной системы. Тормозная система является как средством обеспечения безопасности движения поездов, так и механизмом, позволяющим увеличить скорость движения и уменьшить межпоездные интервалы.

Высокоскоростной подвижной состав (ВСПС) оборудован механическим, электродинамическим и магниторельсовым тормозом, при этом тормозной путь со скорости 360 км/ч составляет несколько километров при замедлении

$1 \text{ м/с}^2 \dots 1,5 \text{ м/с}^2$. Одним из путей сокращения тормозного пути является применение более эффективных тормозных средств. К таким средствам, применяемым на ВСПС относится аэродинамический тормоз.

От чего зависит тормозной путь

На тормозной путь влияет:

— тормозная сила:

1. конструкция тормозов;
 2. сила сцепления колеса и рельса;
- сила сопротивления движения.

Сила сопротивления движения поезда существенно зависит от скорости движения поезда и влияет на ускорение и замедление. Существенной составляющей силы сопротивления движения является аэродинамическое сопротивление, достигающее при высоких скоростях 70...80 % и более от величины основного сопротивления. Обычно аэродинамическое сопротивление пытаются минимизировать, чтобы уменьшить расход электроэнергии и развивать большие скорости.

Проблематика исследования аэродинамики поезда

При анализе аэродинамики поезда очень часто делают отсылку на аэродинамику самолёта, но условия эксплуатации поездов отличаются:

- поезда движутся приближённо к земле;
- поезда проезжают очень близко друг к другу и к элементам инфраструктуры;
- у поезда гораздо большее отношение длины к площади поперечного сечения, чем у самолёта, из-за чего очень сильное влияние начинает оказывать боковой ветер, а также оказывает влияние сопротивление вязкого трения.

Основы аэродинамики

Аэродинамическое сопротивление тела, помещённого в поток вязкой жидкости [1], Н

$$W_a = C_x \frac{\rho V^2}{2} S, \quad (1)$$

где C_x — коэффициент аэродинамического сопротивления, определяется экспериментальным путем с помощью обдувки моделей подвижного состава в аэродинамических трубах. Зависит от сплошности поперечного сечения поезда;

ρ — плотность воздуха, $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$;

V — скорость движения электропоезда, м/с;

S — наибольшее поперечное сечение поезда, м^2 .

Как можно заметить, с увеличением скорости движения, сопротивление движению квадратично возрастает. Как отмечалось ранее при скоростях выше 250 км/ч аэродинамическое сопротивление будет составлять 75–80 % от общего сопротивления движению.

Как видно из формулы (1), можно намеренно увеличить сопротивление движению поезда на высоких скоростях, увеличивая площадь поперечного сечения S и коэффициент аэродинамического сопротивления C_x .

Методы исследования аэродинамики

Коэффициент аэродинамического сопротивления зависит от множества факторов: форма головной и хвостовой частей поезда, наличие и размеры междвагонных промежутков, токоприёмников, расположение подвагонного оборудования, шероховатость поверхности поезда. Часто его определяют экспериментально на натурном образце подвижного состава или на физических моделях в аэродинамической трубе, также эту величину можно определить расчётом с использованием методов вычислительной гидродинамики.

Испытания, полученные на натурных образцах, являются наиболее достоверными, но получение результатов сопряжено с большими материальными затратами, а также организационно-техническими сложностями.

Из-за возникающих проблем аэродинамические испытания поезда производят в лабораторных условиях. Для испытаний изготавливают модель поезда в масштабе не меньше 1:10, чтобы учитывать такие факторы, как междвагонные переходы, влияние пантографа и тележек, однако ряд факторов, влияющих на аэродинамическое сопротивление в условиях лаборатории невозможно реализовать (завихрение воздуха от колёсных пар).

Вычислительные методы позволяют определить с минимальными материальными затратами целый ряд аэродинамических параметров, однако для таких методов также свойственен ряд недостатков, связанных с учётом взаимных пе-

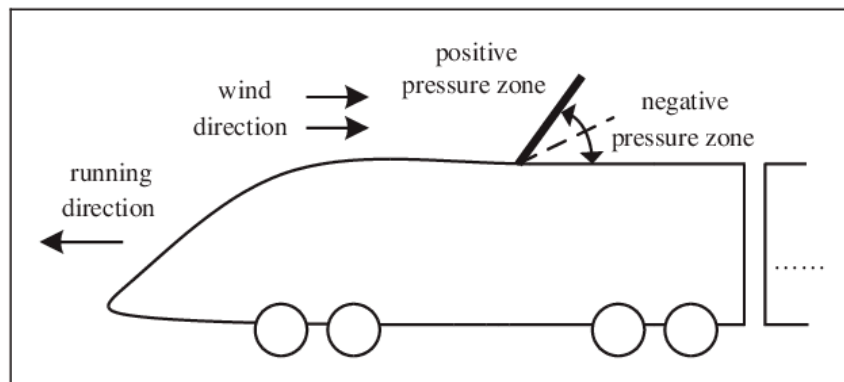


Рис. 1. Принцип работы аэродинамического тормоза

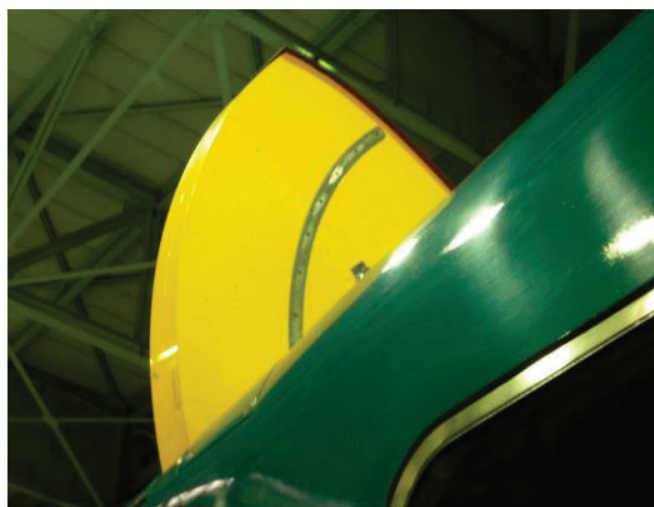


Рис. 2. Закрылка аэродинамического тормоза японского электропоезда Fastech 360

ремещений поезда и его элементов друг относительно друга, поверхности земли и инфраструктуры, а также характеристики поверхностей.

Понятие аэродинамического торможения

Аэродинамический тормоз находит применение на ряде подвижного состава, производимых и эксплуатируемых за рубежом, в частности для Японии это поезда Fastech 360 [2] (рисунок 2) и Alfa X [3] (рисунок 3).

Аэродинамическое торможение осуществляется за счет увеличения воздушного сопротивления движению созданием дополнительной турбулентности потока воздуха, обтекающего движущийся поезд. Это достигается применением аэродинамических элементов, создающих дополнительное сопротивление. Для этого на крыше вагонов размещают аэродинамические системы в виде лопастей или выдвигающихся из кузова вагона специальных закрылок. (рисунок 1).

Согласно зарубежному опыту, аэродинамические тормоза позволяют сократить тормозной путь до 5 % [4].

Аэродинамические тормоза устанавливаются на крыше высокоскоростного поезда, при необходимости торможения тормоз активируется и его элементы выдвигаются, увеличивая аэродинамическое сопротивление. Выдвижной механизм имеет пневматический или электрический привод и позволяет регулировать угол выдвижения закрылок для преднамеренного увеличения сопротивления движению контролируемым образом. Механизм спроектирован таким образом, что он всегда будет работать в пределах габарита подвижного состава.

Методика испытаний модели

Расчёты производились для экспериментального высокоскоростного поезда (рисунок 4, 5), который имеет следующие технические характеристики:

– Сопротивление движению поезда в режиме выбега по формуле ВНИИЖТ, Н/кН

$$W_{0x} = 0,714 + 0,00113V + 0,000114V^2 + (0,163 + 0,00181V), \quad (2)$$

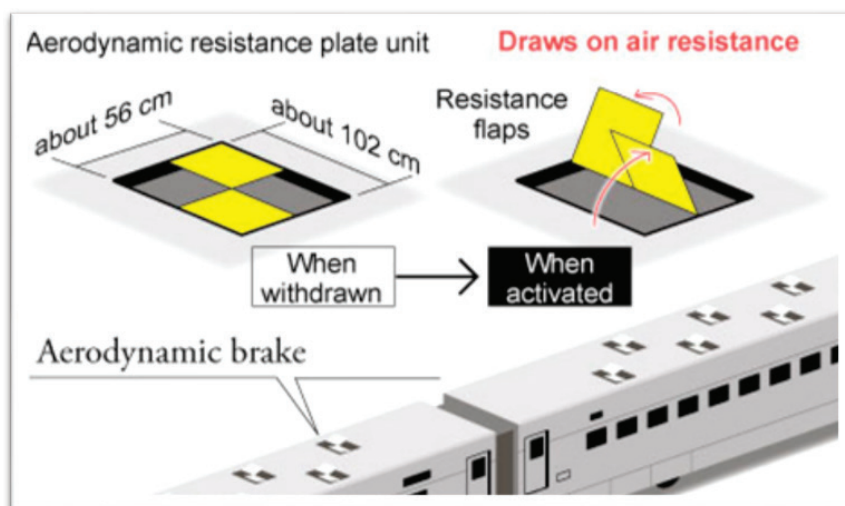


Рис. 3. Аэродинамический тормоз электропоезда Alfa X

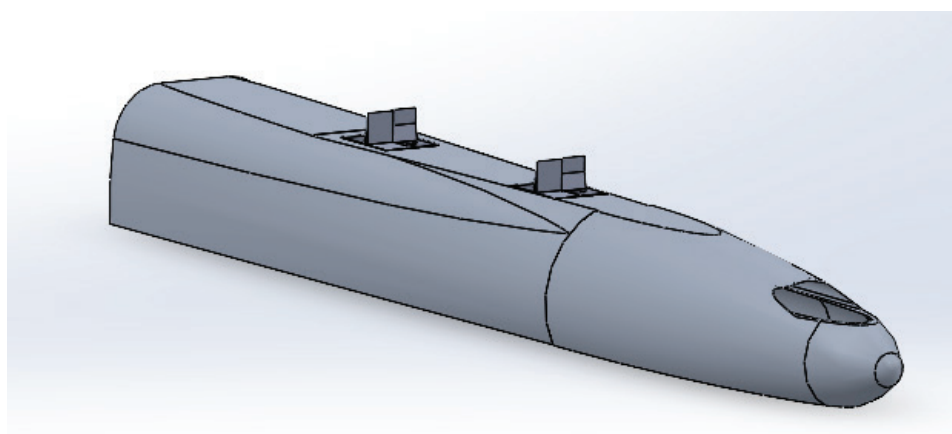


Рис. 4. Модель поезда с активным аэродинамическим тормозом

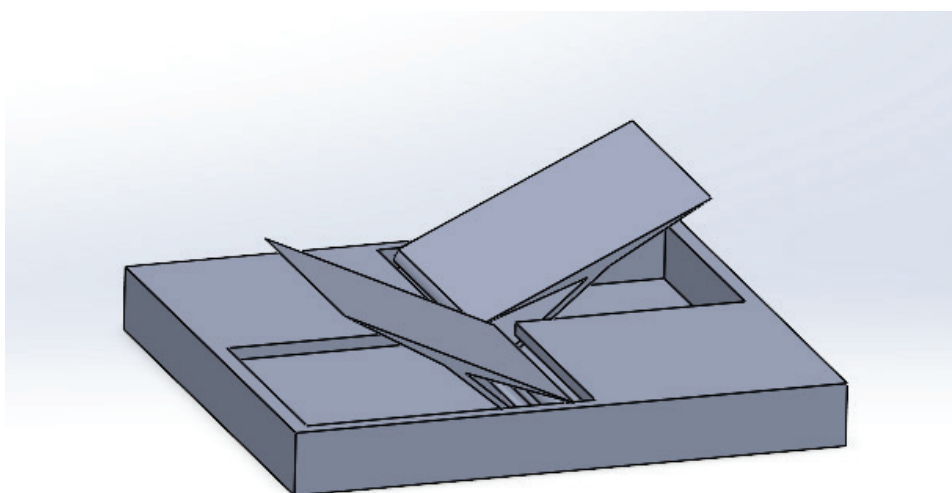


Рис. 5. Модуль аэродинамического тормоза в состоянии открытия на 30°

– Удельная тормозная сила, Н/кН

$$b_t = 1000 j_{кр} \vartheta_p, \quad (3)$$

– Расчётный коэффициент трения

$$j_{кр} = 0,36 \frac{150 + V}{150 + 2V}, \quad (4)$$

– Расчётный тормозной коэффициент

$$\vartheta_p = \frac{\Sigma K_p}{(P + Q)g}, \quad (5)$$

где ΣK_p — единое наименьшее тормозное нажатие, $\Sigma K_p = 120$ тс;

– Вес поезда: 1120 т;

– Площадь поперечного сечения вагона: 8,229854 м²;

– Коэффициент аэродинамического сопротивления 0,18 по результатам зарубежных испытаний [4].

Приняты следующие основные параметры закрылок аэродинамического тормоза:

– Высота закрылка 456 мм;

– Ширина закрылка 1120 мм;

– Площадь поперечного сечения поезда с аэродинамическим тормозом в рабочем состоянии: 9,762 м²;

– Коэффициент лобового сопротивления воздуху: 0,3 по результатам зарубежных испытаний [4].

При выполнении расчётов не были учтены тележки и крышное оборудование.

Интерпретация и анализ полученных значений. Для анализа эффективности аэродинамического тормоза, необходимо провести расчёты тормозного пути со скорости 360 км/ч с применением аэродинамического тормоза и без него.

Согласно ПТР 2016 [6] тормозной путь рассчитывается по формуле:

$$S_d = \sum \frac{500(V_n^2 - V_k^2)}{\xi(b_t + w_{0x} \pm w_c)}, \quad (6)$$

где V_n — скорость начала торможения, км/ч;

V_k — скорость окончания торможения, км/ч;

ξ — замедление поезда под действием удельной замедляющей силы 1 Н/т в км/ч². Для высокоскоростного электропоезда принимается $\xi = 12,1$;

b_t — удельная тормозная сила, Н/т;

w_{0x} — удельное сопротивление движению в режиме холостого хода, Н/т;

w_c — сопротивление от профиля пути (в расчетах принимаем 0).

Как видим, из расчётов (рисунок 6) тормозной путь при торможении с 360 км/ч имеет следующие значения:

– С применением аэродинамического тормоза 7800 м.

– Без применения аэродинамического тормоза 8301 м.

Эффективность применения аэродинамического тормоза при служебном торможении

$$\Delta = \frac{8301 - 7800}{8301} = 6\%$$

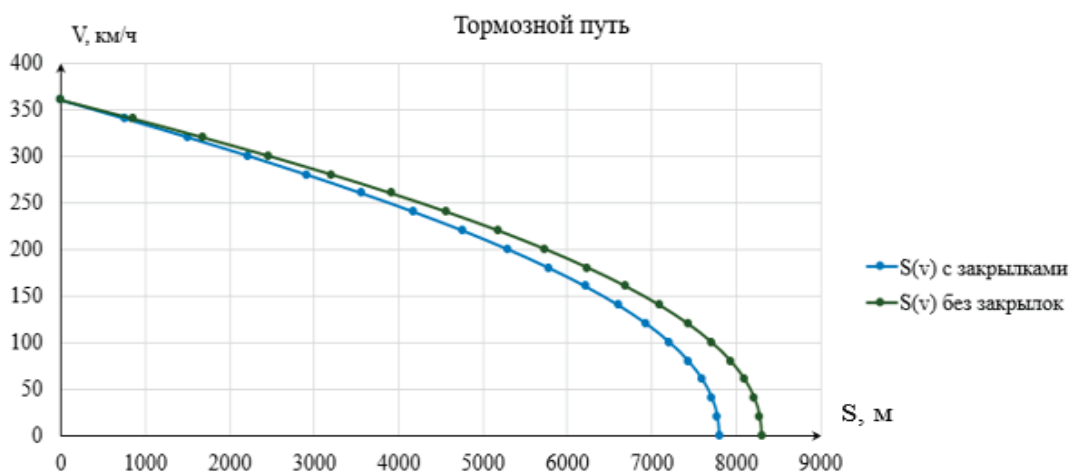


Рис. 6. Тормозной путь

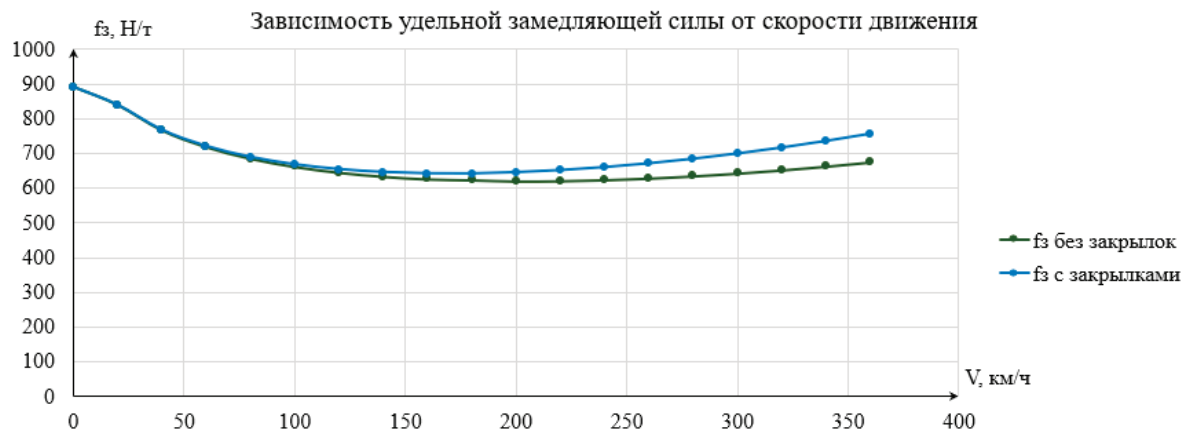


Рис. 7. Удельная замедляющая сила

На основе полученных значений делаем следующие выводы:

- Наиболее рациональным становится применение аэродинамического тормоза при торможении со скоростей выше 200 км/ч. По графику отчетливо видно, что удельная замедляющая сила при высоких скоростях выше для поезда с аэродинамическим тормозом;
- Применение аэродинамического тормоза позволяет сократить тормозной путь высокоскоростного поезда особенно при служебном торможении.

Литература:

1. Joseph A Schetz. Aerodynamics of High-Speed Trains. Aerospace and Ocean Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2001.
2. FASTECH 360 High-Speed Shinkansen Test Train to Debut [Электронный ресурс]. — 2005. — URL: <https://www.jreast.co.jp/e/press/20050302> (дата обращения 21.04.2025).
3. 次世代新幹線開発プラットフォーム「ALFA-X」. [Электронный ресурс]. — 2018. — URL: <https://kurukura.jp/article/181015/> (дата обращения 21.04.2025)
4. Joseph A Schetz. Aerodynamics of High-Speed Trains. Aerospace and Ocean Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2001.
5. MinKyo Lee and Binayak Bhandari. The application of aerodynamic brake for high-speed trains // Department of Railroad Integrated System Engineering, Woosong University, 171 Dongdaeyeon-ro, Dong-gu, Daejeon, Korea. Accepted September 30, 2018
6. Нормативное производственно-практическое издание. — М.: ОАО «РЖД», 2016. — 515 с. — Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» № 867р от 12.05.2016 г.
7. H. Takami, H. Maekawa. Characteristics of a wind-actuated aerodynamic braking device for high-speed trains // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 822 (2017) 012061
8. Теория электрической тяги / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров, М. И. Озёров; Под ред. И. П. Исаева. — М.: Транспорт, 1995, — 294 с.

Интеллектуальные приборы учёта газа в решении проблем потерь газа

Иванов Александр Борисович, студент

Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

В данной статье рассмотрены проблемы при учёте объёмов газа, возникающие вследствие несовпадения расчетных и фактических значений объёмов газа, а также отмечены преимущества и недостатки внедрения интеллектуальных систем учёта газа, призванных уменьшить небаланс газа ресурсоснабжающей организации.

Ключевые слова: природный газ, небаланс газа, узел учёта газа, система телеметрии, «умный» счётчик.

Intelligent gas metering devices in solving gas loss problems

Ivanov Aleksandr Borisovich, student
Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)

This article discusses the problems in accounting for gas volumes that arise due to the discrepancy between the calculated and actual values of gas volumes, and also highlights the advantages and disadvantages of implementing intelligent gas metering systems designed to reduce the gas imbalance of a resource-supplying organization.

Keywords: natural gas, unbalance of gas, gas-metering unit, telemetry system, smart meter.

Среди приоритетных направлений деятельности Общества с ограниченной ответственностью «Газпром межрегионгаз Йошкар-Ола» — обеспечение надежных и бесперебойных поставок природного газа, его оперативный и коммерческий учёт, участие в газификации районов республики, развитие и повышение эффективности систем газораспределения [1].

Одной из главных проблем системы учета является «небаланс газа» — разница между количеством газа, поступившим в трубопроводную сеть, и отобранным из нее участниками коммерческого учета за сутки или за отчетный период.

К наиболее часто встречающимся причинам небаланса газа при его учёте относятся:

- несовпадение расчетных и фактических значений объемов;
- погрешность измерений;
- технологические потери;
- несанкционированный отбор;
- аварийные ситуации;
- несовершенство системы учета газа;
- прочие, возникающие вследствие влияния множества изменяющихся факторов [2].

В графике на рис. 1 представлено соотношение причин небаланса газа в процессе оперативного учёта газа.

Рассмотрим такую причину, как несовпадение расчетных и фактических значений объемов.

В сети потребителей газ подаётся через узлы учёта количества газа, подаваемого с газораспределительных станций (ГРС), а количество газа, расходуемое потребителями, индивидуально фиксируется приборами учёта непосредственно у самих потребителей газа.

Данные за поданный газ с ГРС ежедневно оперативно передаются поставщику газа через системы телеметрии, а коммерческое закрытие объёмов газа производится ежемесячно 1-го числа на 10:00. В свою очередь, показания с приборов учёта газа (без системы передачи данных) потребителей, передаются поставщику газа (МРГ) самостоятельно, и обычно, это с 20-го по 31-е число месяца, в итоге при закрытии месячных балансов получается несоответствие объёмов газа поданных ГРС и принятых МРГ.

В рамках мероприятий по цифровизации газоснабжения, согласно Пункту 1 Поручения Президента Пр-907 от 31 мая 2020 года, в том числе, для решения проблемы небаланса газа по причине несовпадения расчетных и фактических значений объемов [3], в компании ведется обширная работа по внедрению систем телеметрии и установке интеллектуальных («умных») счетчиков газа с автоматической передачей показаний.



Рис. 1. Соотношение причин небаланса газа

Таблица 1. Количество установленных систем передачи данных и «умных счетчиков» с 2020 по 2024 годы у потребителей газа (категория кроме населения) в Республике Марий Эл

	2020	2021	2022	2023	2024
Всего счетчиков (категория кроме населения)	5600	5900	6200	6400	6700
Общее количество счетчиков, оснащенные системами передачи данных	16	27	36	283	473
Количество установленных систем передачи данных и «умных счетчиков»	0	11	9	238	190

В таблице 1 представлена динамика увеличения «умных» счётчиков газа.

В 2025 году запланировано установить около 1000 умных счётчиков и систем передачи данных. А до 2030 года оснащённость такими приборами должна составлять 100 %.

Основные преимущества «умных счетчиков»:

- счетчик автоматически осуществляет передачу показаний, то есть абоненту не нужно тратить время на сбор показаний и передачу их поставщику;
- гарантирует отсутствие ошибок «человеческого фактора». Нет необходимости дополнительно передавать правильные показания или вызывать сотрудника газоснабжающей организации для съема показаний и далее ждать перерасчета;
- потребитель «страхует» себя от просрочек передачи показаний. Исключаются ситуации начислений «по нормативам» из-за отсутствия показаний, что помогает предотвратить возникновение задолженности за газ;
- «умные» счетчики могут быть оборудованы автоматическим клапаном и датчиком загазованности. В случае возникновения аварийной ситуации и утечки газа, умный счетчик автоматически остановит подачу газа и предотвратит возможные последствия;
- в памяти «умного» счетчика сохраняется история расхода газа — можно посмотреть и сверить данные за любой день и час. Есть возможность посмотреть и про-

анализировать средний расход газа за день или месяц и спрогнозировать газопотребление на год.

Но также интеллектуальные приборы учёта газа имеют ряд недостатков:

- высокая стоимость таких приборов (от 20 тысяч рублей, и это без монтажных услуг);
- для передачи данных необходим интернет или мобильная связь. Соответственно, эксплуатация прибора включает затраты на интернет или обслуживание SIM-карты;
- трудности в приеме показания с умных устройств, по причине плохой зоны покрытия операторами связи (это зависит от региона и местности);
- «умные» счетчики работают от внутренних элементов питания и/или внешних источников питания. Это повышает риск выхода из строя прибора вследствие отключения питания или разряда батареи.

Заключение

У интеллектуального учета газа в России огромные перспективы. Внедрение «умных» счётчиков повысит дисциплину потребления газа и его оплаты, существенно повлияет на решение проблемы отрицательного разбаланса газа. Установка таких приборов создаст возможность повышения безопасности использования газа в быту, так как их можно будет устанавливать в комплексе с датчиками загазованности.

Литература:

1. ООО «Газпром межрегионгаз Йошкар-Ола». Официальный интернет-портал — <https://mrg12.ru/about/history/>;
2. Сеница А. М., Петрова А. К., Лашманова Н. В. Подход к решению задачи контроля баланса газа на основе регрессионного анализа величины запаса газа. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021;9(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=972> DOI: 10.26102/2310–6018/2021.34.3.013;
3. Поручение Президента Пр-907 от 31 мая 2020 года. В целях внедрения социально ориентированной и экономически эффективной системы газификации и газоснабжения населения страны. Официальный интернет-портал правовой информации — <https://apparatus.gov-murman.ru/documents/orders/372757/>.

Аддитивные технологии при сервисном обслуживании высокоскоростного поезда

Комиссаров Владислав Александрович, студент;
Попов Данил Владимирович, студент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье анализируется использование аддитивных технологий в процессе сервисного обслуживания скоростного подвижного состава с целью сокращения времени и затрат на обслуживание. Проведен обзор зарубежного опыта применения подобных технологий. Рассмотрены подходы к реализации аддитивных методов и выбор наиболее эффективных вариантов для применения в обслуживании высокоскоростных поездов. Также представлены преимущества, недостатки и возможные риски внедрения аддитивных технологий в сферу обслуживания подвижного состава.

Ключевые слова: высокоскоростные поезда, аддитивные технологии, железнодорожный транспорт, сервисное обслуживание, безопасность движения, 3D-печать, программное обеспечение, подвижной состав.

Повышение скорости движения подвижного состава и, как следствие, повышение его безопасности влечёт за собой внедрение новых технологий. Одна из таких новых технологий совершенствования сервисного обслуживания поездов — «Аддитивная». Она представляет из себя — метод создания трёхмерных объектов, компонентов или изделий путём послойного добавления материала. Такие трёхмерные объекты создаются с помощью 3D-принтеров.

Сервисное обслуживание подразделяется на плановое и внеплановое.

Плановое обслуживание представляет собой поставку ВСПС на ремонт по достижению пробега или эксплуатационного времени. В этом случае вся номенклатура ремонтируемых или заменяемых компонентов определена в Конструкторской документации (далее — КД). Заказ на данные детали осуществлен заблаговременно, и они просто ждут своей очереди на замену и последующей отправки на ремонт в сторонние организации.

Отнюдь другая ситуация обстоит в сфере непланового ремонта. По каким-либо причинам любой из узлов ВСПС может выйти из строя или же конкретно какая-то деталь этого узла при не достижении установленного пробега или времени эксплуатации. На балансе склада имеется некий

запас узлов для оперативной замены в таких случаях, но и этот запас — иссякаемый. В случае невозможности своевременной установки заменяемой детали на ВСПС происходит простой подвижного состава, что в свою очередь влечёт за собой материальные и финансовые убытки.

Также можно рассмотреть ситуацию поломки детали в какой-либо сборочной единице. Без применения аддитивных технологий появляется необходимость заказа всей сборочной единицы, когда в свою очередь с применением аддитивных технологий имеется возможность воспроизвести лишь вышедшую из строя деталь. Заказ всей сборочной единицы влечёт за собой дополнительные временные и финансовые потери.

Привести мировой опыт использования аддитивных технологий при сервисе подвижного состава. Перечислить и описать методы, применяемые в аддитивных технологиях, указать преимущества и недостатки.

США является первой страной, которая ввела аддитивные технологии в нашу жизнь. Американский инженер Чарльз Халл в 1986 году собрал первый 3D-принтер.

Использование аддитивных технологий началось с военной промышленности. Скотт Крамп — американский инженер первый придумал и собрал устройство работающее на основе метода послойного наплавления.

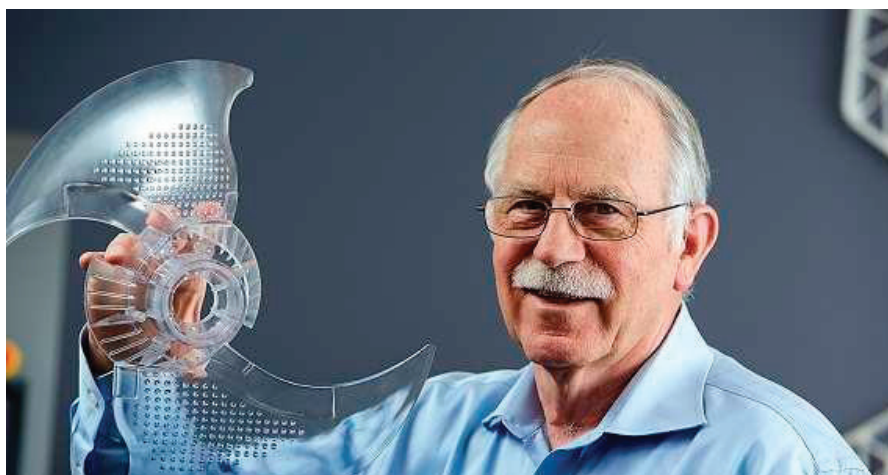


Рис. 1. Чарльз Халл с изделием, изготовленным с помощью аддитивных технологий



Рис. 2. Скотт Крамп с изделием, изготовленным с помощью аддитивных технологий

3D-принтинг дает возможность ускорить процесс выполнения заказов, снизить количество отходов и создавать сложные конструктивные элементы. Эта технология включает различные подходы, такие как:

- моделирование методом плавного напыления (FDM) для создания пластиковых прототипов;

- селективное лазерное плавление (SLM) и стереолитография (SLA) для производства прочных и термостойких изделий на заказ;

- прямое лазерное спекание металлов (DMLS) для изготовления сложных и легких металлических деталей.

Таблица 1. Сравнение популярных методов аддитивных технологий

Критерий	FDM	SLA	SLS	DLP
Принцип работы	Экструзия и отверждение расплавленного термопластика	Отверждение жидкой фотополимерной смолы при воздействии ультрафиолетового лазера.	Спекание порошкообразных материалов лазером.	Отверждение фотополимерной смолы при воздействии света проектора с ультрафиолетовым диапазоном.
Материалы	Термопласты (PLA, ABS и др.)	Фотополимерные смолы.	Полимерные порошки, металлические порошки, стекло, керамика.	Фотополимерные смолы.
Точность и детализация	Средняя до высокая. Меньше детализация по сравнению с SLA и DLP.	Высокая. Хорошие детализация и качество поверхности.	Высокая в зависимости от размера частиц порошка. Поверхность может быть пористой.	Высокая. Схоже с SLA по качеству и детализации.
Время печати	Среднее до быстрого, зависит от сложности объекта и настроек печати.	Сравнительно медленнее из-за слоя за слоем отверждения смолы.	Среднее, зависит от объема порошка и сложности объекта.	Быстрее SLA из-за одномоментного отверждения целого слоя.
Стоимость	Низкая. Доступны недорогие материалы и оборудование.	Средняя до высокая. Высокая стоимость материалов и оборудования.	Высокая. Дорогие материалы и оборудование.	Средняя до высокая. Стоимость материалов и оборудования схожа с SLA.

Ниже подробнее опишем сущность, а также преимущества и недостатки наиболее широко применяемых методов.

Технология FDM (Fused Deposition Modeling, моделирование методом послойного наплавления) является одним из наиболее распространённых методов аддитивного производства (3D-печати).

Область применения технологии:

- Прототипирование и дизайн изделий: позволяет быстро создавать прототипы для оценки формы, эргономики и функциональности.

- Производство конечных деталей: особенно при малых тиражах или индивидуальных заказах, где необходима высокая точность и сложная геометрия.

— Образование и научные исследования: для обучения, экспериментов и разработки новых продуктов.

— Автомобильная и авиационная промышленность: для изготовления моделей, демонстрационных образцов и отдельных деталей.

— Медицина: создание протезов, ортопедических элементов и учебных моделей анатомии.

FDM основана на нагреве термопластичных материалов до состояния расплава и их постепенном нанесении послойно на платформу для формирования трёхмерной модели. В процессе работы используется экструдер — устройство, которое подаёт нить пластика (обычно ABS, PLA, PETG или другие материалы) через нагреваемую головку (экструдер) с соплом. Материал плавится внутри головки и вытягивается через нить, которая создаёт слой за слоем конструкции. После укладки каждого слоя пластик быстро застывает, обеспечивая сборку объекта.

В данном методе деталь создаётся поэтапно т. е. слоями. Экструдер принтера с соплом нагревается, расплавляет пластиковую нить, и эта масса наносится на платформу или уже сформированные нижние слои. Для того чтобы добиться нужного качества напечатанного изделия, можно изменять высоту слоя нанесения материала. Данная технология является одной из самых доступных на рынке аддитивных технологий, а также не сложной на практике.

Преимущества использования технологии FDM включают:

1. Простота и доступность оборудования: FDM-printing требует относительно недорогого оборудования, что делает его популярным среди образовательных учреждений и малого бизнеса.

2. Разнообразие материалов: доступно использование различных термопластичных материалов, таких как PLA, ABS, PETG и другие, что позволяет выбирать оптимальные свойства для конкретных задач.

3. Простота моделирования и эксплуатации: технологии FDM хорошо подходят для начинающих благодаря простоте программного обеспечения и операционного процесса.

4. Возможность создания прототипов и функциональных деталей: FDM позволяет быстро получать прототипы, а также производить детали с хорошей механической прочностью.

5. Массовое производство и масштабируемость: методы FDM легко масштабируются и позволяют печатать сразу несколько объектов по очереди.

6. Возможность использования дополнительных материалов: современные принтеры позволяют использовать композиты или разноцветные нити, расширяя творческие и технические возможности.

7. Экономическая эффективность: благодаря низкой стоимости материалов и оборудования FDM является одним из наиболее экономичных методов аддитивного производства.

Недостатки FDM:

1. Ограниченная точность и разрешение: FDM-метод обычно обеспечивает менее высокую точность по сравнению с другими технологиями (например, SLA или SLS), что может влиять на качество деталей с малыми допусками.

2. Поверхностная шероховатость: Вылитая поверхность часто имеет заметную шероховатость из-за слоистого нанесения материала, что требует последующей обработки для получения гладких поверхностей.

3. Ограничения по материалам: Хотя ассортимент материалов для FDM постоянно расширяется, он все еще менее разнообразен по сравнению с другими методами. Обычно используют термопластики, такие как PLA, ABS, PETG, что ограничивает применение в требовательных к характеристикам средах.

4. Долгое время производства: Построение деталей с помощью FDM может занимать значительное время



Рис. 3. Пример применения FDM метода

из-за необходимости многослойного нанесения, особенно при больших или сложных моделях.

5. Недостаточная прочность по слоистости: Структура, сформированная по слоям, может иметь сниженные механические свойства и склонна к разрушению по слоям (отделению), что ограничивает использование в функциональных и нагрузочных изделиях.

6. Возможность появления деформаций и усадки: При охлаждении пластик может давать усадку и деформацию, что влияет на размеры и точность готового изделия.

7. Ограничения по размерам: Размеры печатаемых изделий ограничены возможностями самой печатной платформы и точностью перемещений принтера.

Стереолитография (SLA) — это аддитивный метод производства, основанный на использовании фотополимерных смол и ультрафиолетового лазера для поэтапного отверждения слоёв материала в соответствии с цифровой моделью. В процессе используется жидкая фоточувстви-

тельная смола, которая затвердевает под действием лазерного луча, формируя точные и сложные геометрические формы.

Принцип работы процесса следующий (см. рисунок 4):

1. Создание 3D-модели: Разработка цифровой модели изделия в CAD-программе.
2. Подготовка файла: Генерация слайс-инструкций (слоёв), необходимых для пошагового построения модели.
3. Заливка фотополимера: В резервуар с жидким фотополимером опускается платформа, которая затем последовательно поднимается и опускается.
4. Твердение слоя: Лазер сканирует поверхность слоя, послойно отверждая фотополимер в нужных местах.
5. Постобработка: После завершения формирования модели её извлекают из ванны, проводят дополнительное отверждение (например, ультрафиолетовой лампой) и обработку поверхности.

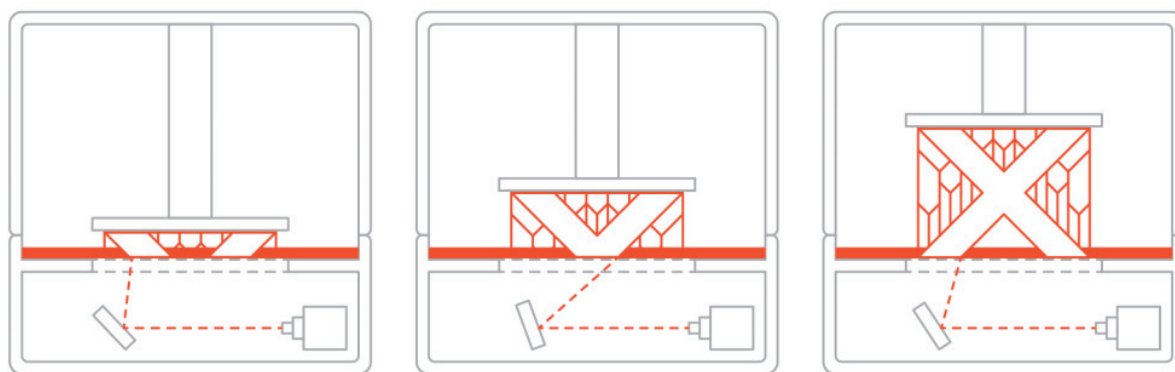


Рис. 4. Процесс 3D-печати методом SLA

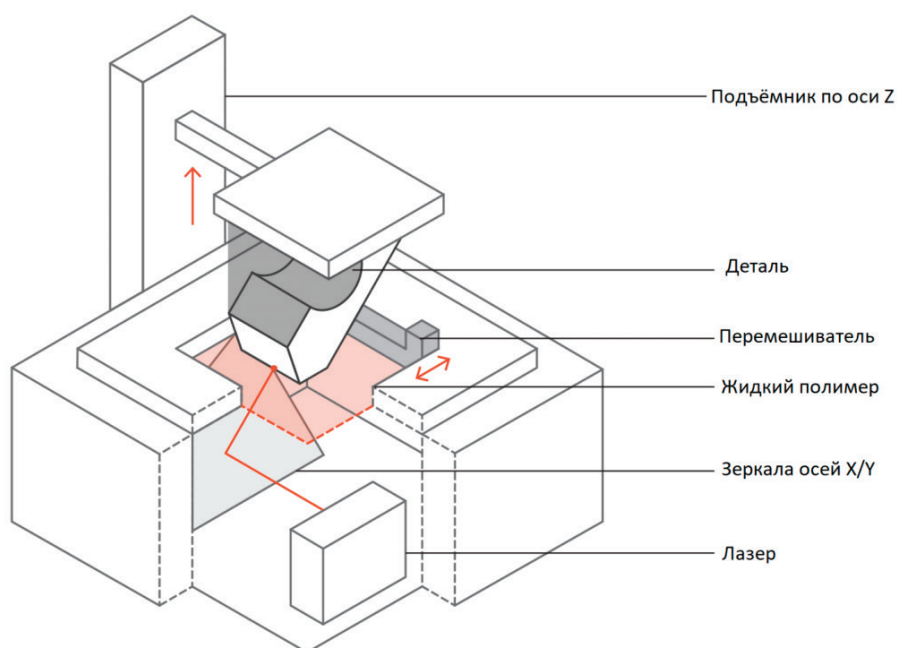


Рис. 5. Схема работы SLA-принтера

Некоторые преимущества SLA включают:

- Высокую точность и детализацию, позволяющие производить изделия с мелкими элементами, четкими гранями и гладкой поверхностью;

- Улучшенное качество поверхности, благодаря чему требуется меньше работы по доводке, что способствует сокращению времени и затрат на постобработку в процессе изготовления.

Преимущества SLA 3D-печати включают возможность производства крупных объектов или мелкосерийных изделий. Максимальные размеры рабочей зоны таких принтеров могут превышать 1,5 метра. Этот метод отличается быстрой изготовлением: готовое изделие можно получить всего за несколько часов, так как не требуется промежуточная обработка или использование оснастки.

Однако у технологии SLA есть и недостатки:

- Высокая стоимость. Сам принтер и расходные материалы, такие как смолы, чаще всего обходятся дороже по сравнению с другими методами 3D-печати.

- Ограниченный выбор материалов. Некоторые смолы бывают хрупкими или чувствительными к ультрафиолетовому свету и влаге, что может негативно влиять на долговечность и стабильность напечатанных объектов со временем.

- Необходимость последующей обработки. Изделия требуют обязательного этапа постобработки — удаления неотвержденной смолы и ультрафиолетового отверждения.

- Токсичность расходных материалов. Работа с такими смолами требует специального помещения и использования средств индивидуальной защиты.

Селективное лазерное спекание (SLS) — это аддитивная технология, основанная на использовании лазерного излучения для спекания порошковых материалов

(пластиковых, металлических или керамических) в определенных участках слоя. Этот процесс позволяет создавать детали с высокой точностью и сложной геометрией без необходимости применения специальных средств поддержки.

Технология производства методом SLS представляет из себя (рисунок 7):

1. Подготовка модели: 3D-модель изделия создается в CAD-программе и разбивается на слои.

2. Подготовка принтера: В камеру загружают порошковый материал.

3. Печать:

- Поверхность порошка равномерно распределяется слоем толщиной, определенной настройками.

- Лазер движется по области, спекание (синтез) порошка в области, заданной моделью, создавая слой детали.

- После завершения слоя, подается новый слой порошка, и процесс повторяется, пока модель полностью не сформируется.

4. Охлаждение: После завершения печати деталь охлаждается в камере.

5. Обработка: Выйдя из камеры, часть излишков порошка удаляется, выполняется финальная обработка и, при необходимости, послеполировка.

Преимущества и ограничения технологии SLS:

- Детали, изготовленные методом SLS, обладают равномерными, изотропными механическими характеристиками, что делает их подходящими для создания функциональных элементов и прототипов.

- В процессе SLS не требуется использование поддерживающих структур, что позволяет легко реализовывать сложные геометрические формы.

- Возможности SLS в производстве подходят для мелкосерийных и среднесерийных заказов.



Рис. 6. Изделие, изготовленное SLS-методом

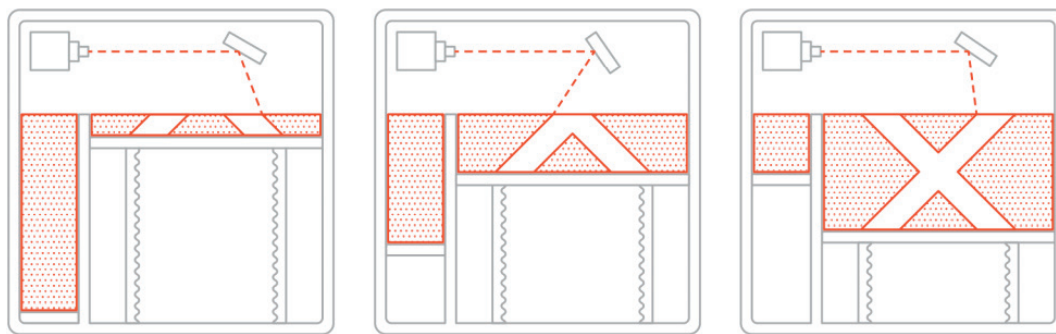


Рис. 7. Процесс печати методом SLS

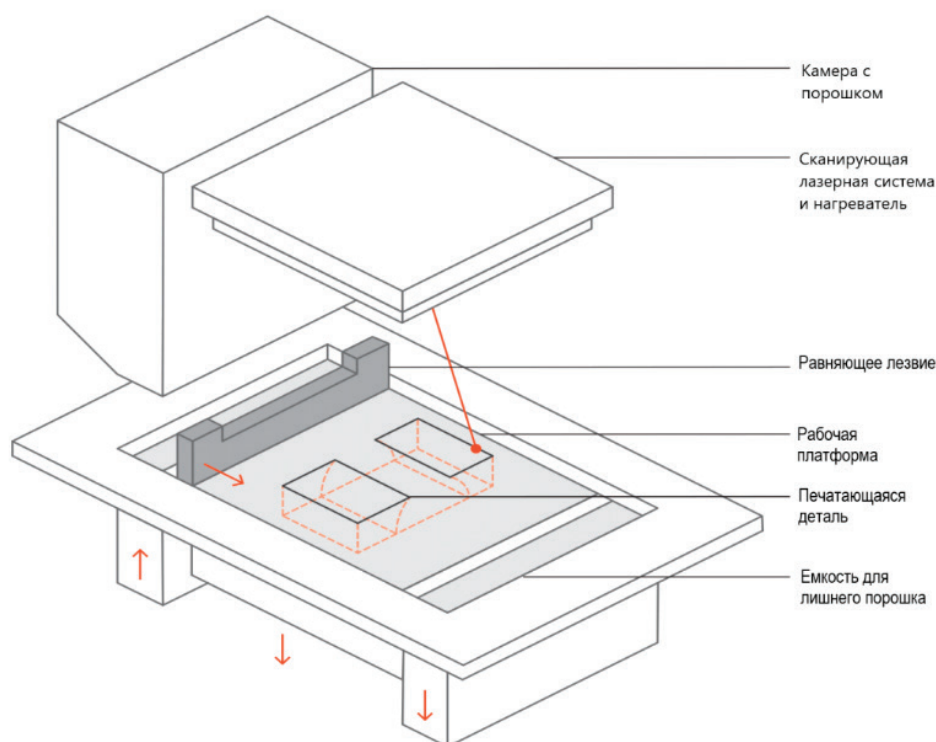


Рис. 8. Схема SLS 3D-принтера

— На сегодняшний день доступны преимущественно промышленные устройства для SLS, что связано с более длительным сроком изготовления по сравнению с технологиями FDM и SLA.

— Внешняя поверхность деталей при использовании данного метода имеет большую шероховатость и даже пористость, что потом может потребовать механической обработки.

— Данная технология с трудом воспроизводит мелкие отверстия и плоские элементы, так как такие детали могут деформироваться или перекоситься.

Согласно вышеперечисленным методам на ж/д транспорте может применяться SLS метод. Примеры запчастей, напечатанных таким методом приведены на рисунке 9.

В случае, если не имеется в наличии КД на какой-либо компонент производится реверс-инжиниринг (разработка 3D-модели и чертежей по оригиналу изделия).

Внедрение аддитивных технологий в сервисное обслуживание подвижного состава позволяет значительно повысить эффективность ремонтных процессов за счет изготовления сложных или индивидуальных запчастей непосредственно на месте, сокращения времени простоя и снижения затрат на логистику. Использование 3D-печати способствует быстрому прототипированию, восстановлению изношенных деталей и созданию запасных частей с минимальными затратами, а также позволяет адаптировать ремонтные решения под специфические требования конкретных единиц подвижного состава. В результате достигается более высокая точность в обслуживании, сокращаются сроки проведения ремонтных работ, улучшается качество восстановленных деталей и увеличивается общая надежность подвижного состава. Также целесообразным является совместное применение сторонних программ с адди-

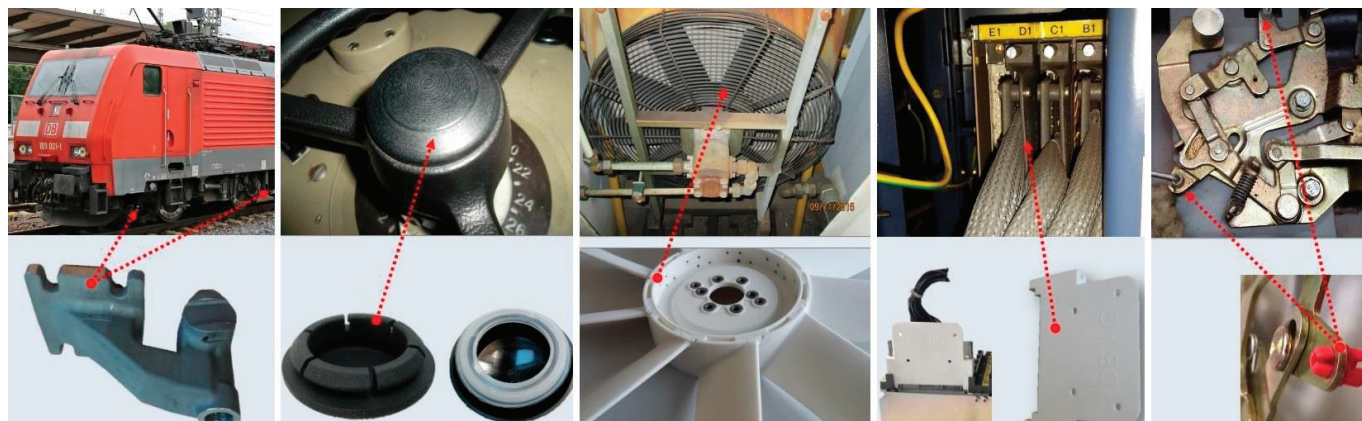


Рис. 9. Запчасти локомотивов, напечатанные методом SLS

тивными технологиями для оптимизации качества продукции.

Одним из главных недостатков аддитивных технологий является цена принтеров и материалов для печати деталей. В то же время, эта проблема не является однозначной и требует экономического анализа, а также зависит от множества факторов. Для деталей, реализуемых на 3D-печати, нужно иметь сертификат соответствия, что скажется на изменении текущей технологии ремонта и документальной базы. В нормативных актах указан вес детали, при котором изделие не нуждается в обязательной сертификации и может устанавливаться на подвижной состав на страх и риск ремонтной организации.

Для реализации лучшего экономического эффекта при вводе такой технологии в России нужно рассмотреть возможности использования аддитивных методов в сервисном обслуживании и эксплуатации подвижного состава, учитывая введенные достижения в данной сфере, включая разработки сторонних организаций, предоставляющих такие услуги вблизи ремонтных предприятий.

По результатам исследования аддитивных технологий можно сделать следующие подробные выводы. Во-первых, использование аддитивных технологий существенно расширяет возможности производства и ремонта запасных частей за счет изготовления сложных геометрий, которые трудно или невозможно реализовать традиционными методами изготовления. Это позволяет повысить точность и качество восстановительных работ. Во-вторых, внедрение 3D-печати и других аддитивных методов способствует сокращению времени, необходимого на изготовление и ремонт деталей, что особенно важно в условиях

ограниченных сроков обслуживания и необходимости минимизации простоя подвижного состава. В-третьих, аддитивные технологии позволяют значительно снизить затраты на логистику и хранение запасных частей за счет их изготовления по мере необходимости и на месте выполнения ремонта. В-четвертых, такие технологии обеспечивают повышение гибкости производственных процессов, позволяют быстро адаптироваться под уникальные или нестандартные требования ремонтных работ и создавать прототипы новых деталей для тестирования. В-пятых, внедрение аддитивных технологий способствует развитию инновационного потенциала сервисных служб, повышая их конкурентоспособность и технологическую независимость. В целом, применение аддитивных технологий в области обслуживания подвижного состава открывает широкие перспективы для повышения эффективности, надежности и экономической целесообразности ремонтных процессов, однако требует дальнейших исследований и внедрения методов контроля и стандартизации качества изготавливаемых деталей.

Дальнейшими направлениями развития темы аддитивных технологий является:

- экономический расчёт целесообразности применения аддитивных технологий;
- создание нормативно-правовых документов и стандартов для сертификации аддитивных технологий, которые будут гарантировать безопасность и надежность напечатанных компонентов;
- разработка новых материалов;
- оптимизация процессов аддитивных технологий;
- интеграция с цифровыми технологиями.

Литература:

1. SLA Технология. Как работает 3D печать SLA. [Электронный ресурс]. — 2013 — <https://3dtool.ru/stati/sla-tekhnologiya-kak-rabotaet-3d-pechat-sla/> (дата обращения 14.04.2025)
2. 10 новых технологий и инноваций в ж/д отрасли в 2025 году. [Электронный ресурс]. — 2025 — <https://innovanews.ru/info/innovations/10-novykh-tekhnologij-i-innovatsij-v-zheleznodorozhnoj-otrasli-v-2025-godu/> (дата обращения 14.04.2025)
3. Технология FDM печати: метод послойного наплавления в 3D моделировании. [Электронный ресурс]. — 2013 — <https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/822743/> (дата обращения 14.04.2025)

4. Применение 3d-печати в сервисном и ремонтном производстве. [Учебно-методическое пособие]. ЯГТУ — 2024–76 с.
5. Железнодорожный транспорт [Ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал]. — 2024 № 5 — Москва 55 с.
6. Железнодорожный транспорт [Ежемесячный научно-теоретический технико-экономический журнал]. — 2019 № 8 — Москва 77 с.

Аэродинамический дизайн. Улучшение формы поездов для снижения сопротивления воздуха

Корх Егор Сергеевич, студент;
Воркачев Андрей Геннадьевич, студент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье рассматривается влияние аэродинамического дизайна на сопротивление воздуха, оказываемого на лобовую часть подвижного состава во время движения. Сравнивается лобовое сопротивление уже имеющихся различных форм подвижного состава, эксплуатируемого на данный момент в России и Японии. С помощью моделирования форм поездов, анализа потоков воздуха и расчетов, выявляется наиболее актуальный аэродинамический дизайн, который эффективно применять для эксплуатации высокоскоростного подвижного транспорта.

Ключевые слова: подвижной состав, аэродинамическое сопротивление, оптимизация формы поезда, железнодорожный транспорт, сопротивление воздуха, аэродинамический дизайн, лобовое сопротивление.

Актуальность темы исследования

В современных условиях стремительного развития транспорта аэродинамический дизайн имеет критическое значение для повышения эффективности железнодорожного транспорта. В условиях современных требований к скорости, комфорту и устойчивости, оптимизация форм поездов для снижения сопротивления воздуха становится важнейшей задачей. Учитывая глобальные тенденции к развитию высокоскоростного транспорта в России, исследование в этой области приобретает особую актуальность, несмотря на значительные достижения в аэродинамическом дизайне. Многие аспекты, такие как влияние формы на сопротивление воздуха и взаимодействие с окружающей средой, остаются недостаточно изученными. Это создает необходимость в более глубоком анализе и разработке новых решений для повышения аэродинамической эффективности поездов.

Методология исследования

Аэродинамическое сопротивление — это сопротивление движению, которое создаёт воздушная среда. Зависит от формы и размеров тела, ориентации его относительно направления скорости, значения скорости, а также от свойств и состояния среды, в которой происходит движение [1].

Рассчитывается аэродинамическое сопротивление по формуле:

$$W_a = C_x \frac{\rho \cdot V^2}{2} S, \quad (1)$$

где ρ — плотность окружающей среды, кг/м³ (примем плотность сухого воздуха равной 1,2041 кг/м³ при температуре 20 °С и давлении 101,325 кПа) [2];

V — скорость движения, м/с (расчет проведем в диапазоне скоростей от 10 км/ч до 200 км/ч);

C_x — коэффициент лобового сопротивления тела (безразмерная величина, которая определяется экспериментальным путем и зависит от формы лобовой части);

S — наибольшая характерная площадь тела, м².

Для исследования примем два наиболее известных подвижных состава в России «Ласточка» (рисунок 1) и «Сапсан» (рисунок 2), воссоздав модель их форм в программном комплексе САПР (система автоматизированного проектирования или система автоматизации проектных работ) «SolidWorks» с размерами 1:1 к действительным. Также для исследования примем, что поезд движется по прямой, без уклона, а вектора движения головного вагона и воздуха расположены на одной оси и противоположно направлены друг другу. Боковые воздействия не учитывались.

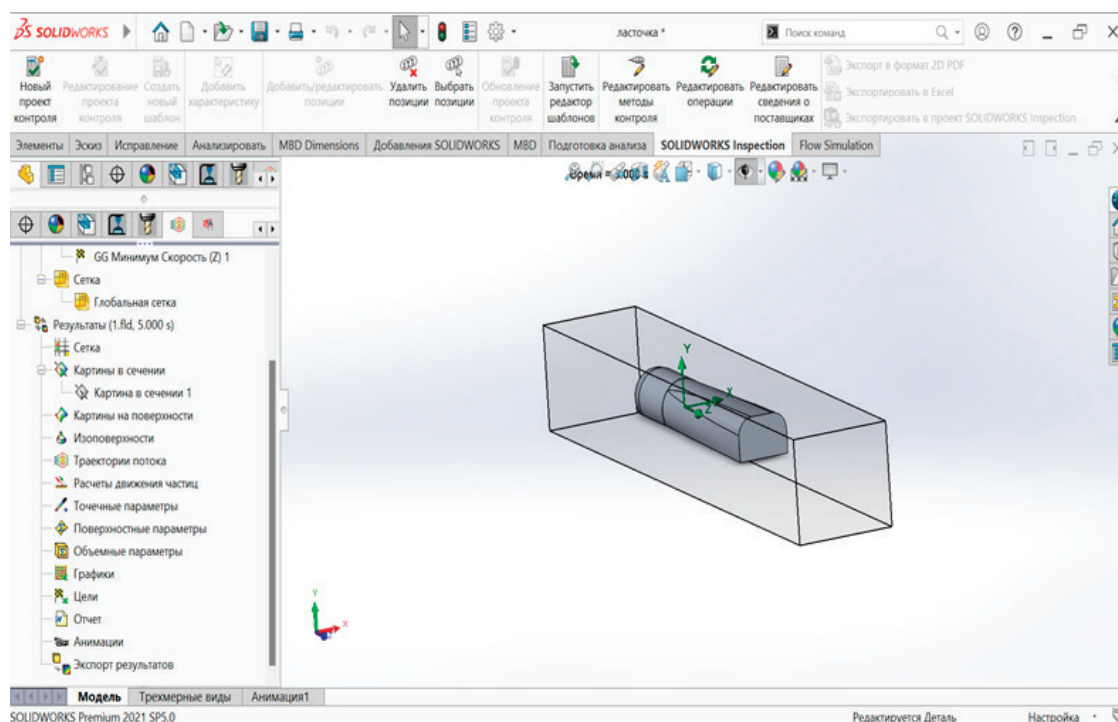


Рис. 1. Модель ЭС «Ласточка», воссозданная в программном комплексе САПР «SolidWorks»

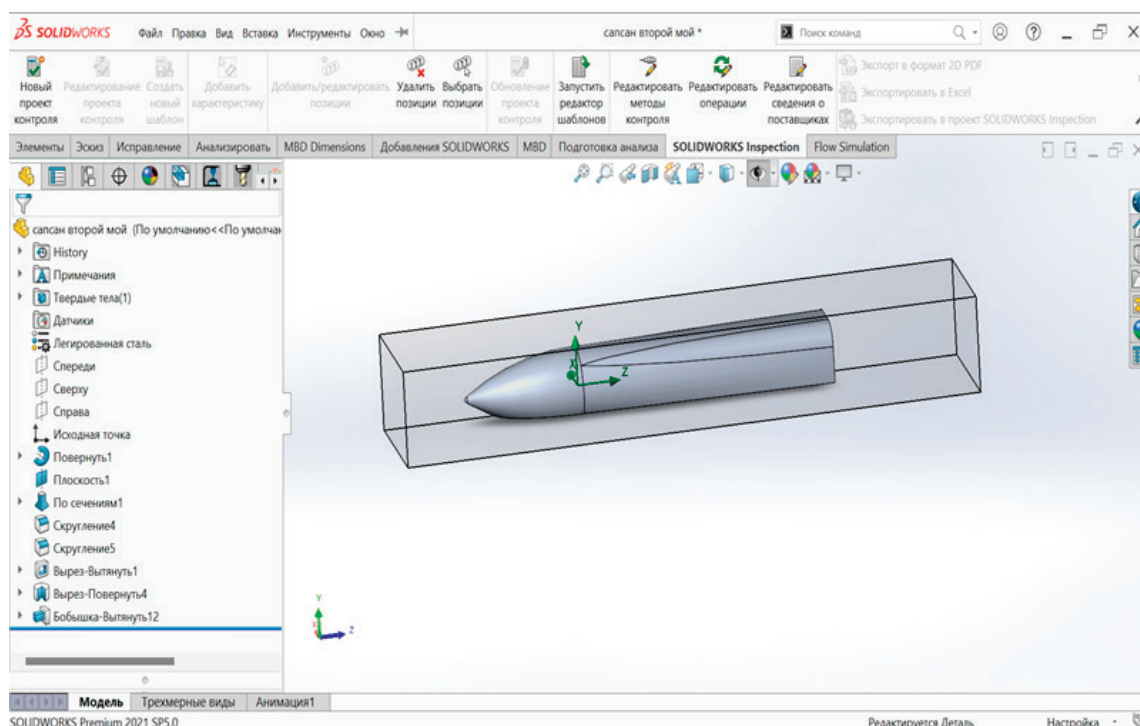


Рис. 2. Модель ЭВС «Сапсан», воссозданная в программном комплексе САПР «SolidWorks»

Изложение полученных результатов

Моделирование форм подвижных составов позволило провести детальный анализ обтекания потоков воздуха и дало возможность визуализировать их и получить численные значения коэффициента лобового сопротивления, который остается неизменным при изменении скорости (рисунок 3).

Из проведенного анализа следует, что аэродинамический коэффициент сопротивления тела равен 0,27 для «Сапсана» и 0,62 для «Ласточки», а площадь поперечного сечения 8,281 м² и 9,337 м² соответственно.

Подставив полученные значения в формулу (1) при скорости движения поезда 10 км/ч (2,78 м/с), получим:

Для «Сапсана»

$$W_a = 0,27 \cdot \frac{1,2041 \cdot (2,78)^2}{2} \cdot 8,281 = 134,6(\text{Н})$$

Для «Ласточки»

$$W_a = 0,62 \cdot \frac{1,2041 \cdot (2,78)^2}{2} \cdot 9,337 = 348,5(\text{Н})$$

Аналогичные расчеты проведем при скоростях от 20 до 200 км/ч. Результаты расчета для диапазона скоростей от 10 до 200 км/ч приведены в таблице 1.

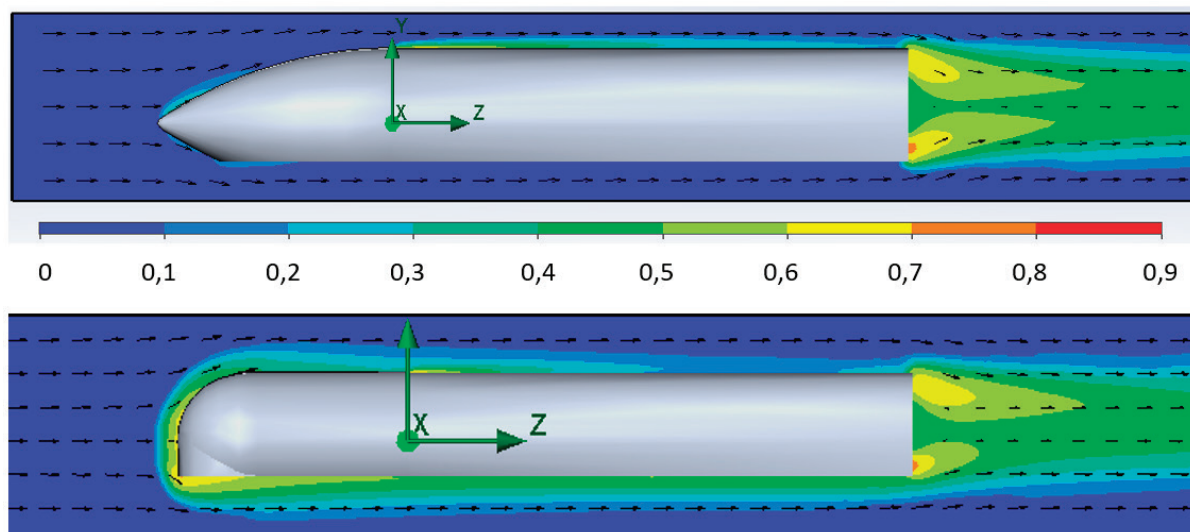


Рис. 3. Анализ потоков воздуха подвижных составов ЭВС «Сапсан» и ЭС «Ласточка»

Таблица 1. Расчетные данные аэродинамического сопротивления

V		W _a , Н	
м/с	км/ч	ЭС «Ласточка»	ЭВС «Сапсан»
2,8	10	26,9	10,4
5,6	20	107,6	41,5
8,3	30	242,0	93,5
11,1	40	430,3	166,2
13,9	50	672,3	259,7
16,7	60	968,1	373,9
19,4	70	1317,7	508,9
22,2	80	1721,1	664,7
25,0	90	2178,3	841,3
27,8	100	2689,2	1038,7
30,6	110	3254,0	1256,8
33,3	120	3872,5	1495,7
36,1	130	4544,8	1755,3
38,9	140	5270,9	2035,8
41,7	150	6050,7	2337,0
44,4	160	6884,4	2659,0
47,2	170	7771,9	3001,7
50,0	180	8713,1	3365,3
52,8	190	9708,1	3749,6
55,6	200	10756,9	4154,6

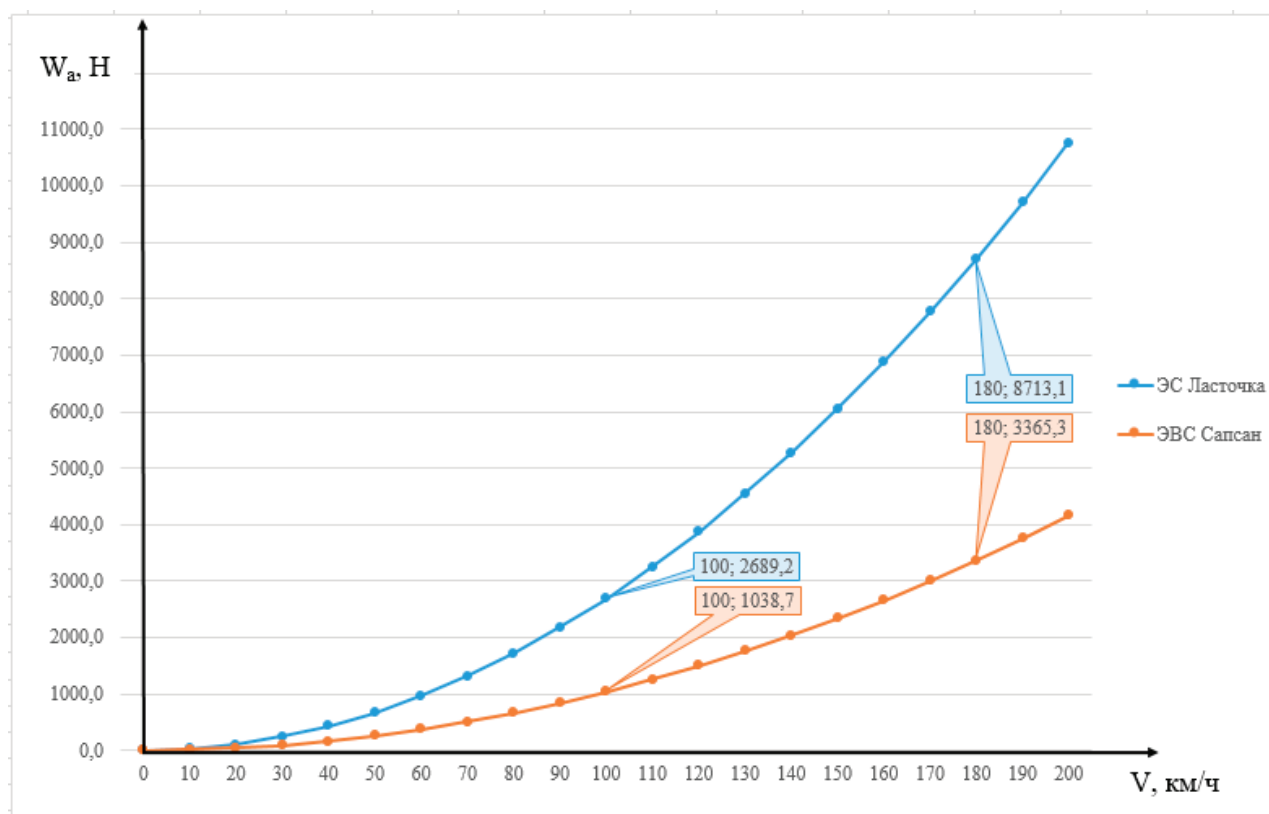


Рис. 4. Зависимость аэродинамического сопротивления от скорости движения подвижного состава



Рис. 5. Вытянутая каплевидная форма зарубежного подвижного состава «JR-Maglev»

По расчетным значениям видно, что форма поезда ЭВС «Сапсан» в несколько раз лучше, чем у ЭС «Ласточка». Для наглядности построим график и отметим две точки для сравнения полученных результатов (рисунок 4).

Сравнив значения, получим:

Для скорости 100 км/ч:

$$\frac{2689,2 - 1038,7}{2689,2} \cdot 100\% = 61,3\%$$

Для скорости 180 км/ч:

$$\frac{8713,1 - 3365,3}{8713,1} \cdot 100\% = 61,3\%$$

Из расчетов следует, что аэродинамическое сопротивление ЭВС «Сапсан» в 0,613 раз лучше ЭС «Ласточка».

Таким образом, наиболее актуальная форма для высокоскоростного транспорта — вытянутая каплевидная [3] (рисунок 5).

Проведем аналогичный анализ для японского высокоскоростного поезда «JR-Maglev» [4] (рисунок 6). Полученные значения подставим в формулу (1), тогда аэродинамическое сопротивление при скорости 180 км/ч (50 м/с) будет рассчитываться следующим образом:

$$W_a = 0,1 \cdot \frac{1,2041 \cdot (50)^2}{2} \cdot 7,831 = 1178,7(\text{Н})$$

Проведя расчет с значением скорости от 10 до 200 км/ч, построим новый график зависимости аэродинамического сопротивления от скорости (рисунок 7).

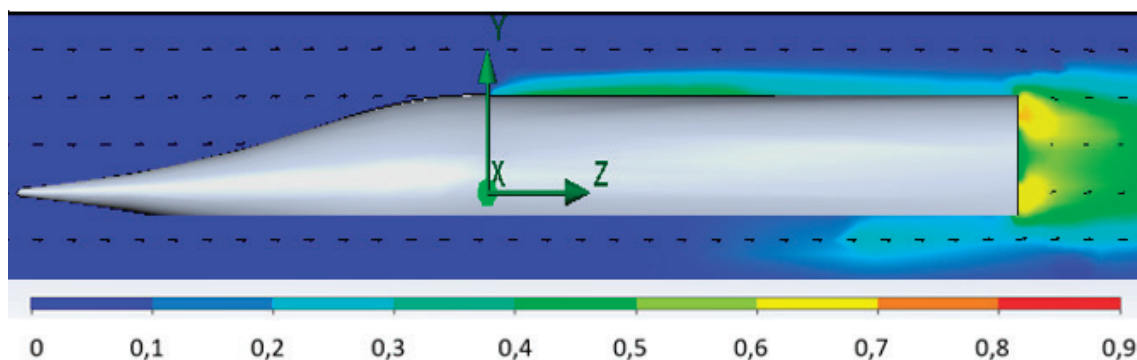


Рис. 6. Анализ потоков воздуха «JR-Maglev»

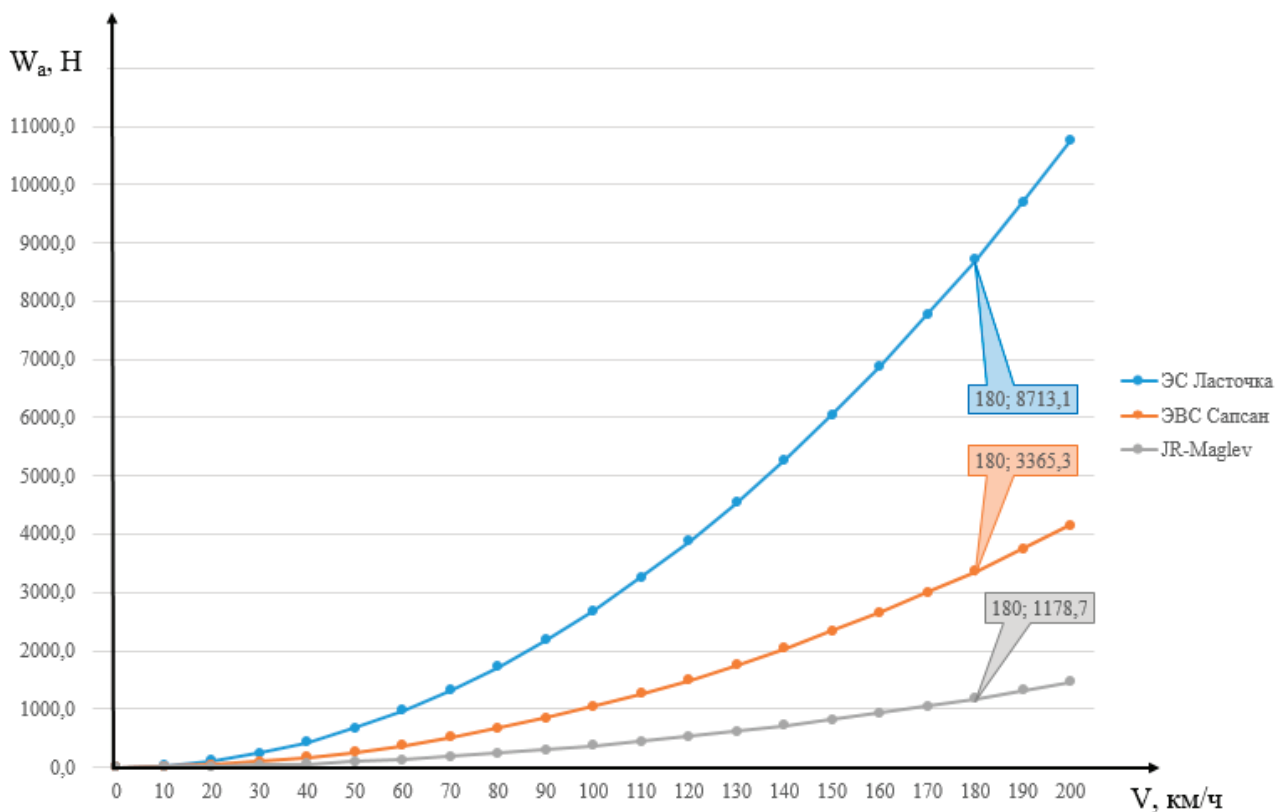


Рис. 7. Зависимость аэродинамического сопротивления от скорости движения подвижного состава

Сравнивая ЭВС «Сапсан» и ЭС «Ласточка» с зарубежным подвижным составом «JR-Maglev», получим следующие результаты:

$$\frac{3365,3 - 1178,7}{3365,3} \cdot 100\% = 65\%$$

$$\frac{8713,1 - 1178,7}{8713,1} \cdot 100\% = 86,5\%$$

Таким образом, аэродинамическое сопротивление Японского высокоскоростного поезда «JR-Maglev» в 0,65 лучше, чем ЭВС «Сапсан» и в 0,865 раз, чем ЭС «Ласточка».

Исследование подтвердило, что аэродинамический дизайн является критически важным фактором для повышения скорости и эффективности железнодорожного транспорта. Оптимизация форм поездов позволяет существенно снизить сопротивление воздуха, что в свою очередь позволяет не только увеличить скорость поездов, но и снизить энергопотребление. Уменьшение сопротивления воздуха напрямую влияет на экономическую эффективность эксплуатации, а также способствует снижению уровня шума. Как следствие, правильный аэродинамический дизайн не только улучшает производительность, но и повышает комфорт пассажиров.

Заключение

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании новых моделей поездов и модернизации существующих. Это позволит соответствовать современным требованиям к скорости и устойчивости.

Будущие исследования могут сосредоточиться на разработке новых материалов для улучшения аэродинамических характеристик, а также на изучении влияния различных климатических условий на эффективность аэродинамического дизайна. Также стоит рассмотреть возможности применения новых технологий, для оптимизации проектирования поездов с учетом их аэродинамических характеристик.

Литература:

1. Train Aerodynamics, Fundamentals and Applications By Chris Baker, Butterworth-Heinemann, 2019.
2. INNER ENGINEERING, International Association for the Properties of Water and Steam, «Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation for the Thermodynamic Properties of Water and Steam»,. [Электронный ресурс]. — 2024. — URL <https://inner.su> (дата обращения 01.05.2025)
3. Аэродинамика железнодорожного поезда: (принципы конструирования подвижного состава, минимизирующие воздействия воздушной среды на железнодорожный поезд) / Н. А. Чурков. — Москва: Желдориздат, 2006.
4. «About the vehicle | SCMAGLEV | Central Japan Railway Company». JR Central. Retrieved. [Электронный ресурс]. — 2021. — URL: <https://scmaglev.jr-central-global.com> (дата обращения 01.05.2025)

Исследование и разработка интерактивной виртуальной лаборатории в среде LabVIEW

Лапушкин Дмитрий Александрович, студент магистратуры
Научный руководитель: Сичкаренко Андрей Владимирович, старший преподаватель
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (Казахстан)

В статье описывается архитектура программной реализации виртуального стенда для изучения аналогового управления и ПИД-регулирования в среде LabVIEW с использованием NI USB-6008. Подробно рассмотрены алгоритмы инициализации, циклической обработки данных, управления виртуальным объектом, визуализации процессов и интерактивных возможностей интерфейса. Представлены методики автоматической адаптации параметров модели и механизмы контроля качества регулирования, способствующие развитию инженерных компетенций у обучающихся.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, LabVIEW, аналоговое управление, ПИД-регулятор, визуализация, образовательные технологии.

Внедрение виртуальных лабораторных комплексов на базе LabVIEW позволяет эффективно обучать принципам автоматического управления, моделировать сложные динамические процессы и проводить экспериментальные исследования без необходимости использования дорогостоящего оборудования [2]. Особое значение имеет программная реализация таких стендов, обеспечивающая гибкость, наглядность и высокую точность моделирования в реальном времени.

При запуске VI все переменные и каналы инициализируются: $\theta = 0^\circ$, $\omega = 0$ рад/с, Tick-счётчик сохраняется как T_0 , а DAQ-задача для USB-6008 создаётся, но ещё не активна, потому что до переключения во вкладку «Программирование» линиям АО/АІ обращаться не нужно. Сразу после инициализации начинается бесконечный while-цикл.

Каждую итерацию цикл первым делом считывает новый Tick Count (мс) и вычитает из него сохранённую в регистре T_{prev} величину предыдущего такта. Полученный интервал Δt кладётся в кольцевой буфер из пяти значений; среднее этого буфера будет использоваться во всех расчётах текущего шага. Затем T_{prev} обновляется на только что прочитанный Tick.

Далее проверяется, какая вкладка активна. Если пользователь выбрал режим «Программирование», DAQ-узел читает АІ0 — это уставка от внешнего ПЛК — и одновременно запоминает её в глобальной переменной [1]. Если открыт режим DEMO, канал не опрашивается и всегда возвращает предыдущее внутреннее значение уставки. Здесь же определяется, нужно ли писать выход АО0: в «Программировании» управляющее напряжение, рассчитанное позже, уйдёт на плату; в «DEMO» вызов DAQmx Write вообще не выполняется. Для повышения устойчивости при передаче данных и устранения колебаний в системе предусмотрен фильтр низких частот, сглаживающий значение входных аналоговых сигналов.

Следующий крупный блок отвечает за оба вентилятора. Напряжение управления (пришедшее из PID или равное нулю) сначала масштабируется из рабочего диапазона аналогового сигнала DAQ от 0 до 10 В в рабочий диапазон питания двигателей от минус 24 до плюс 24 В. Знак полученной величины определяет активный двигатель: если сигнал положительный, к расчёту допускается левый вентилятор, правый получает нуль-момент и нулевую тягу; при отрицательном сигнале ситуация зеркальная. Сама тяга и момент вентилятора вычисляются в Formula Node по эмпирическим формулам с учётом оборотов предыдущего шага и мгновенного встречного потока воздуха.

На следующем шаге при помощи числовых блоков зачитывается общее уравнение моментов. После этого по Эйлеру считается действующее значение скорости, которое уже используется при расчётах на следующем цикле.

Позиционная ошибка переводится в градусы и идёт в блок PID.vi; там же перед подачей параметры T_i , T_d , введённые в миллисекундах, автоматически делятся на 60000,

потому что внутренний алгоритм PID.vi ожидает минуты. Выход PID возвращается как задание на вентилятор.

Визуализация работает в том же цикле. Сначала проверяется, изменяли ли пользователь параметры стержня, а также изменились ли углы положения объектов. Если да, геометрия балок и цилиндров пересоздаётся. Затем к 3D-сцене применяются функции поворота и масштаба [3]. Всё это выполняется до отрисовки блоков Chart, поэтому графики скорости, оборотов и напряжения всегда показывают ровно то, что попало в сцену.

Пакет данных ($n_{\text{стержня}}$, $n_{\text{вентиляторов}}$, ε , U) падает в четыре Waveform Chart. Если пользователь нажал «Остановка отрисовки графиков», срабатывает ветка Case, после чего графики останавливаются, что позволяет провести дальнейший анализ переходного процесса. Таким образом каждое значение используется в той же итерации, в которой оно вычислено, а расчётный шаг всегда совпадает с фактическим реальным временем выполнения кода. В результате визуализация отображает процесс, максимально приближенный к реальному времени.

Итоговая реализация виртуальной модели представлена на рисунке 1.

Модель обладает двумя существенными возможностями, расширяющими её педагогический потенциал. Во-первых, геометрические размеры стержня (длина, толщина профиля) и удельные параметры материала (плотность) вынесены в набор пользовательских переменных виртуального прибора. Любое изменение этих коэффициентов автоматически пересчитывает момент инерции и аэродинамический момент торможения, а трёхмерная визуализация немедленно отражает новую конфигурацию. Тем самым создаётся вариативная среда, позволяющая студенту моделировать лёгкие балки, балки различной длины и толщины без перекомпиляции кода.

Во-вторых, в интерфейс встроен механизм мониторинга качества регулирования. Пользователь может задать предельные значения времени переходного процесса $t_{\text{шт}}$, допуска перерегулирования α и статической ошибки Δ . Эти ограничения отображаются на графике ошибки в виде цветовых зон. По ходу эксперимента кривая ошибки накладывается на указанные зоны, что даёт наглядный способ контролировать эффективность настроенной системы управления и оперативно корректировать коэффициенты ПИД-регулятора.

Разработанная программная архитектура виртуального лабораторного комплекса в среде LabVIEW обеспечивает надёжное, гибкое и наглядное моделирование динамических объектов для целей инженерного образования. Гибкость настройки модели, интерактивный интерфейс и инструменты контроля качества регулирования позволяют обучающимся глубже понять процессы автоматического управления и отработать практические навыки настройки регуляторов в условиях, максимально приближённых к реальным инженерным задачам.

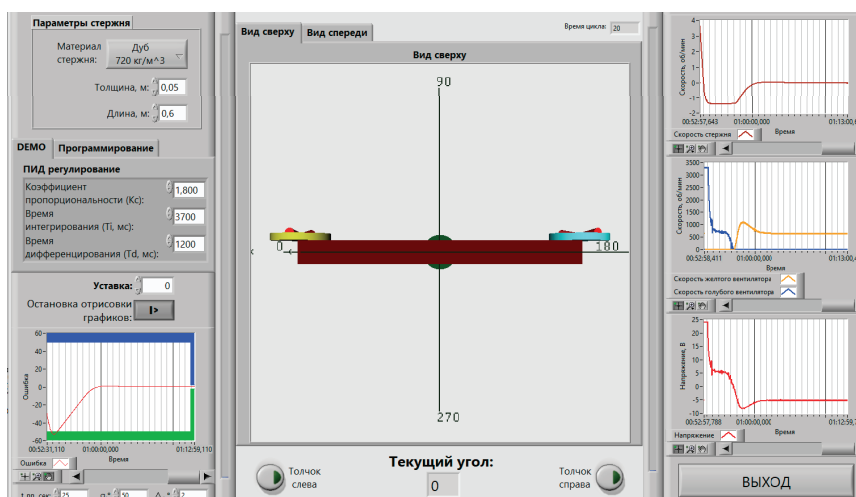


Рис. 1. Реализация виртуальной модели в LabVIEW

Литература:

1. Liu S., Wang Y., Ji Z., Zhang Z. Real Time State Monitoring and Fault Diagnosis System for Motor Based on LabVIEW // Proceedings of the 2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE), Hohhot, China, 2019. С. 251–2513. DOI: 10.1109/ICMCCE48743.2019.00064.
2. Mavi A., Özmen A., Ertuğrul M. Analyzing and Presenting Data with LabVIEW // LabVIEW — A Flexible Environment for Modeling and Daily Laboratory Use. IntechOpen, 2021. DOI: 10.5772/intechopen.96130.
3. Using the 3D Picture Control [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview/page/using-the-3d-picture-control.html> (дата обращения: 09.05.2025).

Обзор методов определения теплофизических параметров мерзлых грунтов: сравнительный анализ и рекомендации для моделирования

Марков Максим Дмитриевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В условиях активного освоения северных территорий России и изменения климата особое значение приобретает корректное задание теплофизических свойств мерзлых и сезоннопромерзающих грунтов при инженерных расчетах. Статья представляет собой обзор существующих методов определения теплопроводности, теплоёмкости и температуропроводности грунтов, используемых в численном моделировании. Рассматриваются лабораторные, эмпирические, нормативные, численные и полевые подходы. Приведено сравнение их применимости, преимуществ и ограничений. Отмечается, что наиболее достоверные результаты достигаются при комплексном подходе с калибровкой моделей на основе мониторинга. Представленные материалы могут быть использованы при проектировании фундаментов и оценке теплового режима оснований в условиях многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, коэффициент теплопроводности, теплоемкость, теплофизические свойства грунтов.

An overview of methods for determining thermophysical parameters of frozen soils: comparative analysis and recommendations for modeling

Markov Maxim Dmitrievich, student master's degree
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (St. Petersburg)

In the context of active development of the northern territories of Russia and climate change, the correct assignment of thermophysical properties of frozen and seasonally frozen soils in engineering calculations is of particular importance. The article presents a review of existing methods for determining the thermal conductivity, heat capacity and thermal diffusivity of soils used in numerical modeling. Laboratory, empirical, normative, numerical and field approaches are considered. A comparison of their applicability, advantages and limitations is

given. It is noted that the most reliable results are achieved with an integrated approach with model calibration based on monitoring. The presented materials can be used in the design of foundations and assessment of the thermal regime of foundations in permafrost conditions.

Освоение северных территорий России сопровождается необходимостью строительства на многолетнемерзлых и сезоннопромерзающих грунтах. Проектирование в таких условиях требует учёта теплового режима основания, особенно в условиях изменения климата. Целью данной работы является проведение обзорного анализа методов определения теплофизических характеристик грунтов и их применимости в инженерных расчетах. Одним из ключевых факторов, влияющих на надёжность прогноза процессов промерзания и оттаивания, является корректность задания теплофизических параметров грунтов в численных моделях. Строительные нормы и правила, такие как «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах» (СП 25.13330.2020) [1] содержат значения нормативных и расчетных характеристик грунтов. Эти характеристики являются осредненными, не учитывающими особенностей их формирования.

К основным теплофизическим параметрам мерзлых грунтов относятся:

Теплопроводность (λ): способность грунта проводить тепло. Зависит от состояния грунта (талый/мерзлый), его влажности, плотности, структуры пор и состава. Объёмная теплоёмкость (C): количество тепла, необходимое для нагрева единицы объёма на 1 °C. Температуропо-

водность: определяется как отношение теплопроводности к теплоёмкости, характеризует скорость изменения температуры.

Физико-механические и теплофизические свойства грунтов могут определяться как прямыми лабораторными методами, так и косвенными способами — на основе нормативных документов, эмпирических зависимостей или расчетных моделей. Однако теплофизические характеристики относятся к числу параметров, достоверное определение которых затруднено при использовании косвенных методов, что обусловлено высокой чувствительностью этих характеристик к минералогическому составу, влажности, плотности и термогидрологическим условиям среды [2]. В связи с этим в инженерной практике для получения надежных данных предпочтение отдается прямым экспериментальным исследованиям. Косвенные оценки теплофизических характеристик допускаются, как правило, на стадии предварительных расчетов и выполняются с опорой на данные, представленные, например, в СП 25.13330.2021 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах (актуализированная редакция СНиП 2.02.04–88*)» [1].

На основе данных рассуждений были выделены несколько основных подходов к определению теплофизических свойств грунтов:

Таблица 1

Метод определения свойств	Способ определения	Преимущества	Недостатки
Лабораторные экспериментальные методы	Прямые измерения теплофизических характеристик, таких как теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность, проводятся с использованием специализированных приборов (например, ИТП-МГ4, ТПМ-1)	Высокая точность измерений, возможность определения полного набора параметров, стандартизированные методики (ГОСТ, СП.)	Требуют отбора ненарушенных образцов, дороговизна оборудования и высокая трудоёмкость, изменение структуры и влажности при транспортировке может исказить результаты
Эмпирико-аналитические модели	Модель Керстена (Kersten, 1949): предлагает эмпирические формулы для оценки теплопроводности грунтов в зависимости от степени насыщения и типа грунта. Модель Коте и Конрада (Côté & Konrad, 2005): развивает подход Джохансена, учитывая нормализованную теплопроводность и степень насыщения.	Простота использования, особенно на ранних этапах, основаны на реальных наблюдениях, позволяют быстро получить ориентировочные оценки	Могут не учитывать специфики конкретных грунтов, погрешности при отступлении от условий, на которых основаны модели
Использование нормативных документов	Нормативные документы, такие как СП 25.13330.2021 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах», предоставляют усреднённые значения теплофизических характеристик для различных типов грунтов	Быстрое получение значений для различных типов грунтов	Обобщенные значения, не учитывающие локальных особенностей, не подходят для точного численного моделирования, возможны существенные отклонения от реальных характеристик конкретного объекта

Таблица 1 (продолжение)

Метод определения свойств	Способ определения	Преимущества	Недостатки
Численное моделирование с подбором параметров	Численные методы, такие как обратное моделирование, позволяют калибровать теплофизические свойства грунтов на основе наблюдений, например, температурного мониторинга. Этот подход активно используется в современных геотехнических программных комплексах, например, в PLAXIS Thermal, Frost 3D.	Учет реальных условий и геокриологических особенностей, возможность настройки моделей на основе полевых наблюдений, эффективно для прогноза теплового взаимодействия «грунт–сооружение»	Требует данных мониторинга (температура, влажность и т. д.)
Геофизические и полевые методы	Методы, такие как тепловое зондирование и термометрическое бурение, позволяют определить распределение температуры и сделать косвенные оценки теплопроводности на месте, что особенно актуально для неоднородных и слабоисследованных участков.	Позволяют получить данные в естественном залегании, незаменимы при изучении массивов в условиях многолетней мерзлоты	Требуют интерпретации данных и сопряжения с лабораторными результатами, трудозатратны и требуют специализированного оборудования

Пример расчёта теплопроводности по модели Керстена [3]:
Для оценки теплопроводности грунта можно использовать модель Керстена, которая учитывает степень насыщения грунта. Например, для суглинистого грунта с сухой

плотностью 1600 кг/м³ и степенью насыщения 60 % теплопроводность составит:
$$\lambda = \lambda_{unsat} + (\lambda_{sat} - \lambda_{unsat}) * K(Sr)$$

где:
 λ_{unsat} — теплопроводность сухого грунта,

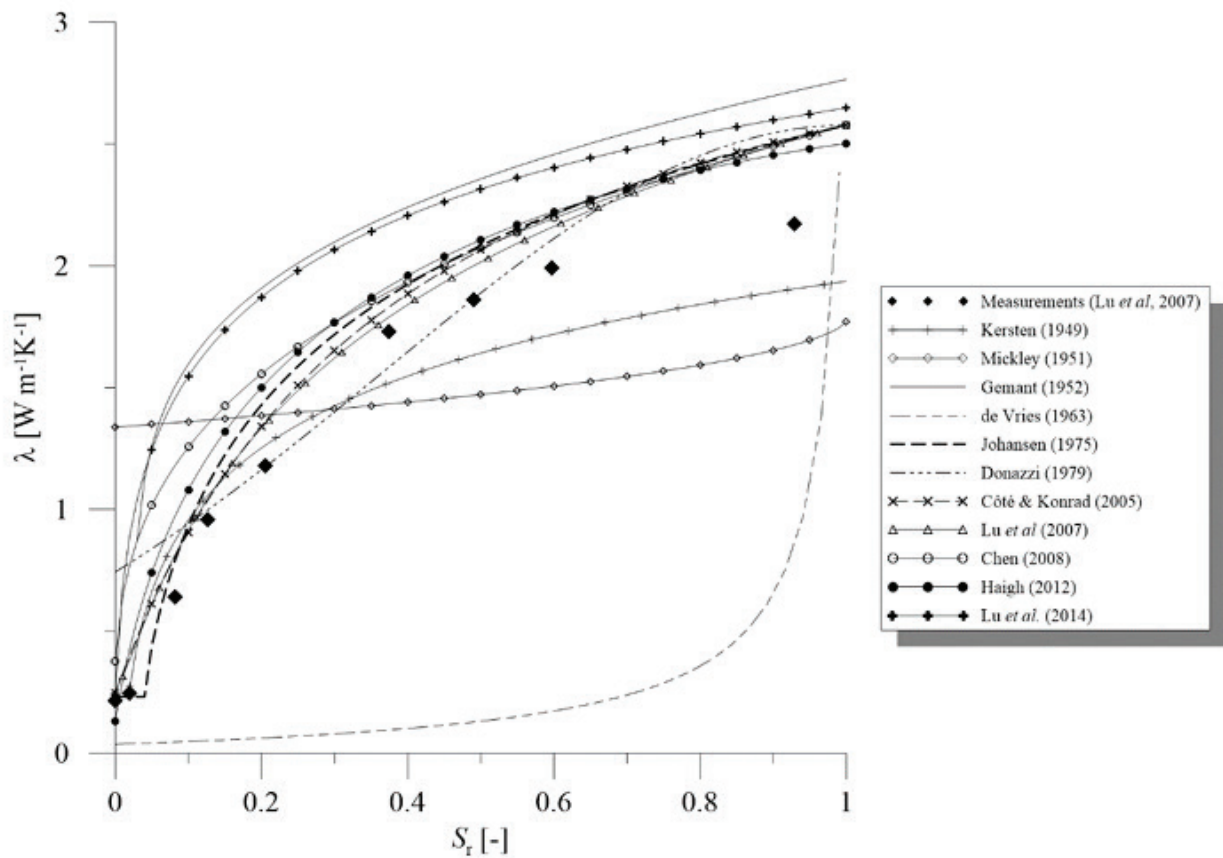


Рис. 1. Прогнозирование теплопроводности крупнозернистой почвы при различных состояниях насыщения (выраженных как степень насыщения Sr) и результаты измерений [3]

λ_{sat} — теплопроводность насыщенного грунта,
 $K(\text{Sr})$ — эмпирическая функция степени насыщения.
 Подставляя значения, получаем:
 $\lambda = 0.5 + (1.5 - 0.5) * K(0.6)$

Значение $K(0.6)$ определяется по эмпирической формуле или графику, представленному в оригинальной работе Керстена.

Ниже представлена типичная зависимость теплопроводности грунта от степени насыщения:

Проведённый анализ показывает, что для обеспечения надёжности прогноза теплового режима грунтов в условиях многолетней мерзлоты необходимо использовать как можно более достоверные, желательно эксперимен-

тально подтверждённые данные. На ранних стадиях проектирования возможно применение нормативных или эмпирических подходов, однако на стадиях рабочей документации предпочтительны лабораторные испытания и калибровка численных моделей по результатам температурного мониторинга. Совмещение различных методов позволяет учесть сложную структуру мерзлого массива и варьирующиеся условия увлажнения и промерзания, повышая точность моделирования и надёжность проектных решений. Таким образом, интеграция полевых, лабораторных и численных подходов представляется наиболее перспективной стратегией в инженерной практике освоения криолитозоны.

Литература:

1. СП 25.13330.2020 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах: утв. приказом Минстроя РФ № 915/пр от 30.12.2020. Введ. 2021–07–01. М.: Минстрой России, 2020. 140 с.
2. Зайцев В. С., Жолобов И. А. Об определении теплофизических свойств многолетнемерзлых грунтов // Нефтяное хозяйство. — 2014. — № 2. — С. 17–19.
3. Adrian Róžański, Natalia Kaczmarek. Empirical and theoretical models for prediction of soil thermal conductivity: a review and critical assessment. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 2020; 1 -11.

Изучение влияния ускорения свободного падения на безопасность полета БПЛА

Новиков Станислав Максимович, курсант;

Коне Махамад, курсант;

Корышева Надежда Николаевна, преподаватель;

Журавлева Елена Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье рассмотрены основные характеристики беспилотного летательного аппарата, влияние значения ускорения свободного падения на характер движения. Решена задача по выявлению связи величины ускорения с силой тяжести аппарата.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, ускорение свободного падения, силы тяжести.

Что подразумевается под термином беспилотный летательный аппарат в современных реалиях ведения боевых действий. Ответ прост, беспилотный летательный аппарат (БЛА) — это летательный аппарат (ЛА) управляемый аппарат оператором, то есть ЛА без экипажа. Возникает вопрос об управлении ЛА. На текущий момент БЛА управляется с помощью радиоэлектронного оборудования, управление происходит на удалении от области действия БЛА расчетом, в основном, включающим в себя: оператора БЛА, оператора FPV-дрона, корректировщика (техника), инженера, оператора системы обнаружения/подавления, медика/водителя/связиста.

По конструкции применяемый в целом и в частности в зоне проведения специальной военной операции БЛА состоят из нескольких основных частей: фюзеляжа, крыла (жестко закрепленного на фюзеляже и имеющего закрылки и элероны, для наилучшей управляемости), винта (закрепленного на коленчатом вале двигателя, который находится, в основном в носовой части фюзеляжа) и хвостового оперения (стабилизатора и киля, которые являются регуляторами набора высоты и поворота соответственно). Одним из актуальных вопросов применения БЛА является тяготения нашей планеты в целом и соответственно влияние на полёт конкретного типа летательных аппаратов, в частности.

Рассмотрим актуальность данного вопроса в реалии современного ведения боя на примере участия БЛА в специальной военной операции.

Актуальность заключается в том, что сила тяготения одна из основных сил действующих на любой объект физического взаимодействия с нашей планетой, в том числе БЛА, поняв насколько сильно данное влияние, можно рассуждать над тем, какой элемент конструкции ЛА улучшить, либо заменить на более совершенный, чтобы эффективность, даль-

ность полета и общий коэффициент полезности БЛА увеличился как на поле боя (в условиях боевых действий), так и в гражданском направлении применения подобного вида ЛА (сельское хозяйство, предпринимательская и культурная сферы).

Перемещение тела материальной точкой по баллистической траектории описывается достаточно простой системой дифференциальных уравнений. Возникали лишь трудности с получением функционального выражения для силы сопротивления воздуха, которое позволило бы найти решение этой системы уравнений в виде выражений из элементарных функций. И в самом начале XX века математики Рунге и Кутта разработали численный метод интегрирования дифференциальных уравнений, который позволял с того момента решать такие уравнения при наличии численных значений всех исходных данных. Благодаря данным исследованиям появилась возможность создать так называемую баллистическую теорию, в первоначальном ее виде. Баллистическая траектория — траектория с которой движется тело, обладающее некоторой начальной скоростью, под действием силы тяготения и силы аэродинамического сопротивления.

Данный вид траектории представляет собой кривую второго порядка. Истинный вид траектории зависит от начальных скоростей и может представлять собой:

- 1. Дуга эллипса, один из фокусов которого совпадает с гравитационным центром Земли;
- 2. Ветвь гиперболы;
- 3. В частных случаях (космические скорости)
 - Окружность (Первая космическая скорость)
 - Парабола (Вторая космическая скорость)
 - Вертикальная прямая

Стоит отметить различные траектории движения, которые описывают ЛА в том числе и беспилотные.

Рассмотрим в этой статье именно баллистическую траекторию полёта БЛА, так как, описывая эту траекторию, ЛА подчиняется действию силы тяготения Земли, помимо силы сопротивления воздуха и других сил, действующих на ЛА в процессе движения.

Чтобы изучить какое-либо явление недостаточно лишь словесно подтвердить или опровергнуть влияние той или иной силы либо другого физического явления на тело. Необходимо также произвести расчеты, которые помогут в подтверждении (опровержении) того или иного факта. Для этого перейдем к решению задачи.

Задача

Беспилотный летательный аппарат массой $m = 200$ кг совершает горизонтальный полет над г. Воронеж на высоте $h = 400$ м. БЛА необходимо изменить высоту несколько раз, каждый на 1000 м больше предыдущего. Рассчитайте силу тяжести во всех случаях. Как изменится сила тяжести, если БЛА будет лететь над г. Махачкала? Изобразите на графике зависимость $g(h)$, и $F(g)$ для обоих случаев.

- 1. Вычислите силу тяжести, действующую на БЛА у Земли.
- 2. Рассчитайте ускорение свободного падения на высоте 400, 1400, 2400, 3400, 4400, 5400 м над г. Воронеж и г. Махачкала, принимая, что g изменяется по формуле (1).
- 3. БЛА изменял высоту, каким образом изменялась сила тяжести (в обоих случаях)?
- 4. Как изменение силы тяжести повлияет на возможность БЛА поддерживать горизонтальный полет?

Расчетные формулы:

$$g = 9,780318 \cdot (1 + 0,005302 \cdot \sin^2 \varphi - 0,000006 \cdot \sin^2 2\varphi - 0,000003086 \cdot h),$$

(1)

$$F = mg,$$

(2)

где φ — географическая широта; h — высота; g — ускорение свободного падения; m — масса БЛА.

Результаты вычислений зависимости $g(h)$ над Воронежем и Махачкалой представлены в таблицах 1, 2, соответственно. Графики этих зависимостей представлены на рисунках 1, 2.

Результаты вычислений зависимости $F(g)$ над Воронежем и Махачкалой представлены в таблицах 3, 4, соответственно. Графики этих зависимостей представлены на рисунках 3, 4.

Таблица 1. Ускорение свободного падения на высоте НУМ и заданных в условии высотах г. Воронеж и г. Махачкала:

h, м	g В, м/с²	gМ, м/с²	φ, °В	φ, °М
151	9,802318	9,816974	55,75	42,98
400	9,74802	9,805022		
1400	9,76462	9,77484		
2400	9,734438	9,744658		
3400	9,704256	9,714476		
4400	9,674074	9,684294		
5400	9,643892	9,654112		

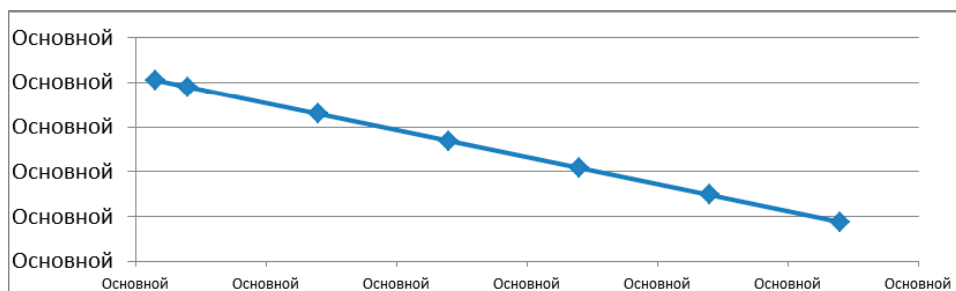


Рис. 1. График зависимости $g(h)$ над г. Воронеж

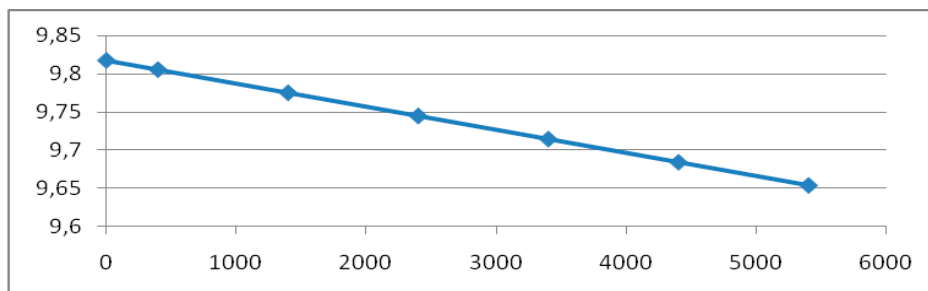


Рис. 2. График зависимости $g(h)$ над г. Махачкала

Таблица 3. Сила тяжести на разной высоте над г. Воронеж

$g, \text{ м/с}^2$	$F, \text{ Н}$
9,802318	4901,159
9,794802	4897,401
9,76462	4882,31
9,734438	4867,219
9,704256	4852,128
9,674074	4837,037
9,643892	4821,946

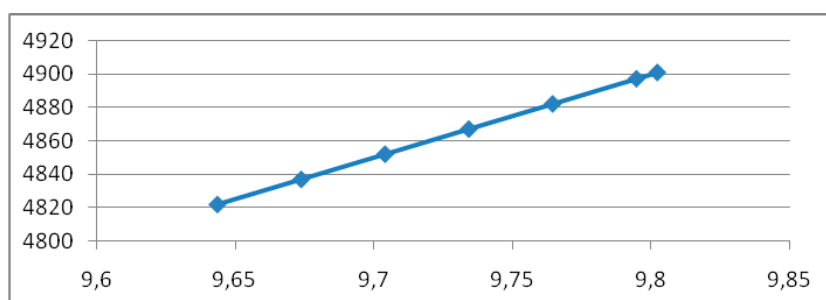
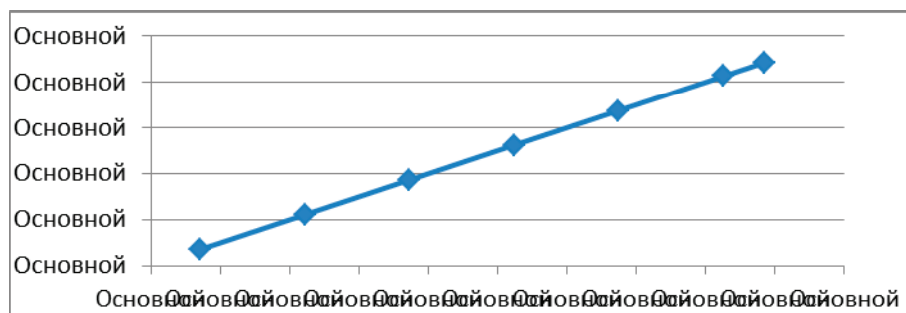


Рис. 3. График зависимости $F(g)$ над г. Воронеж

Таблица 4. Сила тяжести на разной высоте над г. Махачкала

$g, \text{ м/с}^2$	$F, \text{ Н}$
9,816974	4908,487
9,805022	4902,511
9,77484	4887,42
9,744658	4872,329
9,714476	4857,238
9,684294	4842,147
9,654112	4827,056

Рис. 4. График зависимости $F(g)$ над г. Махачкала

Из решения задачи и построенных графических зависимостей видно, что с увеличением высоты ускорение свободного падения уменьшается как над г. Воронеж, так и над г. Махачкала. Так как сила тяжести уменьшается, уменьшается и сила тяжести, которая напрямую зависит от ускорения свободного падения. Учитывая, что с повышением высоты сила тяжести уменьшается, значит, Земля меньше действует на БЛА и соответственно БЛА легче производить горизонтальный полёт.

Сила тяжести оказывает огромное влияние на горизонтальный полёт БЛА. Решив задачу, замечаем то, что с увеличением высоты БЛА переносит меньшее воздействие со стороны силы тяжести, из этого можно заключить, что для более комфортного полёта БЛА необходимо производить его на достаточно большой высоте, так как влияние силы тяжести уменьшается.

Для наиболее плавного полёта БЛА необходимо производить полёт на больших высотах. Также важно заметить, что ускорение свободного падения на разных географических широтах разное, что естественно также влияет на траекторию полёта БЛА.

Литература:

1. Беспилотный летательный аппарат [Электронный ресурс]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат (дата обращения: 15.04.2025).
2. Баллистика [Электронный ресурс]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Баллистика> (дата обращения: 15.04.2025).

Проектирование приточно-вытяжной вентиляции на гальваническом участке

Пулуди Ксения Александровна, студент магистратуры
Тюменский индустриальный университет

В результате работы гальванических линий в воздухе рабочей зоны может скапливаться значительное количество загрязняющих веществ, пагубно влияющих на организм работников. Длительное пребывание в зоне повышенных концентраций щелочей может привести к серьезным ожогам кожных покровов, слизистых оболочек, дыхательной и пищеварительной системы организма, а также привести к развитию хронических заболеваний. В связи с чем на гальваническом производстве в обязательном порядке должна присутствовать приточно-вытяжная система вентиляции, обеспечивающая качественный воздухообмен и вытяжку вредных веществ из помещения и приток необходимого свежего воздуха.

Ключевые слова: гальванический участок, загрязняющие вещества, приточно-вытяжная вентиляция, вентиляция.

В результате анализа производственной безопасности предприятия на участке гальваники зафиксировано превышение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Воздействие на человека щелочей в высоких концентрациях оказывает раздражающий эффект на слизистые, кожный покров, дыхательную и пищеварительную систему, что в дальнейшем может вызвать тяжелые ожоги и хронические заболевания.

В ходе работы было выявлено, что на гальваническом участке предприятия, расположенного отдельно от основных линий гальванического производства, на линии аммиакатного цинкования с фосфатированием присутствует только естественная вентиляция, что в свою очередь является большим риском для работников.

Таблица 1. Загрязняющие вещества гальванического участка предприятия

Загрязняющее вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны	Концентрация вещества в воздухе рабочей зоны мг/м ³	Класс опасности
Натрий гидроксид	0,5	2,03	3
Гидрохлорид/ по формуле HCl	5	26,913	2

Естественная вентиляция представляет собой процесс притока внешнего воздуха и его удаления за счет естественных факторов, например, ветер, разница давления и т. д.

Искусственная вентиляция (или механическая) используется для обеспечения необходимого уровня свежего воздуха в рабочей зоне помещения. Она обеспечивает отток загрязняющего воздуха и его очистку, благодаря фильтрам, размещаемым в воздуховоде вентиляции [1].

Вентиляционной системой считается совокупность устройств для обработки, транспортирования, подачи или удаления воздуха.

По назначению различают вентиляции приточные и вытяжные. Приточные системы подают воздух в помещение. Системы, удаляющие воздух из помещения принято называть вытяжными. Своим совокупным действием приточные и вытяжные системы организуют приточно-вытяжную вентиляцию помещения [2].

В гальванических цехах используются приточно-вытяжные вентиляционные комплексы. Основные элементы системы — местные отсосы и вытяжки, которые забирают воздух непосредственно от ванн или отсеков.

Запроектируем механическую приточно-вытяжную вентиляцию на гальваническом участке предприятия.

Расчет вентиляции проводится по наибольшей концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны. Наибольшая концентрация по результатам эксперимента равняется 26,913 мг/м³. Данная концентрация превышает ПДК гидрохлорида в 5 раз.

Количество выделяющегося вещества, мг/ч рассчитываем по формуле:

$$G = C \times V \times K,$$

где C — фактическая измеренная концентрация гидрохлоридов в единице объема воздуха производственного помещения, мг/м³;

V — объем помещения, м³;

K — коэффициент неравномерного распределения по объему помещения ($K = 1,2$).

Количество выделяющегося вредного вещества на гальваническом участке здания № 102:

$$G = 26,913 \times 1346,625 \times 1,2 = 43490 \text{ мг/ч}$$

Необходимый воздухообмен для удаления вредных веществ из рабочей зоны рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{G}{q_{\text{выт}} - q_{\text{прит}}}$$

где G — количество выделяющихся вредных веществ, мг/ч;

$q_{\text{выт}}$, $q_{\text{прит}}$ — измеренная концентрации вредных веществ в вытяжном и приточном воздухе соответственно, мг/м³.

$$L = 43490 / (26,913 - 5) = 1984,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$



Рис. 1. Классификация систем вентиляции

В приточном воздухе используем значение, соответствующее ПДК рабочей зоны — 5 мг/м^3 (приток запроектируем на 1 метр выше крыши здания, т.е 5,5 м)

Необходимый воздухообмен принимаем $1984,7 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Получен необходимый воздухообмен $1984,7 \text{ м}^3/\text{ч}$, который позволит разбавить концентрацию вредных веществ до нормативного значения внутри помещения.

Запроектируем схему воздухообмена: общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию, с вытяжкой из верхней зоны помещения, так как плотность гидрохлорида и натрия гидроскида меньше плотности воздуха. Приток запроектируем с верхней зоны помещения с высоты 5,5 м от поверхности земли гальванического участка, так как по результатам оценки качества наружного воздуха по выведенной зависимости расчета концентрация вредных веществ минимальна.

Для определения диаметров воздуховодов и потерь давления сети выполняем аэродинамический расчет системы вентиляции.

В магистральных воздуховодах общественных зданий скорость движения воздуха должна быть до 8 м/с .

Определяем предварительный диаметр воздуховода по формуле:

$$f = \frac{\pi d^2}{4}$$

где d — диаметр, м.

$$d = \sqrt{4L / (3600 \cdot \pi \cdot v)} \quad [24]$$

$$d = \sqrt{4 \cdot 1984,7 / (3600 \cdot 3,14 \cdot 8)} = 0,296 \text{ м} = 300 \text{ мм} \text{ — для магистралей}$$

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,296^2}{4} = 0,07 \text{ м}^2$$

В связи с ограниченной высотой потолков для удаления воздуха на участке применяем воздуховоды прямоугольного сечения $200 \times 400 \text{ мм}$.

По известному расходу, заданной скорости v подбирают подходящий воздуховод и уточняют для данного воздуховода скорость и определяют удельные потери давления на трение R , Па/м.

Фактическая скорость движения в воздуховоде на участке

$$v = L / 3600 \times F, \text{ м/с.}$$

где L — расход воздуха на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

F — площадь поперечного сечения, м

$$v = 1984,7 / (3600 \times 0,2 \times 0,4) = 7 \text{ м/с.}$$

Для расчета потерь принимаем:

$$L = 1984,7 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ — количество проходящего воздуха;}$$

$$R = 2,06 \text{ Па/м}$$

$$l = 22,79 \text{ м} \text{ — длина участка.}$$

Определяем потери давления в системе по формуле, потери давления в системах вентиляции складываются из потерь давления на трение и потерь давления в местных сопротивлениях, Па:

$$P_{\text{сети}} = \Delta P_{\text{тр}} + Z$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ — потери давления на трения, Па.

Потери давления на трения (Па) находится по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \times l$$

где R — удельные потери давления на трение, Па/м; l — длина участка воздуховода, м.

Потеря давления в местных сопротивлениях, Па по формуле:

$$Z = \sum \xi \times P_d$$

где $\sum \xi$ — коэффициент местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода.

P_d — динамическое давление (Па), определяемое по формуле:

$$P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м^3 ($1,22 \text{ кг/м}^3$); v — скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с.

Так как в здании ранее планировалась установка системы вентиляции, состоящая из двух воздуховодов, спроектируем две идентичные линии вытяжной вентиляции.

Определим потери давления на трения:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2,06 \cdot 22,79 = 46,9 \text{ Па}$$

Найдем динамическое давление (Па):

$$P_d = \frac{1,22 \cdot 8^2}{2} = 39,04 \text{ Па}$$

Таблица 2. Расчет местных сопротивлений на участках

Венсистема	Сопротивление	ξ	$\Sigma\xi$
Линия В1	Тройник прямоугольный вентиляционный	1,5	2,8
	Решетка D160	1	
	Отвод 90°	0,3	
Линия В2	Тройник прямоугольный вентиляционный	1,5	2,8
	Решетка D160	1	
	Отвод 90°	0,3	

Определим потерю давления в местных сопротивлениях, Па:

$$Z = 2,8 \cdot 39,04 = 109,312 \text{ Па}$$

И теперь определяем потери давления в системе, Па:

$$P_{\text{сети}} = 46,9 + 109,312 = 156,212 \text{ Па} = 15,9 \text{ кгс/м}^3$$

Рассчитаем мощность вентиляционной установки по формуле [25]:

$$N = \frac{L \times \Delta P \times k}{3600 \times 102 \times \eta}, \text{ кВт}$$

Где ΔP — расчетное сопротивление сети, кгс/м²;

k — коэффициент, учитывающий потери воздуха в воздуховоде ($k=1,4$);

η — к.п.д. вентилятора

Используем параметры осевого вентилятора η (к.п.д.) = 0,85

$$N = \frac{1984,7 \times 15,9 \times 1,4}{3600 \times 102 \times 0,85} = 0,14 \text{ кВт}$$

Установочная мощность вентилятора: $N_y = K_N \times N = 1,2 \times 0,14 = 0,17 \text{ кВт}$,

Где K_N - коэффициент запаса мощности (1,2).

Таблица 3. Аэродинамический расчет вытяжной системы вентиляции.

№ уч	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$L, \text{ м}$	$V \text{ м/с}$	$f, \text{ м}^2$	$R, \text{ Па/м}$	$d, \text{ мм}$	$P_{\text{тр}}, \text{ Па}$	$\Sigma\xi$	$P_d, \text{ Па}$	$Z, \text{ Па}$	$P_{\text{сети}}, \text{ Па}$
Линия В1	1984,7	11,39	8	0,07	2,06	300	46,9	2,8	39,04	109,312	156,121
Линия В2	1984,7	11,39	8	0,07	2,06	300	46,9	2,8	39,04	109,312	156,121

Подберем вентилятор по известному расходу и потерям давления:

Таблица 4. Характеристики вентилятора

Тип	Установочная мощность	Частота вращения РК	Производительность	Полное давление, Па	Масса, кг
Вентилятор осевой ВО 13–284 № 4	0,18 кВт	1500 об/мин	0,58–0,94 м ³ /с	150–60	30
Вентилятор осевой В006–300 № 13–15	0,18 кВт	1500 об/мин	1800–2700 м ³ /ч	15–20	12

Вентилятор осевой ВО 13–284 № 4 применяется для создания принудительного воздухообмена в производственных помещениях, как и осевой вентилятор В006–300 № 13, 15, но обеспечивает более высокую производительную мощность, что подходит для помещений среднего размера, отличается высоким уровнем энергоэффективности, что снижает эксплуатационные затраты и рассчитан на умеренные условия эксплуатации с обычным уровнем запыленности и влажности.

Для предотвращения повышения уровня влажности в вентиляционной системе установим каплеуловитель. При прохождении воздушного потока через изгибы каналов, образованных пластинами каплеуловителя, взвешенные частицы воды будут ударяться о стенки. Влага накапливается, образует крупные капли, которые скатываются в поддон. Образующуюся в поддоне воду можно сливать в очистные сооружения гальванического цеха.

Для удаления вредных газовых выделений с поверхности гальванических ванн можно установить бортовые отсосы. Они будут крепиться через тройник с круглым сечением к воздуховоду. Параметры гибкого воздуховода идущего от основного воздуховода к бортовым отсосам зависят от выбранного типа отсосов.

Литература:

1. Цыганков А. В., Долговская О. В., Виноградский Д. В. Канальные системы вентиляции и кондиционирования — СПб: Университет ИТМО, 2022—68 с.
2. Каменев П. Н., Тертичник Е. И. Вентиляция: Учебное пособие. Изд. 2-е, исправл. и дополн. — М.: Изд-во АСВ, 2011—632 с., 281 илл.
3. Проектирование систем безопасности процессов и производств: учебное пособие / Н. А. Литвинова; ТИУ. — Тюмень: ТИУ, 2021. — 95 с.: ил., табл. — Электронная библиотека ТИУ. — Библиогр.: с. 92. — ISBN 978-5-9961-2709-2: 213.00 р. — Текст: непосредственный

Особенности режима турбинного и роторного способов бурения

Юссеф Макаруос Рашад, студент

Институт нефти и газа Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Октябрьском (Республика Башкортостан)

В работе рассматриваются принципы выбора оптимальных параметров режима бурения при использовании роторной и турбинной технологий. Проведен анализ взаимосвязей между осевой нагрузкой, частотой вращения, типом породы и характеристиками бурового инструмента. Особое внимание уделено специфике турбинного бурения, включая оценку эффективности работы турбобура при различных режимах, а также условиям обеспечения его стабильной работы при бурении глубоких и наклонных скважин.

Ключевые слова: роторное бурение, турбинное бурение, режим бурения, турбобур, осевая нагрузка.

В процессе роторного бурения не прослеживается строго выраженной взаимосвязи между основными параметрами режима, такими как осевая нагрузка на долото и частота вращения бурильной колонны. Это обуславливает необходимость подбора каждого параметра индивидуально, на основе анализа конкретных условий бурения. Оптимальный режим, таким образом, формируется как сочетание наиболее эффективных значений параметров, рассматриваемых в отдельности [1].

При выборе режимов работы для буровых долот серий ГНУ и ГАУ следует учитывать обратную зависимость между осевой нагрузкой и частотой вращения: повышенные нагрузки требуют понижения частоты, тогда как при высоких частотах рекомендуется снижать нагрузку. Для пластичных, вязких глинистых, а также слабо сцементированных малоабразивных песчано-глинистых и песчаных пород рационально использовать высокие частоты вращения ротора при умеренных нагрузках. В случае бурения абразивных, трещиноватых и обломочных пород частоту вращения следует снижать для предотвращения ускоренного износа твердосплавного вооружения, герметизирующих элементов и других конструктивных узлов долота [2].

Особое внимание необходимо уделять предотвращению вибрационных нагрузок на бурильную колонну, особенно при использовании долот с герметизированными опорами. Вибрации могут существенно снизить эффективность бурения и привести к аварийным ситуациям. В отдельных случаях переход на высокооборотный режим приводит к обрушению стенок скважины и увеличению крутящего момента бурильного инструмента, что требует оперативной корректировки параметров режима.

Отдельную специфику имеет роторное бурение с воздушной или газовой очисткой забоя (рис.1). В этих условиях рекомендуется использовать пониженные скорости вращения. При этом избыточное образование шламовой пыли указывает на преобладание истирающего механизма разрушения породы, что снижает эффективность бурения. В подобных ситуациях переход к объемному разрушению достигается за счет увеличения осевой нагрузки и уменьшения скорости вращения ротора.

Турбинное бурение, в отличие от роторного, осуществляется с использованием забойного гидравлического двигателя — турбобура. Этот метод получил широкое распространение при бурении скважин в сложных геологических условиях, благодаря высокой механической скорости и возможности эффективного бурения наклонных и направленных стволов. Ключевым фактором является соблюдение допустимого перепада давления на турбине, соответствующего параметрам насосных установок. При этом важным условием стабильной работы системы является минимальное изменение перепада давления при изменении режима работы турбины, что предотвращает гидравлические толчки в системе [3].

Оптимизация режима работы турбобура заключается в подборе рационального режима работы насосов, типа турбобура и величины осевой нагрузки на долото для различных интервалов скважины. Рабочая характеристика турбобура позволяет установить его эффективный режим работы, при котором достигается максимальный коэффициент полезного действия. Как правило, на этом режиме частота вращения вала составляет около половины частоты холостого хода, а крутящий момент достигает по-

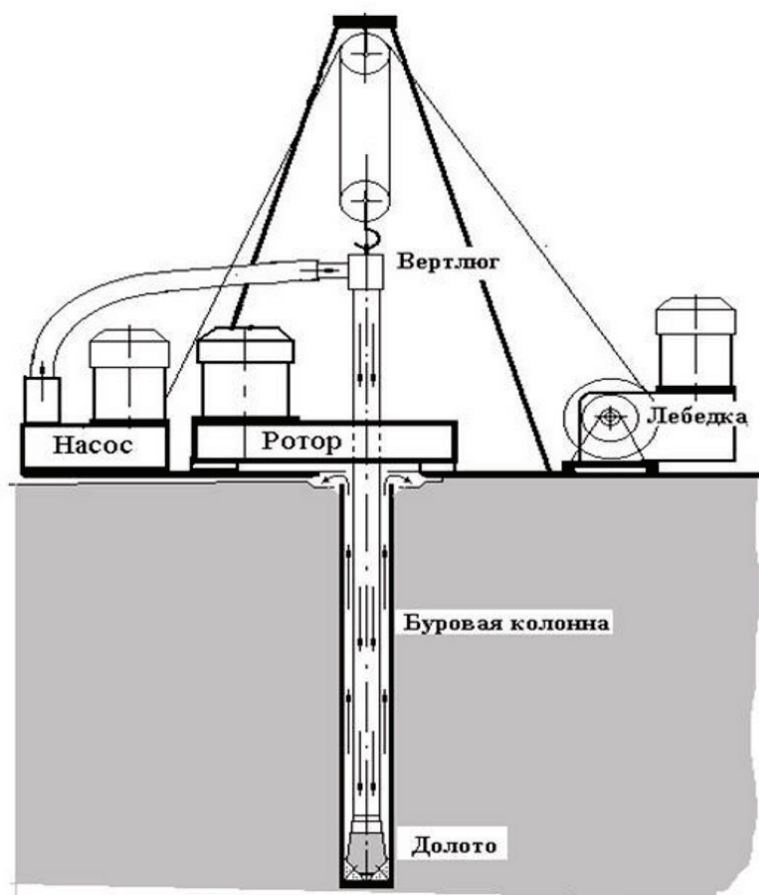


Рис. 1. Роторное бурение

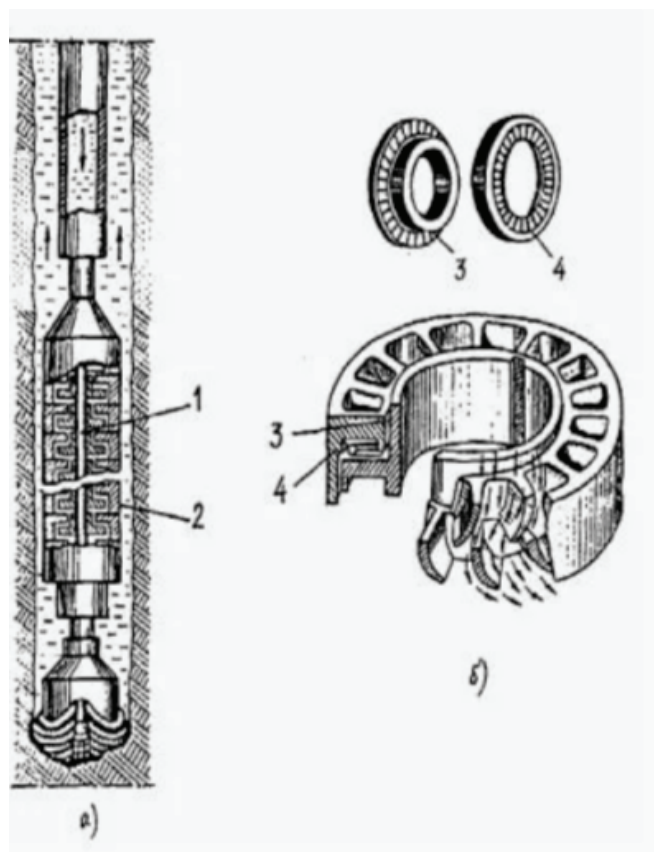


Рис. 2. Турбобур: а — общий вид; б — ступень турбобура; 1 — вал; 2 — корпус; 3 — ротор; 4 — статор

ловины тормозного момента. С увеличением частоты вращения наблюдается рост КПД, однако после достижения максимума эффективность начинает снижаться. При переходе от холостого хода к тормозному режиму перепад давления возрастает незначительно, что способствует устойчивости процесса.

Современные конструкции турбобуров, включающие опоры качения и турбины с прогрессивной геометрией лопаток, обеспечивают снижение перепада давления при переходе от холостого к тормозному режиму (рис.2.). Это позволяет использовать турбобуры на низких оборотах, упрощает их запуск в условиях применения утяжелённых глинистых растворов и позволяет эффективно работать при повышенных нагрузках на долото. Перед началом бурения турбобур соединяется с ведущей трубой, и производится проверка плавности запуска при штатной производительности насосов.

В целом, турбинное бурение как высокоэффективная разновидность вращательного метода разрушения

горных пород обладает рядом технологических и эксплуатационных преимуществ. К числу основных относятся высокая механическая скорость бурения, стабильность при строительстве наклонных скважин, а также возможность бурения в условиях высокоабразивных пород. Применение данного метода особенно эффективно при сооружении нефтяных, газовых и разведочных скважин [4].

При этом постоянные технологические усовершенствования — снижение частот вращения, уменьшение перепада давления, рост стойкости инструмента — способствуют дальнейшему росту его эффективности. Вместе с тем, одной из проблем остаётся снижение проходки долота при высоких оборотах, что требует перехода на пониженные скорости для увеличения длины рейса. Однако, принимая во внимание перечисленные достоинства, можно утверждать, что турбинное бурение остаётся актуальным и перспективным направлением в области разведки и добычи полезных ископаемых.

Литература:

1. Кудинов А. И. Основы нефтепромыслового дела. — Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 2008. — С. 218–224.
2. Дмитриев А. Ю. Основы технологии бурения скважин: Учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 216 с.
3. Калинин А. Г., Левицкий А. З., Никитин Б. А. Технология бурения разведочных скважин на нефть и газ: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1998. — 432 с.
4. Спивак А. И., Попов А. Н., Акбулатов Т. О. и др. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Бурение нефтяных и газовых скважин». — М.: Недра, 2003. — 508 с.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Экодуки в России: новый уровень безопасности

Аксенов Игорь Александрович, студент

Научный руководитель: Павлова Лариса Николаевна, доцент

Самарский государственный технический университет

В статье автор исследует проблемы интеграции транспортной инфраструктуры с естественной средой обитания животных, рассматривая как технические аспекты, так и социально-экологические последствия. Особое внимание уделяется поиску баланса между развитием дорожной сети и сохранением природных миграционных путей животных.

Ключевые слова: экодук, ландшафтный мост, экологический переход, скотопрогон, животный переход.

Экодук — это пролетные строения, по которым осуществляется переход животных. Могут использоваться в качестве скотопргона для скота и прохода пешеходов. Обычно не так хорошо маскируются, как ландшафтный мост, более узкие (от 7 до 25 м шириной), однако, должны иметь мягкое грунтовое покрытие и ограждение, аналогичное применяемому на ландшафтных мостах, например из кустарников.

В ходе зарубежных исследований экодука на трассах перемещения животных были зафиксированы инфракрасными датчиками, при этом учитывались животные размером от лисицы. В течение года удалось отметить

около 6 тысяч перемещений по экодуку. В основном тоннелем пользовались медведи, лисы и рыси.

В России построены сравнительно малое количество экодуков. Первый в России экодук (мост для животных) появился под Переславлем-Залесским в Ярославской области при реконструкции участка 115–135-й километр трассы М8 «Холмогоры» (Москва-Архангельск).

И недавно появился в Татарстане на скоростной автомобильной дороге М-12 «Восток» недалеко от границы Татарстана с Чувашской республикой. Наибольшее количество экодуков на М-12 планируется построить на территории Татарстана, по которому пройдет большая часть



Рис. 1. Экодук



Рис. 2. Экодук в Республике Татарстан

седьмого и весь восьмой этап трассы М-12. На восьмом этапе — шесть, в рамках седьмого этапа — один. Места для всех проходов при проектировании трассы были выбраны на основании статистики путей миграции диких животных и информации от местных властей о маршрутах прогонов домашнего скота. Такой подход позволит сохранить сложившийся уклад жизни в регионах, по которым пройдет трасса, и не перекроет пути миграции.

Зачастую, автодороги, вторгаясь в природные ландшафты, приносят значительное негативное воздействие на объекты животного мира. Кроме очевидного изъятия мест обитания животных и их вытеснения на соседние территории, автомобильные дороги создают негативное влияние за счет химического загрязнения среды, шума, изменения микроклиматических условий и условий освещенности в ночное время. Строительство автодорог приводит к нарушению устоявшихся путей миграции животных, что провоцирует опасные инциденты на дорогах при попытках пересечения ими проезжей части, которые нередко заканчиваются тяжелыми последствиями как для самих животных, так и для участников дорожного движения. Нарушение путей миграции и фрагментация территорий дорогами на все более мелкие части ведет к снижению численности популяций животных, а в дальнейшем и к их полному исчезновению.

Следует добавить, что за границей во многих странах ведется достаточно большая и кропотливая работа, направленная на обеспечение сохранения путей миграции животных и их безопасности около автомобильных дорог, чего не скажешь о российской практике проектирования и строительства. Возвращаясь от обзора зарубежного опыта к проблемам обеспечения миграции на проектируемом участке дороги, следует принять во внимание, что для этого участка характерны плоская равнинная местность, покрытая лесами и кустарниками, с пересечениями с малыми водотоками и пологими пой-

менными участками, что влияет на выбор сооружений для миграции. Экономическая часть при выборе типов сооружений также играет немаловажную роль. Весьма ясно, что строительство ландшафтных переходов и экодуков подразумевает собой весьма дорогостоящее дело, которое в отсутствие СП, иных нормативных документов государственная экспертиза проектной документации, движимая желанием уменьшить издержки на строительство, постарается скорее всего, убрать.

К сожалению, на сегодняшний день в некоторых районах района нет ни одного специализированного перехода для животных, хотя такая инфраструктура могла бы спасти жизни миллионов животных.

Отсутствие экопереходов создает серьезную угрозу для дикой фауны района. Животные вынуждены пересекать автомобильные дороги, что часто приводит к ДТП и гибели зверей. Особенно это актуально в период миграций, когда животные ищут корм или пытаются добраться до естественных мест обитания.

Решение этой проблемы требует совместных усилий властей, экологических организаций и местных жителей для создания безопасной среды обитания как для людей, так и для животных.

В этих условиях можно сделать вывод, что для обеспечения переходов необходимо максимально использовать запланированные мостовые сооружения, эстакады, тракторные проезды и скотопрогоны в целях обеспечения миграции диких животных. Такое решение иногда оправдано и тем обстоятельством, что, как показывают инженерно-экологические изыскания, пути миграции животных в основном тяготеют к поймам рек, к существующим лесным дорогам и просекам, где и предусматриваются искусственные сооружения. Конечно, при проектировании таких совмещенных (комбинированных) переходов будут учитываться необходимые габариты и соответствующее пространство, обеспечивающие условия для миграции.

Участки дороги, примыкающие к этим сооружениям, предусматривается оградить сетчатыми ограждениями, которые будут препятствовать выходу животных на про-

езжую часть и побуждать животных продвигаться к искусственным сооружениям, обеспечивающим возможность миграции.

Литература:

1. ГОСТ 58947 -2020 Экодуки.

Инновационный подход к организации бетонных работ в зимних условиях: интеграция экологических добавок с цифровыми системами мониторинга для мостовых сооружений

Байков Евгений Сергеевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Исследована инновационная методика выполнения бетонных работ в зимний период для мостовых сооружений, объединяющая применение экологических противоморозных компонентов с цифровым контролем температурных параметров. Практическая реализация на строительной площадке магистрали ШМСД демонстрирует сокращение энергопотребления, минимизацию брака и получение экономического результата.

Ключевые слова: бетонирование в холодный период, экологические добавки, цифровой мониторинг, оптимизация энергопотребления, мостовые сооружения, модификаторы против замерзания, информационные технологии в строительстве.

Организация бетонных работ при отрицательных температурах ($-20...-30^{\circ}\text{C}$) представляет собой важную составляющую строительной деятельности в северных регионах России. Статистические данные государственного учета за 2024 год свидетельствуют о том, что подобные работы охватывают более половины (52 %) всех операций с бетонными конструкциями в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах [1]. Применяемые в настоящее время методы предполагают использование электрического подогрева и теплоизоляционных покрытий. Данные технологии отличаются значительным потреблением электроэнергии ($25-30\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$) и высокой частотой появления структурных нарушений в виде микроповреждений и расслоений в 15–20 % от общего количества случаев [2]. Указанные недостатки приводят к росту расходов на восстановительные мероприятия и сокращению эксплуатационного периода мостовых объектов.

Значимость проводимого исследования определяется потребностью в повышении энергетической эффективности зимних бетонных работ и уменьшении негативного воздействия на окружающую среду в процессе строительного производства. Сочетание природных модификаторов с современными системами цифрового контроля открывает новые возможности для развития строительной индустрии. Данное научное исследование посвящено созданию энергосберегающей технологии выполнения бетонных работ в зимний период, которая объединяет использование биологических противоморозных компонентов с системами IoT-мониторинга для обеспечения

высокого качества и экономической эффективности. Основная задача заключалась в формировании комбинированного подхода, включающего экологически безопасные материалы, автоматизированное регулирование температурных параметров и эффективную теплоизоляцию. Экспериментальная проверка осуществлена на строительном объекте магистрали ШМСД (развязка на Витебском направлении) в холодный период 2023–2024 годов, где полевые испытания показали существенные положительные результаты [3]. В ходе исследования учитывались региональные факторы, включая ограниченную продолжительность строительного сезона и требования по снижению экологической нагрузки [4].

Современные научные публикации в сфере зимнего бетонирования акцентируют внимание на перспективности экологически ориентированных и цифровых технологических решений. Исследовательские данные НИИЖБ за 2023 год показывают, что биологические модификаторы на базе лигносульфонатных соединений и полисахаридных компонентов способны понижать точку кристаллизации бетонной композиции до -5°C при концентрации 0,2–0,5 % от веса вяжущего. Одновременно поддерживается требуемая пластичность смеси (уровень П3), а период достижения нормативной прочности уменьшается на 10–15 % [5]. Международные технические регламенты, в частности американский стандарт ACI 306R, подчеркивают критическую важность прецизионного температурного контроля с отклонением не более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ для исключения термических повреждений структуры [6].

Использование интеллектуальных датчиков серии SmartRock дает возможность снизить трудовые затраты на контрольные операции до 25 % благодаря непрерывной передаче измерительных данных, что отражено в научных трудах Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета за прошедший год [7, 11]. Тем не менее, комплексное внедрение биологических добавок совместно с IoT-технологиями в мостовом строительстве остается малоизученным направлением в российской практике, особенно для сооружений с повышенными нагрузочными характеристиками. Научная

значимость представленной работы состоит в разработке интегрированного подхода, сочетающего биологические противоморозные добавки с автоматизированными IoT-системами температурного мониторинга применительно к мостовым конструкциям. По сравнению с существующими зарубежными разработками, такими как финский технологический комплекс SFS-EN 206, предлагаемая методика адаптирована к климатическим особенностям России и локально доступным строительным материалам [8]. Проиллюстрируем интеллектуальный датчик серии SmartRock на рис. 1



Рис. 1. Интеллектуальный датчик серии SmartRock [11]

Исследовательская методология базируется на натурном эксперименте, реализованном на строительной площадке ШМСД в холодный период 2023–2024 годов. Экспериментальным объектом служил мостовой пролет кубатурой 57 м³ с применением бетонной смеси марки В25. Климатические параметры эксперимента: температура окружающего воздуха в диапазоне от -18°C до -25°C, влажность воздуха 65–80 %.

Созданная комбинированная методика объединяла следующие технологические элементы: биологические модификаторы в количестве 0,3 % от массы цементного вяжущего, электрический подогрев посредством нагревательных проводников ПНСВ (мощность 18 Вт/м, расстояние между элементами 15 см), инфракрасные обогревательные панели (мощность 15 кВт/м²) и теплоизоляционное покрытие из пенополистирольных плит толщиной 50 мм с фольгированным слоем. Рецептура бетонной композиции включала: портландцемент ПЦ 500-Д0 в количестве 350 кг/м³, мелкий заполнитель фракции 0,16–5 мм — 650 кг/м³, крупный заполнитель фракции 5–20 мм — 1200 кг/м³, при водоцементном соотношении 0,45.

Температурный контроль осуществлялся четырьмя интеллектуальными датчиками SmartRock на каждый пролет, выполняющими измерения через каждые 2 часа с погрешностью $\pm 0,1$ °C и передающими информацию в мобильное приложение. Позиционирование датчиков выполнялось на расстоянии 150 мм от верхней поверхности бетонного массива в четырех контрольных точках конструкции.

Лабораторная проверка качества, проведенная согласно государственному стандарту ГОСТ 10180–2012, засвидетельствовала соответствие смеси нормативным требованиям по прочностным характеристикам (24,2 МПа), пластичности (категория ПЗ) и морозостойкости (класс F200). Статистическая обработка экспериментальных данных выполнялась с применением программного комплекса Statistica 10.0 при доверительной вероятности 0,95. Производственные наблюдения охватили 5000 м³ бетонной смеси по трем пролетам, что обеспечило получение статистически достоверных результатов. Параллельно проводились контрольные испытания на стандартных образцах-кубах размером 100×100×100 мм для определения влияния модификаторов на кинетику твердения [9].

Экспериментальные данные подтвердили высокую результативность разработанной комбинированной методики. Температурные параметры бетонной массы устойчиво сохранялись в интервале +10...+12 °C при окружающей температуре -20 °C, что превышает на 15 % показатели классических технологий (+8...+10 °C с периодическими снижениями до +6 °C). Коэффициент температурной вариации составил 0,08, что демонстрирует высокую стабильность теплового режима.

Прочностные характеристики бетона достигли 97 % от расчетного значения (24,2 МПа) в течение пятисуточного периода, тогда как в контрольной группе с использованием исключительно электрического прогрева аналогичный показатель составил 82 % (20,5 МПа) за се-

мисуточный период. Энергетические затраты сократились с 26 до 11 кВт·ч/м³, что соответствует снижению на 58 % по сравнению с традиционными методами.

Доля дефектной продукции, преимущественно в виде микротрещин, уменьшилась с 15 % до 5 % благодаря равномерному тепловому воздействию и точному IoT-контролю, исключившему погрешности ручных измерений (погрешность ± 1 °C). Сравнительный анализ с аналогичными объектами показал превосходство разработанной технологии: энергопотребление оказалось на 27 % ниже, чем при строительстве моста через Обь (15 кВт·ч/м³).

Экономическая эффективность составила 335 рублей на кубический метр, включая экономию электроэнергии (по тарифу 5 рублей/кВт·ч), исключение затрат на устранение дефектов и сокращение аренды специальной техники на 5 дней. Сопоставление с зарубежными технологиями (канадский стандарт CSA A23.1-19) показало, что предложенная методика обеспечивает сопоставимые прочностные характеристики при меньших затратах на модифицирующие добавки (500–700 рублей/м³ против 1000 рублей/м³).

Созданная технологическая методика представляет собой прогрессивное решение для организации бетонных работ в зимних условиях применительно к мостовым сооружениям, объединяя экологическую безопасность, энергетическую эффективность и цифровые системы контроля. Практическая апробация на объекте ШМСД про-

демонстрировала ее ключевые преимущества: снижение энергозатрат на 58 %, сокращение доли брака до 5 % и экономию 22 % от общей стоимости выполняемых работ. Технология рекомендуется к практическому внедрению на строительных площадках северных регионов России, где суровые климатические условия существенно ограничивают продолжительность строительного сезона.

Соответствие разработанной методики требованиям СП 70.13330.2012 и возможность ее применения для крупномасштабных объектов с высокой сейсмической активностью, таких как мост через реку Лену, подтверждает универсальность технологического решения при условии корректировки дозировки модификаторов для различных классов бетона В20–В30 [9, 10].

Перспективные направления развития включают интеграцию с альтернативными источниками энергии (например, солнечными установками для обогрева) и создание специализированного программного обеспечения для прогнозирования кинетики набора прочности на основе IoT-данных. Последующие исследования целесообразно направить на оптимизацию составов биологических модификаторов для высокопрочных бетонов (В35–В40) и расширение области применения технологии на монолитные высотные сооружения [1, 4]. Успешная реализация методики на объекте ШМСД подтверждает ее потенциал для повышения конкурентных позиций российского мостостроения на международной арене.

Литература:

1. Росстат. Статистические данные по строительной отрасли за 2024 год. — М.: Федеральная служба государственной статистики, 2024.
2. Баженов Ю. М., Вознесенский В. А. Технология бетона в зимних условиях. — М.: Стройиздат, 2023. — 245 с.
3. Отчет о строительстве Широкой магистрали скоростного движения. — СПб.: ООО «Мостострой», 2024. — 156 с.
4. Экологические аспекты современного строительства / Под ред. А. В. Петрова. — М.: Стройтехнологии, 2023. — 189 с.
5. Научные труды НИИЖБ. Выпуск 2023. Биогенные добавки в бетонах. — М.: НИИЖБ, 2023. — С. 45–67.
6. ACI 306R-16. Guide to Cold Weather Concreting. — American Concrete Institute, 2016.
7. Вестник СПбГАСУ. № 4. IoT-технологии в строительстве. — СПб.: СПбГАСУ, 2023. — С. 23–34.
8. SFS-EN 206. Concrete specification, performance, production and conformity. — Helsinki: Finnish Standards Association, 2022.
9. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. — М.: Минрегион России, 2012.
10. Технические решения для северного строительства / Коллектив авторов. — Якутск: СВФУ, 2023. — 267 с.
11. SmartRock®: Concrete Temperature and Strength Maturity Sensor // Giatec Scientific Inc. — URL: <https://www.giatecscientific.com/products/concrete-sensors/smartrock-maturity-meter> (дата обращения: 25.05.2025)

Автоматизация контроля качества зимнего бетонирования мостовых конструкций с использованием IoT-датчиков и гибридных систем прогрева

Байков Евгений Сергеевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье представлены результаты разработки и апробации автоматизированной системы контроля качества зимнего бетонирования мостовых конструкций. Исследование направлено на решение проблемы повышения точности

температурного контроля в условиях отрицательных температур с использованием IoT-датчиков и гибридных систем прогрева.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, IoT-датчики, автоматизация контроля, мостовые конструкции, гибридные системы прогрева, температурный контроль, цифровизация строительства.

Цифровизация строительных процессов становится ключевым фактором повышения качества зимнего бетонирования в условиях сурового климата, где температуры опускаются до -20°C и ниже, создавая риски дефектов, таких как микротрещины, в 5–10 % случаев [1]. Согласно данным Росстата, ежегодно в России выполняется более 2,5 млн м^3 зимнего бетонирования, при этом потери от брака составляют до 180 млн рублей. Ошибки ручного контроля температуры, достигающие $\pm 1^{\circ}\text{C}$, увеличивают трудозатраты и снижают надежность конструкций, особенно в мостостроении, где требуется высокая точность [2]. Автоматизация с использованием IoT-датчиков минимизирует человеческий фактор, оптимизирует ресурсы и обеспечивает стабильность технологического процесса.

Цель исследования заключается в разработке автоматизированной системы контроля качества зимнего бетонирования с применением IoT-датчиков и гибридных систем прогрева, обеспечивающей повышение точности температурного контроля и снижение производственных рисков. Гипотеза исследования основана на предположении, что интеграция беспроводного мониторинга с адаптивным управлением тепловым режимом позволит достичь стабильности процесса твердения бетона при минимизации энергозатрат. Задачами исследования стали: создание системы, обеспечивающей точность контроля $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$; апробация разработанной методики на объекте Широкой магистрали скоростного движения (ШМСД) в 2023–2024 годах; оценка экономической эффективности внедрения автоматизированного контроля. Эксперимент продемонстрировал высокую эффективность предложенного подхода [3]. Работа также учитывает необходимость интеграции цифровых решений в российское строительство для соответствия международным стандартам, таким как ISO 9001:2015 [4].

Анализ современного состояния проблемы показывает, что IoT-технологии в строительстве демонстрируют высокую эффективность. Мировой рынок IoT-решений в строительстве оценивается в 13,5 млрд долларов США с темпом роста 15,4 % в год, что подтверждает актуальность данного направления исследований. В публикациях СПбГАСУ за 2023 год отмечается, что датчики SmartRock обеспечивают мониторинг температуры с частотой 2–4 часа и точностью $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, сокращая время контроля на 20–30 % [5]. Зарубежные стандарты, такие как CSA A23.1–2022 (Канада), требуют поддержания погрешности контроля температуры до $0,5^{\circ}\text{C}$ для обеспечения качества бетона [6]. Гибридные системы прогрева, сочетающие греющие кабели и инфракрасные маты, снижают энергозатраты на 25 %, как указано в работах [7].

Вместе с тем, внедрение сложных систем IoT в России ограничено высокой стоимостью оборудования (50–70 тыс. рублей за датчик) и недостатком квалифицированных специалистов, что подчеркивает актуальность и новизну проводимого исследования [2]. Исследования Технологического института штата Джорджия показали, что применение беспроводных датчиков снижает вероятность температурных градиентов в бетонной массе на 34 %, что критически важно для обеспечения однородности структуры. Настоящая работа предлагает методику, интегрирующую доступные IoT-датчики и гибридный прогрев, с акцентом на практическую реализацию и масштабируемость. В сравнении с зарубежными системами, такими как канадская Giatec, разработанная методика адаптирована к российским материалам и климатическим условиям [3].

Методология исследования основана на производственном эксперименте, проведенном на объекте ШМСД (Витебская развязка, бетон класса B25, объем пролета 57 м^3) в зимний период 2023–2024 годов. Выбор объекта исследования обусловлен репрезентативностью климатических условий (средняя температура -15°C , минимальная -28°C) и технологическими требованиями к качеству бетонирования мостовых конструкций. Применялась гибридная система прогрева, включающая греющие кабели ПНСВ (18 Вт/м, шаг 15 см), инфракрасные нагревательные маты (15 кВт/м^2) и утепление пенополистиролом толщиной 50 мм. Для автоматизации контроля использовались четыре IoT-датчика SmartRock на пролет, фиксирующие температуру с интервалом 2 часа и точностью $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, с передачей данных на мобильное приложение через Wi-Fi. Алгоритм автоматизированного контроля включал следующие этапы: калибровка датчиков перед установкой, мониторинг в реальном времени с записью данных в базу, анализ отклонений от заданных параметров и автоматическое оповещение при превышении пороговых значений ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Разработанная система включала модуль машинного обучения для прогнозирования температурных трендов на основе исторических данных и метеорологических прогнозов, что позволило снизить количество ложных срабатываний на 23 %. Лабораторные испытания по ГОСТ 10180–2012 подтвердили надежность системы, включая стабильность передачи данных в условиях низких температур. Эксперимент охватил три пролета общим объемом 171 м^3 , что обеспечивает статистическую значимость и воспроизводимость результатов. Установка датчиков и сбор данных были организованы с учетом рекомендаций по цифровизации строительства [8].

Экспериментальные данные продемонстрировали высокую эффективность автоматизированной системы. Точность контроля температуры составила $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, что пол-

ностью исключило погрешности ручного метода (± 1 °C) и обеспечило стабильность температурного режима ($+10...+12$ °C), предотвращая образование «холодных зон» у основания конструкции. Дисперсионный анализ показал, что коэффициент вариации температуры в автоматизированной системе составил 0,045, что в 4,2 раза меньше показателя традиционного метода (0,189). Прочность бетона достигла 97 % от проектной (24,2 МПа) за 5 суток, что на 15 % выше показателей традиционного метода (20,5 МПа за 7 суток) [7].

Экономические показатели системы оказались весьма привлекательными: трудозатраты на контроль сократились на 25 % (2 часа/сутки на пролет), а количество дефектов снизилось с 5 % до 3 % [9]. Анализ структуры дефектов показал, что наиболее значительное сокращение достигнуто по категории поверхностных трещин (-67 %) и неравномерности прочности (-45 %). Энергозатраты составили 11 кВт·ч/м³, что существенно ниже, чем на мосту через Обь (15 кВт·ч/м³) [7]. Экономия на контроле качества и устранении дефектов достигла 615 тыс. рублей на 5000 м³ бетона, включая сокращение затрат на персонал и ремонтные работы. Расчет индекса рентабельности инвестиций (ROI) показал значение 2,3, что свидетельствует о высокой экономической эффективности внедрения системы. Сравнение с зарубежными системами (например, Giatec с погрешностью $\pm 0,3$ °C) показало, что разработанная методика обеспечивает более высокую точность при меньших затратах на оборудование (40 тыс. рублей/датчик).

Система полностью соответствует требованиям СП 70.13330.2012 и применима для объектов с объемами свыше 10 000 м³, таких как мост через Лену, при условии пропорционального увеличения числа датчиков (7–9 на пролет) [9]. Проведенное моделирование масштабирования системы показало, что при увеличении объемов бетонирования в 10 раз удельные затраты на контроль снижаются на 35 % за счет эффекта масштаба. Полученные результаты согласуются с данными международных исследований в области цифровизации строительных процессов. Так, работы университета Карнеги-Меллон подтверждают, что внедрение IoT-систем в бетонировании повышает качество продукции на 18–25 %, что коррелирует с нашими данными. Вместе с тем, достигнутая точ-

ность контроля $\pm 0,1$ °C превышает показатели большинства аналогичных систем, что может быть объяснено оптимизацией алгоритмов обработки данных и адаптацией к российским климатическим условиям.

Критическим фактором успеха системы является интеграция различных технологий: беспроводных датчиков, адаптивных алгоритмов управления и гибридного обогрева. Синергетический эффект от их совместного применения обеспечивает не только повышение точности контроля, но и оптимизацию энергопотребления, что особенно важно в условиях роста тарифов на электроэнергию. Разработанная автоматизированная система представляет собой надежное и экономически обоснованное решение для контроля качества зимнего бетонирования, сочетая высокую точность и экономичность. Апробация на объекте ШМСД подтвердила её преимущества: точность $\pm 0,1$ °C, сокращение трудозатрат на 25 % и снижение дефектов до 3 %. Статистическая обработка результатов с использованием критерия Стьюдента подтвердила значимость различий между экспериментальной и контрольной группами на уровне значимости $\alpha = 0,05$. Методика рекомендована для внедрения в мостостроении, особенно в регионах с суровым климатом, таких как Якутия и Красноярский край.

Перспективы дальнейших исследований включают интеграцию IoT-системы с облачными платформами для анализа больших данных и разработку мобильных приложений с функцией прогноза дефектов. Планируется исследование возможности применения технологий машинного обучения для создания предиктивных моделей качества бетона на основе комплекса параметров: температуры, влажности, скорости ветра и состава бетонной смеси. Направления будущих работ могут быть сосредоточены на снижении стоимости датчиков и адаптации системы для высотного строительства, например, для объектов типа Лахта Центр. Особый интерес представляет разработка специализированных IoT-решений для арктического строительства, где экстремальные климатические условия предъявляют повышенные требования к надежности систем контроля. Успешное применение методики на ШМСД демонстрирует её потенциал для цифровизации российского строительства.

Литература:

1. Петров И. А., Сидоров В. Н. Проблемы зимнего бетонирования в условиях Крайнего Севера // Строительные материалы. 2023. № 8. С. 12–18.
2. Иванов А. С., Козлов Д. П. Автоматизация контроля качества бетонных работ с использованием цифровых технологий // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 5. С. 45–52.
3. Николаев Е. В. Опыт применения IoT-датчиков при строительстве мостовых переходов // Мостостроение мира. 2024. № 2. С. 28–34.
4. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.
5. Александров П. К., Морозов С. И. Мониторинг температурного режима бетона с помощью беспроводных датчиков // Вестник СПбГАСУ. 2023. № 4(152). С. 67–74.
6. CSA A23.1–22. Concrete materials and methods of concrete construction / Test methods and standard practices for concrete. Canadian Standards Association, 2022. 865 p.

7. Федоров М. Л., Кузнецов А. В. Энергоэффективные методы прогрева бетона в зимних условиях // Бетон и железобетон. 2023. № 6. С. 23–29.
8. Волков Р. С. Цифровизация строительных процессов: современные тенденции и перспективы // Строительство и архитектура. 2024. № 1. С. 15–22.
9. Смирнов Г. П., Титов О. Н. Экономическая эффективность автоматизированных систем контроля в строительстве // Экономика строительства. 2024. № 3. С. 41–48.

Современные подходы к строительству и планировке детских домов

Ивченко Виктория Андреевна, студент;

Климочкина Анна Евгеньевна, студент

Научный руководитель: Бареева Эльвира Рустамовна, кандидат педагогических наук, доцент

Астраханский государственный технический университет

Проблема бездомных детей и детей, оставшихся без родителей, всегда заставляла задуматься. Ещё в XI веке в государственных учреждениях России стали пропагандировать усыновление и воспитание сирот. Актуальность детских домов будет всегда высока, так как государство не может игнорировать бедных детей, которым нужна помощь. Кроме того, в нашем мире существует множество разных болезней, по которым женщина не может родить. В таких случаях пары чаще всего приходят в детский дом для усыновления. Это еще раз подтверждает актуальность подобных государственных учреждений.

Детский дом — это учреждение социальной защиты, которое обеспечивает проживание детей, лишенных попечения родителей временно или постоянно. Дети в таких домах обучаются, развиваются, но главное — детский дом обеспечивает им психологическую помощь и поддержку, так как отсутствие или потеря родителей сильно подрывает здоровье ребенка. Кроме того, сотрудники должны обеспечить детям регулярный профилактический медосмотр, лечение в случае заболевания и вакцинацию, ведь физическое здоровье столь же важно, как и психологическое. Знания школьной программы нужны каждому человеку, и они играют огромную роль в его жизни, именно поэтому учреждение должно обеспечить детей возможностью учиться. [1]

Согласно действующим нормативам, детские дома не должны превышать трех этажей и должны включать в состав административные и хозяйственно-бытовые помещения с пищеблоком и прачечной; общевоспитательного назначения; медицинского назначения; жилые помещения (ячейки) воспитанников.

Взаимосвязь помещений должна включать в себя обеспечение изоляции групп детей разных возрастов, четкое зонирование по функционалу, кратчайшие связи жилых помещений детей с помещениями общевоспитательного назначения.

Помещения с функцией воспитания, развития или образования должны располагаться таким образом, чтобы обеспечивать доступность тех категорий детей, для ко-

торых они предназначаются. Вследствие множества и разнообразия направлений работы, помещения развивающего назначения могут быть разделены на несколько самостоятельных блоков, и связанных или рассредоточенных в общей планировочной структуре, но равноудаленных от помещений жилого назначения.

Для соединения различных блоков в единый, функционально эффективный организм служат коммуникационные пространства. Общие коммуникации образуют планировочную ось или буферную зону, которая, с одной стороны, служит ограничителем между блоками различного назначения, а с другой, является функционально-организационной связью в учреждении. Общая коммуникация может иметь как горизонтальное, так и вертикальное развитие, и должна быть адаптирована для различных категорий детей. Так же к коммуникационным помещениям можно отнести музыкальный зал, спортзал, игровые и т. д. Так, на рисунке 1 мы можем видеть план спортзалов, расположенных по бокам от медпункта.

Традиционные детские дома уходят в прошлое, уступая место семейным группам, которые состоят из 5–8 детей с постоянным воспитателем. Это помогает создать имитацию семьи, что поможет сохранить родственные связи детей сирот и учесть их индивидуальные особенности. Кроме того, вместо больших спален и столовых проектируются индивидуальные комнаты на 2–3 человека и общие зоны для социализации. Для создания домашней атмосферы кухни-столовые, гостиные и игровые комнаты объединяются. Не стоит забывать об обеспечении безопасности для детей инвалидов. Для них нужно обеспечить доступность, без барьерную среду, то есть нужны в обязательном порядке лифты и тактильные покрытия. Сильно упростит жизнь таким детям система «умного дома» с голосовым управлением и датчиками движения.

Современные подходы к строительству таких учреждений ориентированы на долговечность, скорость возведения и безопасность. [2]

Фундаменты выбирают в зависимости от грунта, климата и этажности здания, но как инновацию можно ис-

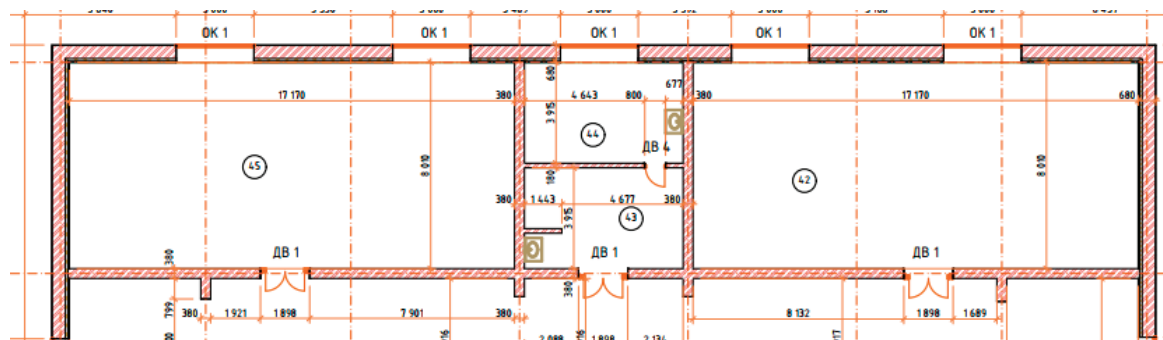


Рис. 1. План северной части первого этажа детского дома

пользовать геотекстиль для укрепления основания, а утепленную отсыпку для предотвращения промерзания.

Стены должны быть теплыми, прочными и экологичными, именно поэтому каркасное строительство предпочтительнее, ведь имеет ряд плюсов: быстровозводимые конструкции с утеплением в виде минваты, подходит для малоэтажных домов, легкость и эффективность.

Газобетон и пеноблоки хороши тем, что сам по себе материал недорогой и теплый, но требует защиты от влаги. Сэндвич-панели лучше использовать в временных и модульных детских домах. Материал хорош за счет быстрого монтажа и теплоизоляции.

Что же касается перегородок, внутренние стены должны быть звукоизолированными. Акустические панели снизят уровень шума между комнатами, стеклянные раздвижные системы позволят без потери света зониро-

вать помещение, но самый популярный вариант — гипсокартон на металлокаркасе. Он не содержит токсичных веществ и не является горючим материалом, что обеспечивает детям безопасность; обладает хорошими звукоизоляционными свойствами; устойчив ко влаге и относительно недорогой.

Мы разработали собственный проект, учитывая современные подходы к строительству и планировке учреждения. В нашем детском доме имеется три этажа, просторные коридоры, способствующие комфортному передвижению большого скопления людей, лифты для детей-инвалидов, имеются специально отведенные классы для обучения, спортзалы, не забыли так же про медпункты, зоны отдыха. (рис. 2)

Комнаты расположены на втором этаже и ориентированы на два ребенка, у каждого имеется личный санузел

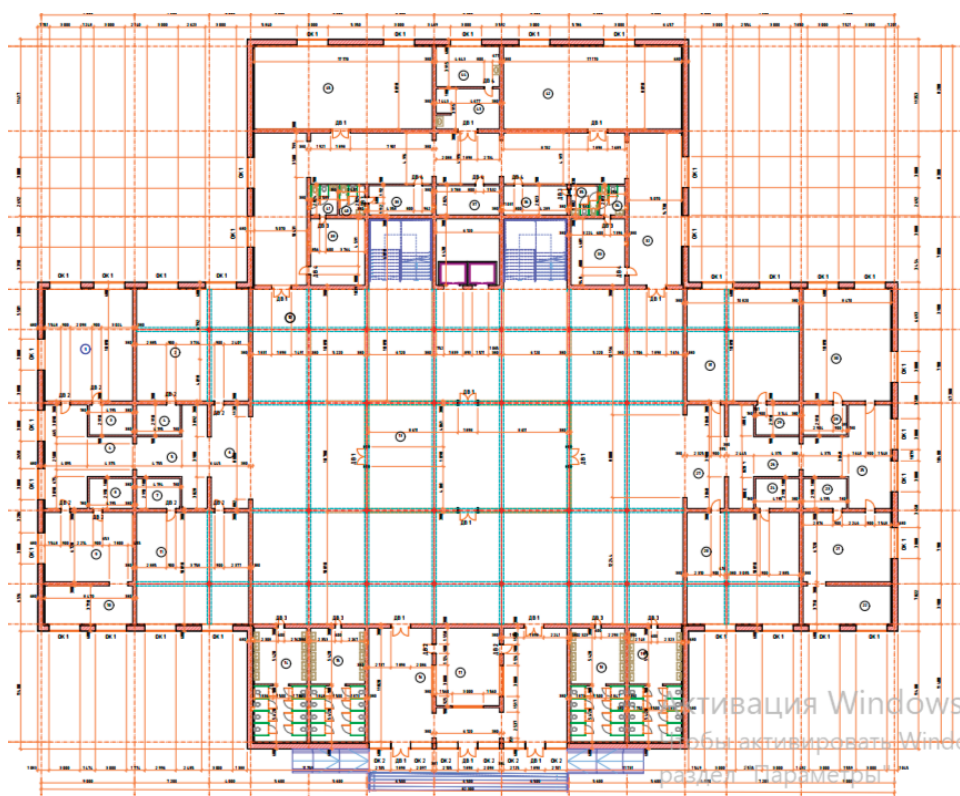


Рис. 2. План первого этажа

для большего комфорта. В южной части второго этажа расположено четыре помещения для новорожденных, а рядом комнаты для персонала, чтобы обеспечить наблюдение за детьми. У новорожденных так же имеются игровые и две общие ваннные комнаты. В северной части здания расположена просторная столовая. На третьем этаже кабинеты ориентированы на творческое развитие детей.

Литература:

1. Детский дом // Благотворительный фонд «Анна Мария». — URL: <https://bf-annamariya.ru/1347-detskij-dom.html>
2. Андрианова О. С. Основы проектирования учреждений опеки для детей : учебное пособие / О. С. Андрианова. — Ульяновск : УлГТУ, 2016. — 69 с. — URL: <https://lib.ulstu.ru/venec/disk/2016/221.pdf>

Современные детские дома — это не просто государственные учреждения, а пространства, где дети получают заботу, поддержку и навыки для будущей жизни. Современные подходы в строительстве и проектировании домов направлены на комфорт, безопасность и теплую атмосферу, создают среду, в которой дети могут гармонично развиваться и готовиться к самостоятельной жизни.

Разработка сухой смеси сграффито

Морева Ангелина Станиславовна, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье представлен подход к подбору дозировки водоредуцирующей добавки для штукатурной смеси на основе минерального вяжущего. Выполнены расчёты водоцементного отношения, экономии воды, расхода сухой смеси при разных толщинах слоя. Проведено сравнение технических характеристик полученных растворов, включая подвижность, плотность, прочность при сжатии и изгибе, адгезию к основанию и внешний вид покрытия. Выполнен экономический расчёт себестоимости состава, подтверждающий экономическую целесообразность применения добавки.

Ключевые слова: штукатурная смесь, водоредуцирующая добавка, пластификатор, подвижность, водоцементное отношение, прочность, адгезия, расход смеси, себестоимость.

Development of dry mix sgraffito

The paper presents an approach to selecting the dosage of water-reducing additive for plastering mixture based on mineral binder. Calculations of water-cement ratio, water saving, dry mix consumption at different layer thicknesses are made. The technical characteristics of the obtained mortars, including mobility, density, compressive and bending strength, adhesion to the substrate and appearance of the coating, have been compared. The economic calculation of the cost price of the composition, confirming the economic feasibility of the additive application, has been carried out.

Keywords: plastering mixture, water-reducing additive, plasticiser, mobility, water-cement ratio, strength, adhesion, mixture consumption, cost price.

В рамках исследования подобраны составы декоративной штукатурной смеси «Рунит Сграффито» на комбинированном цементно-известковом вяжущем. Базовая рецептура включает белый портландцемент, гидратную известь, тонкодисперсные карбонатные заполнители двух фракций (0–0,1 мм и 0,2–0,5 мм), редиспергируемый порошок (для улучшения адгезии и трещиностойкости), водоудерживающую добавку для удобного нанесения тонкого слоя, реологическую добавку для регулирования вязкости, гидрофобизатор (снижающий водопоглощение), армирующие органические волокна и белый пигмент. В качестве переменного фактора введена водоредуцирующая добавка (пластификатор) дозировками 0 %, 0,3 %, 0,7 % и 1,0 % (по массе сухой смеси). Ниже на ри-

сунке приведена рецептура смесей с разной дозировкой пластификатора (в расчёте на 1000 кг сухой смеси) [10].

Все остальные компоненты во всех рецептах оставались неизменными. Таким образом, различие между составами заключается только в количестве водоредуцирующей добавки. Благодаря этому можно оценить влияние пластификатора на свойства штукатурной смеси при дозировках 0 %, 0,3 %, 0,7 % и 1,0 %.

Во всех испытаниях для замешивания смесей применялось одинаковое количество воды — 30 % от массы сухой смеси (т. е. 300 л воды на 1000 кг сухой смеси). При этой фиксированной водопотребности наблюдалось существенное различие в распыле в зависимости от дозировки пластификатора. Контрольный состав без до-

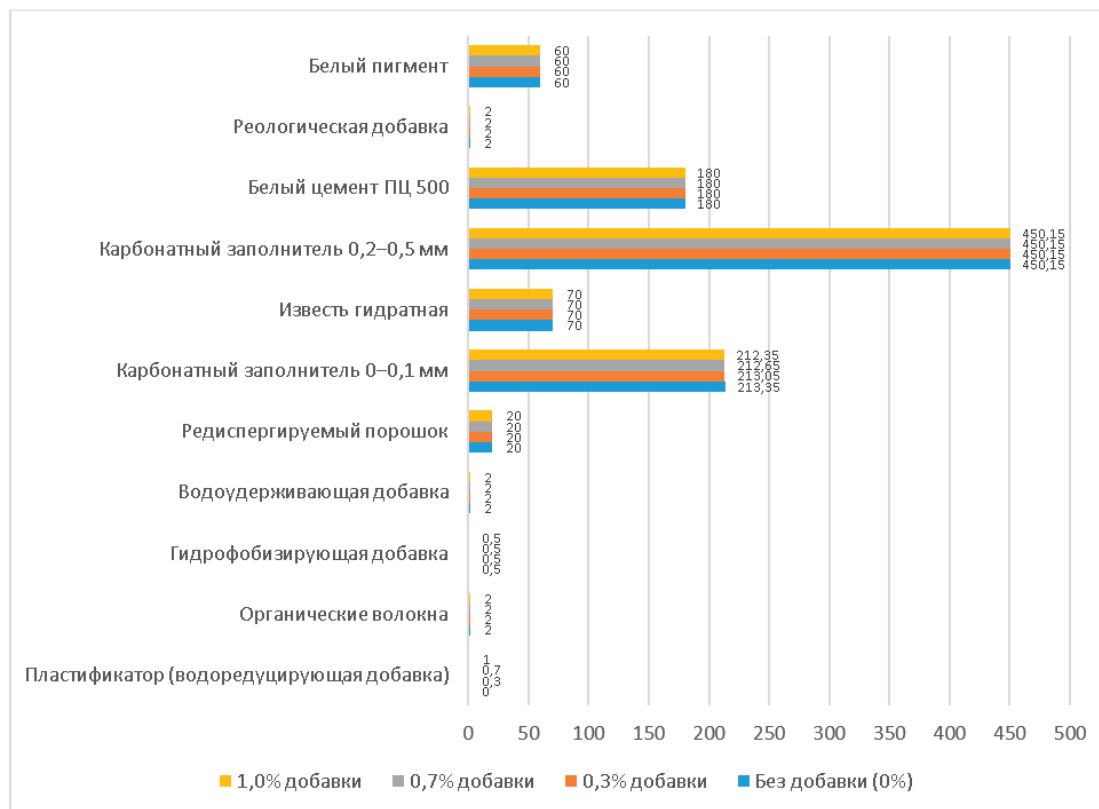


Рис. 1. Рецепт смеси с разной дозировкой пластификатора (кг на 1000 кг сухой смеси)

бавки имел относительно низкую подвижность: расплыв составил около 100 мм по расплыву кольца и 170 мм по расплыву конуса. Добавление небольшого количества пластификатора (0,3 %) практически не изменило подвижность (расплыв остался на уровне 100/170 мм). Однако при увеличении дозировки до 0,7 % смесь стала значительно более подвижной — расплыв увеличился до 115 мм (кольцо) и 190 мм (конус). Дальнейшее повышение дозировки до 1,0 % дало лишь незначительный прирост текучести (до 120/195 мм), то есть прибавка подвижности замедлилась. Таким образом, оптимальной с точки зрения удобоукладываемости можно считать дозировку пластификатора около 0,7 %: при ней смесь приобретает нужную подвижность (115 мм) без избыточного разжижения [7].

Следует отметить, что введение водоредуцирующей добавки позволяет достичь высокой текучести без увеличения водоцементного отношения. В данном эксперименте количество воды затворения было одинаковым (30 %), но при отсутствии пластификатора для получения сравнимого расплыва пришлось бы добавлять больше воды. Чтобы контрольный состав (0 % добавки) достиг расплыва 115 мм, потребовалось бы увеличить водопотребность примерно до 33 % (330 кг воды на 1000 кг сухой смеси). Это эквивалентно росту водоцементного отношения с 1,2 до 1,3 (если считать на суммарное вяжущее цемент+известь) или с 1,67 до 1,83 (только на цемент). Такое повышение воды без добавки привело бы к заметному снижению прочности и ухудшению других свойств. Применение же пластификатора позволило при той же

дозе воды (30 %) получить требуемую подвижность, фактически снизив водопотребность смеси на 10 % по сравнению с необлагороженным составом [4].

Основные показатели удобоукладываемости и другие свойства испытанных составов обобщены на рис. 2.

Подвижность растворной смеси заметно повышается при переходе от 0 % к 0,7 % пластификатора (со 100 до 115 мм по расплыву кольца). При дальнейшем увеличении дозировки прирост незначителен (до 120 мм), что указывает на эффект насыщения: оптимум достигнут около 0,7 % добавки (то есть 0,28 % от массы вяжущего). Плотность свежесмешанного раствора при введении добавки слегка уменьшилась (с 1665 до 1640 кг/м³), что может быть связано с повышением растворимости воздуха в более подвижной смеси, однако разница невелика и лежит в пределах погрешности. Важно, что смесь с пластификатором сохраняет достаточную плотность и однородность, без расслоения [3].

Прочностные характеристики затвердевшей штукатурки улучшились благодаря оптимальной дозировке пластификатора. Как видно из результатов испытаний (см. рис. 2), прочность при сжатии контрольного состава без добавки составила 9,0 МПа (что соответствует классу прочности на сжатие КП IV по ГОСТ 33083–2014, требуемому для декоративных штукатурок). При добавлении пластификатора прочность на сжатие несколько возросла: до 9,5 МПа при дозировке 0,7–1,0 %. Рост прочности связан с тем, что пластификатор позволяет уменьшить эффективное водоцементное отношение — смесь

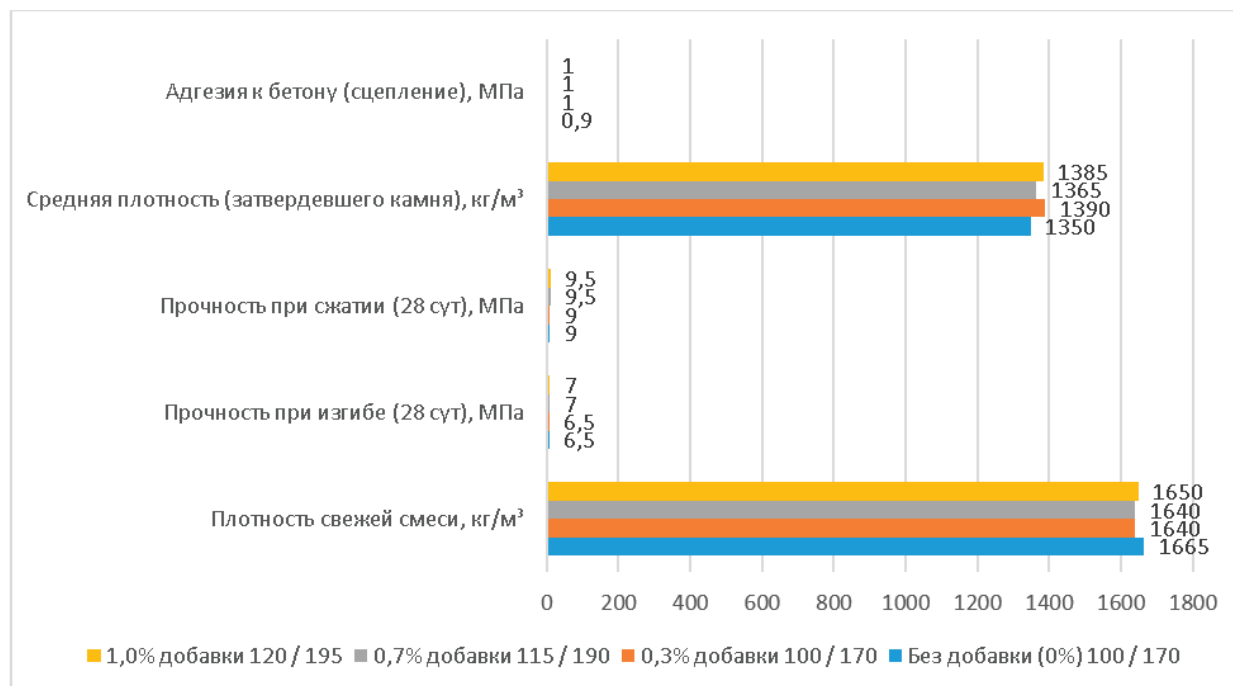


Рис. 2. Физико-механические показатели смесей в зависимости от дозировки пластификатора (во всех вариантах применено одинаковое количество воды затворения — 30 % от массы смеси)

затворяется меньшим количеством воды для достижения той же удобоукладываемости, за счёт чего после твердения образуется более плотная структура с меньшей пористостью. Аналогичная тенденция наблюдается и для прочности при изгибе: при 0 % и 0,3 % добавки изгибная прочность была 6,5 МПа, тогда как при 0,7–1,0 % возросла до 7,0 МПа. Повышение прочности изгиба указывает на улучшение связности структуры раствора и лучшую работу армирующих волокон в присутствии оптимального количества пластифицирующей добавки.

Адгезия (прочность сцепления с основанием) также оказалась на высоком уровне для всех модификаций состава. Без добавки сцепление с бетонным основанием составило 0,9 МПа, что уже выше минимально требуемых 0,7 МПа. Введение даже небольшой дозы пластификатора (0,3 %) позволило достичь адгезии 1,0 МПа, и дальнейшее увеличение дозировки не изменяло этот показатель (адгезия стабильно 1,0 МПа для 0,3–1,0 % добавки). Повышенная подвижность раствора, по-видимому, способствует лучшему прилипаю смеси к основе и проникновению в микронеровности, обеспечивая надёжное сцепление [2].

Отдельно стоит подчеркнуть, что улучшение прочности и адгезии достигнуто без увеличения содержания цемента — исключительно за счёт оптимизации водного режима смеси. Это экономически и технологически выгодно, так как позволяет повышать качество покрытия без повышения дозировки вяжущего вещества.

Средняя плотность затвердевшей штукатурки находится в диапазоне 1350–1390 кг/м³, что соответствует заданным требованиям (1300–1400 кг/м³). Существенной зависимости плотности от дозировки пластификатора

не выявлено — небольшие колебания (в пределах ± 30 кг/м³) можно объяснить экспериментальной погрешностью либо незначительными различиями в пористости структуры. В целом все составы формируют достаточно лёгкий растворный камень, за счёт чего декоративный слой не создаёт избыточной нагрузки на основание [1].

Невысокая средняя плотность связана с пористой структурой штукатурки, однако водопоглощение материала при этом ограничено применением гидрофобизирующей добавки. Капиллярное впитывание воды у всех испытанных вариантов не превышало нормативных 0,4 кг/(м²·мин^{0,5}). Введение водоредуцирующей добавки не оказало отрицательного влияния на водопоглощение — напротив, благодаря снижению лишней воды в смеси поры получают более мелкими и закрытыми, что совместно с гидрофобной пропиткой снижает капиллярный подсос влаги. Ожидается, что материал обладает достаточной водостойкостью: образцы оптимального состава после длительного увлажнения сохраняли порядка 65–70 % прочности (показатель водостойкости 0,65–0,70). Таким образом, штукатурный слой выдерживает воздействие влаги без разрушения и соответствует требованиям по ограниченному водопоглощению.

Базовый белый состав (без колеровки пигментами) наносился на бетонное основание металлическим шпателем. Консистенция при водосодержании 29 % позволила сформировать ровный слой толщиной 0,5–1,0 мм без потёков и наплывов. Поверхность получилась однородной, бархатистой на вид, чисто-белого цвета. Благодаря оптимальной рецептуре раствор не расслаивался, не образовывал трещин при высыхании. Измеренная адгезия белого слоя к бетону составила 1,0 МПа, прочность

на сжатие 8,5 МПа, на изгиб 6,3 МПа. Декоративный эффект — ровное матовое покрытие, готовое к эксплуатации

или дальнейшей окраске. Внешний вид базового белого состава представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид базового белого состава

Часть смеси была заколерована жидким пигментным концентратом до получения серо-синего цвета, близкого к эталону NCS S1015-B. Полученный раствор наносили валиком на бетонную поверхность, имитируя фактуру грубого накатанного слоя. Для работы валиком потребовалось немного увеличить растворимость (воды 31,5 %), чтобы смесь легче раскатывалась. Толщина такого декоративного слоя получилась минимальной — до 0,5 мм, благодаря чему проявилась тонкая зернистая текстура. Цвет высохшего покрытия — равномерный серо-синий, без

высолов и пятен. Адгезия в случае валикового нанесения оказалась чуть ниже (около 0,7 МПа), что объясняется повышенным В/Т и меньшей толщиной слоя, однако этого достаточно, так как покрытие несёт чисто декоративную функцию. Прочность на сжатие при этом составила 7 МПа, изгиб 5 МПа. Внешне слой выглядел как окрашенная шёршавая краска, придающая стене легкий оттенок цвета и фактуры [5].

Внешний вид серо-синего состава представлен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид серо-синего состава

Для имитации фактуры каменной кладки, представленной на рис. 5, смесь была окрашена сухими пигмен-

тами в два разных цвета. Часть смеси (для имитации швов кладки) колеровали в серый оттенок (близкий к NCS



Рис. 5. Внешний вид имитации фактуры каменной кладки

S2002-B / S2005-R90B), другую часть — в бежевый (близкий к NCS S1010-Y / S1010-Y10R) для имитации камня. Шаблон-трафарет с рисунком кирпичной кладки наложили на основу из гипсокартона, после чего серым раствором заполнили участки швов, а бежевым — «камни». Водосодержание составляло 29,5 %. Раствор наносили шпателем поверх трафарета, формируя слой переменной толщины (0,5–2,0 мм: тоньше в области швов, толще на «камнях»). После снятия трафарета получился рельефный двухцветный рисунок: углублённые швы серые, выступающие «камни» бежевые. Благодаря оптимальной консистенции, смесь не подтекала под трафарет, края элементов получились чёткими.

Ещё один образец, представленный на рис. 6, был выполнен на гипсокартоне с использованием трафарета: смесь заколерована сухими пигментами в два близких от-

тенка розового (собственно розовый фон — около NCS S3020-R, и более тёмный розово-коричневый оттенок для узора — около NCS S3020-R10B). Последовательно нанесли два слоя через трафарет, добиваясь рисунка «тон в тон». Консистенция смеси (В/Т 29,5 %) позволила наносить тонкие элементы узора толщиной 0,5–1,5 мм без смазывания контуров. После твердения фон остался светлорозовым, узор проявился более тёмным розовым — оба цвета чистые, без мутности, что свидетельствует об устойчивости пигментов в щелочной среде цементного вяжущего. Поверхность получилась плотной, без отслаивания многослойного покрытия. Этот эксперимент подтвердил, что материал можно колеровать в пастельные тона и комбинировать цвета в одном слое, а пластифицирующая добавка обеспечивает удобство формирования сложных декоративных элементов.



Рис. 6. Внешний вид розового состава

В целом, по результатам оценки внешнего вида можно заключить, что оптимальный состав обладает высокой технологичностью: он пригоден для различных способов нанесения — от классического шпательного до декоративного валикового и трафаретного. Смесь хорошо удерживает форму в слое до 2 мм, не образует трещин при высыхании, а введение пигментов не ухудшает её структуры.

Белый цвет исходной смеси обеспечивает чистую основу для пастельной колеровки, а благодаря водоредуцирующей добавке пигменты равномерно распределяются и не сегрегируют (нет «расцветов» или неоднородности цвета на поверхности). Это особенно важно для декоративных материалов, где эстетические качества напрямую зависят от равномерности покрытия.

Литература:

1. Аларханова З. З. Эффективность химической добавки «Л. О. С». для бетонов // Вестник КНИИ РАН. Серия «Естественные и технические науки». 2022. № 2(10). С. 32–38.
2. Анисимова С. В. Общестроительные цементы: учеб.-метод. пособ. студентам всех форм обучения по направлению 08.03.01 «Строительство».
3. Баженов Ю. М., Муртазаев С.-А.Ю., Сайдумов М. С., Аласханов А. Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебник. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 480 с.
4. Берней И. И., Белов В. В., Сафонов А. А. Пенетрационный реометр для исследования и контроля реологических свойств мелкозернистых дисперсных систем // Ускорение науч.-техн. прогресса в пром-сти строит. материалов и строит. индустрии: тез. докл. всесоюз. конф. Белгород: БТИСМ, 1987. С. 23.
5. Кочерина Н. Г., Михеева В. Г. Влияние суперпластификатора на твердение цемента // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2001. № 12. С. 28–29.
6. Корчагина О. А., Мамонтов А. А., Мамонтов С. А. Определение гидрофизических свойств бетона: метод. указ. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2013.
7. Мекеня А. И., Удодов С. А. К вопросу об управлении подвижностью бетонной смеси стадийным введением пластификатора // Научные труды КубГТУ. Электронный сетевой политемат. журн. 2020. № 8. С. 231–236.
8. Стельмах С. А. Типы структурной неоднородности бетонов и ее учет в технологии и расчете строительных конструкций // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2022. Т. 18. № 3(29). С. 32–41.

Поэтапное строительство высотного многоэтажного здания

Прокопьев Арсентий Павлович, студент магистратуры;
Александров Максим Андреевич, студент магистратуры
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (г. Чебоксары)

В современной строительной индустрии высотные здания переживают период активного роста и развития. Они демонстрируют, как практические нужды человечества стимулируют научно-технический прогресс, включая развитие архитектуры, новые подходы к градостроительству, конструктивные и инженерные решения. Высотные здания стали символом экономического роста, силы государства и репутации успешных компаний.

Во всем мире высотные сооружения классифицируются как объекты с наивысшим уровнем ответственности и надежности. Это требует тщательного анализа работы конструктивной системы, структуры, геометрических параметров, которые изменяются со временем.

Стоимость возведения таких зданий значительно превышает стоимость обычных строений. Это обусловлено не только технологическими и конструктивными особенностями, но и усиленными мерами безопасности, применяемыми на всех этапах: проектирования, строительства и эксплуатации. Возникновение аварийных ситуаций

в высотных зданиях может повлечь за собой серьезные последствия материального, экономического, экологического и социального характера.

Анализ и обзор теоретических и экспериментальных работ, посвященных изучению влияния различных вариантов последовательности этапов строительства

Традиционные методы расчета предполагают использование сформированной мгновенно ненагруженной расчетной модели. [1] При этом основные параметры расчетной модели: жесткостные, геометрические и т. д. принимаются постоянными, а также действует принцип суперпозиции в отношении нагрузок. Предложенная методика вычислений дает возможность точно определить характеристики напряженно-деформированного состояния строений с несложной архитектурой и небольшими габаритами. При анализе комплексных многокомпонентных систем, таких как высотные здания, не-

обходимо учитывать динамику параметров, влияющих на напряженно-деформированное состояние главных несущих элементов в ходе строительства и использования. Это подчеркивает важность анализа функционирования конструктивной системы, чьи характеристики (структура, геометрия и жесткость) трансформируются во времени и пространстве.

В действующих нормативных актах отсутствуют четкие указания по расчетам, учитывающим этапы строительства. В связи с этим, основная масса расчетов строительных конструкций, зданий и сооружений осуществляется без учета стадийности возведения, что потенциально ведет к значительным неточностям в результатах.

Таким образом, задача исследования напряженно-деформированного состояния с учетом поэтапного изменения расчетных моделей является актуальной и требует реализации при проведении расчета конструкций сооружений и зданий. В случае, когда нагрузка к зданию прикладывается одновременно, его напряженно-деформированное состояние может отличаться от ситуации, когда нагрузка прикладывается в процессе возведения, также при возведении нескольких несущих каркасов зданий нельзя допускать возведение несущих конструкции поочередно, комплексы из таких зданий, должны строиться челночным методом или методом возведение этажей через один. В противном случае неправильное возведение здания в комплексе связанных между собой стилобатной частью может привести к неправильному распределению нагрузок в конструкции или допускается полное обрушение каркаса с рядом стоящим возведенным зданием. Это происходит из-за изменения расчетной схемы здания при его деформировании в ходе возведения. Если изменения расчетной модели являются существенными, то задача должна решаться в генетически нелинейной постановке. Данный вид нелинейности является разновидностью геометрической нелинейности, возникающей в процессе возведения сооружения. Существующая практика расчетных обоснований конструктивных решений сооружений и зданий основывается на проведении статических расчетов в рамках процедуры одноэтапного расчета. При этом жесткостные и геометрические характери-

стики принимаются постоянными для всего расчетного процесса.

Особенность моделирования НДС с учетом изменения их параметров обязательный этап для современного строительства, так как результаты которой свидетельствуют о необходимости отслеживания в рамках расчетной технологии поэтапного изменения характеристик элементов конструктивной системы. предложены некоторые подходы к численному моделированию процесса поэтапного изменения элементов расчетной модели конструкций, учитывающие процесс монтажа.

Нелинейное поведение железобетона, ключевого материала строительных конструкций, приводит к трансформации расчетной модели. Это обусловлено изменениями в приведенной жесткости элементов конструкции, вызванными образованием трещин и явлениями ползучести. Многочисленные исследования физической нелинейности железобетона, проведенные такими учеными, как О. Я. Берг, В. М. Бондаренко, А. А. Гвоздев, Н. И. Карпенко и другими, послужили основой для внесения в строительные нормы положений, касающихся уменьшения начального модуля упругости бетона.

Таким образом, при моделировании работы железобетонных конструкций важно учитывать изменение жесткости отдельных элементов под воздействием нагрузки или с течением времени.

Конструкция любого каркасного сооружения включает в себя ряд компонентов, каждый из которых играет свою роль в общей структуре. В высотном каркасе к таким компонентам относятся вертикальные элементы (стойки, рамы, диафрагмы жесткости и шахты) и горизонтальные элементы (перекрытия в виде плит и балок, горизонтальные связи).

Главная задача вертикальных элементов — нести нагрузку, воспринимая все воздействия, оказываемые на здание, и передавая их на фундамент. Горизонтальные элементы обеспечивают устойчивость формы здания, распределяют нагрузку на вертикальные элементы и обеспечивают совместную работу всех элементов конструкции, действуя как горизонтальные распределительные диски.

Литература:

1. Перельмутер А. В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев // Инженерно-строительный журнал. — 2015 — № 1 (53). — С.6–14.
2. Перельмутер А. В., Кабанцев О. В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев. — М. : Изд-во СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ. — 2015. — 149 с.

Моделирование вариантов стадийности возведения многоэтажного здания

Прокопьев Арсентий Павлович, студент магистратуры
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (г. Чебоксары)

Ключевые слова: монтаж, проектирование, поэтапное строительство, нелинейное изменение, перемещения

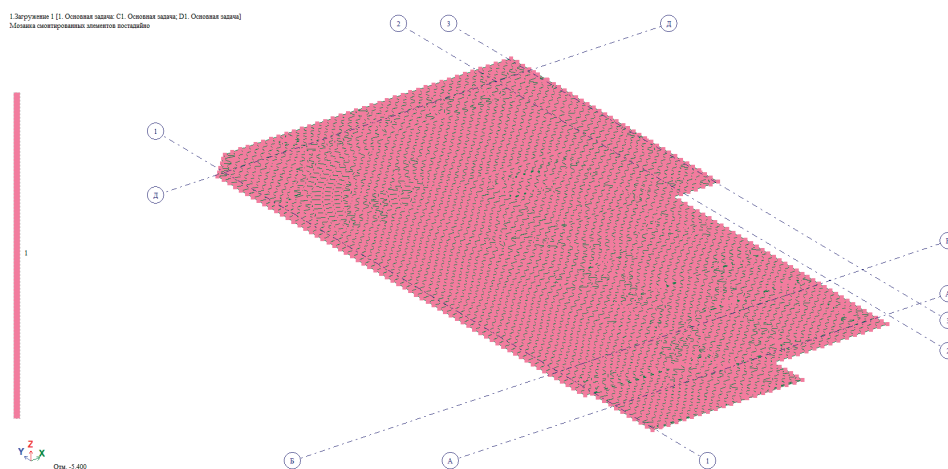
Для учета нелинейности был использован модуль «МОНТАЖ», который позволяет разбить возведение здания на отдельные стадии и указывать стадию, в которой была приложена или удалена определенная нагрузка. На рисунке 3.6–3.10 приведены промежуточные стадии возведения каркаса высотного здания.

- 1 стадия — возведен фундамент.
- 2 стадия — возведены стены, колонны, пилоны и перекрытие подземной парковки.
- 3 стадия — возведены стены, колонны пилоны, и перекрытие первого этажа.
- 4 стадия — возведены стены, колонны пилоны, и перекрытие типового этажа и так далее до покрытия.
- 5–12 стадии — возведены стены, колонны пилоны, и покрытие последующих этажей.

В модуле «МОНТАЖ» нагрузка задается на каждой стадии. В таблице расчетных сочетаний усилий все нагрузки, прикладываемые во время возведения, учитываются как постоянные, а все стадии рассматриваются, как взаимоисключаемые. Все нагрузки традиционного расчета прикладываются в самом конце, исключая при этом нагрузки стадийного расчёта. При этом таблица РСУ содержит в себе все загрузения и стадии данного процесса возведения здания.

По итогам расчета были получены значения продольных усилий в колоннах, а также усилия в плитах перекрытий и их перемещения.

После задания всех стадий и прочности бетона выполняется расчёт напряженно-деформированного состояния каркаса здания.



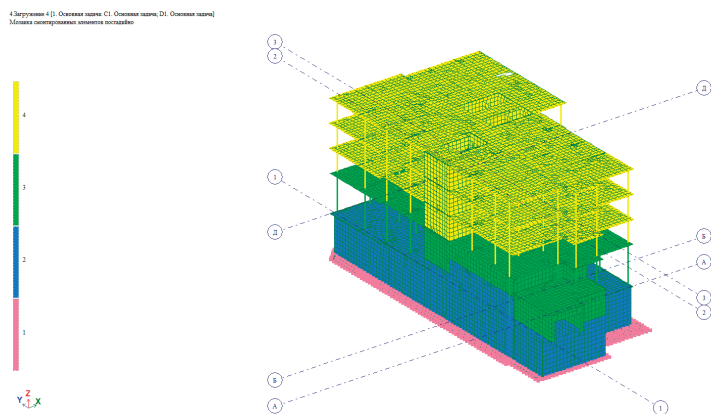


Рис. 3. Стадии возведения каркаса здания (4 стадия)

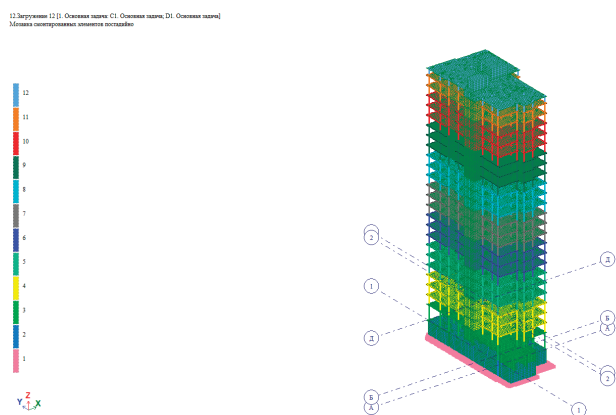


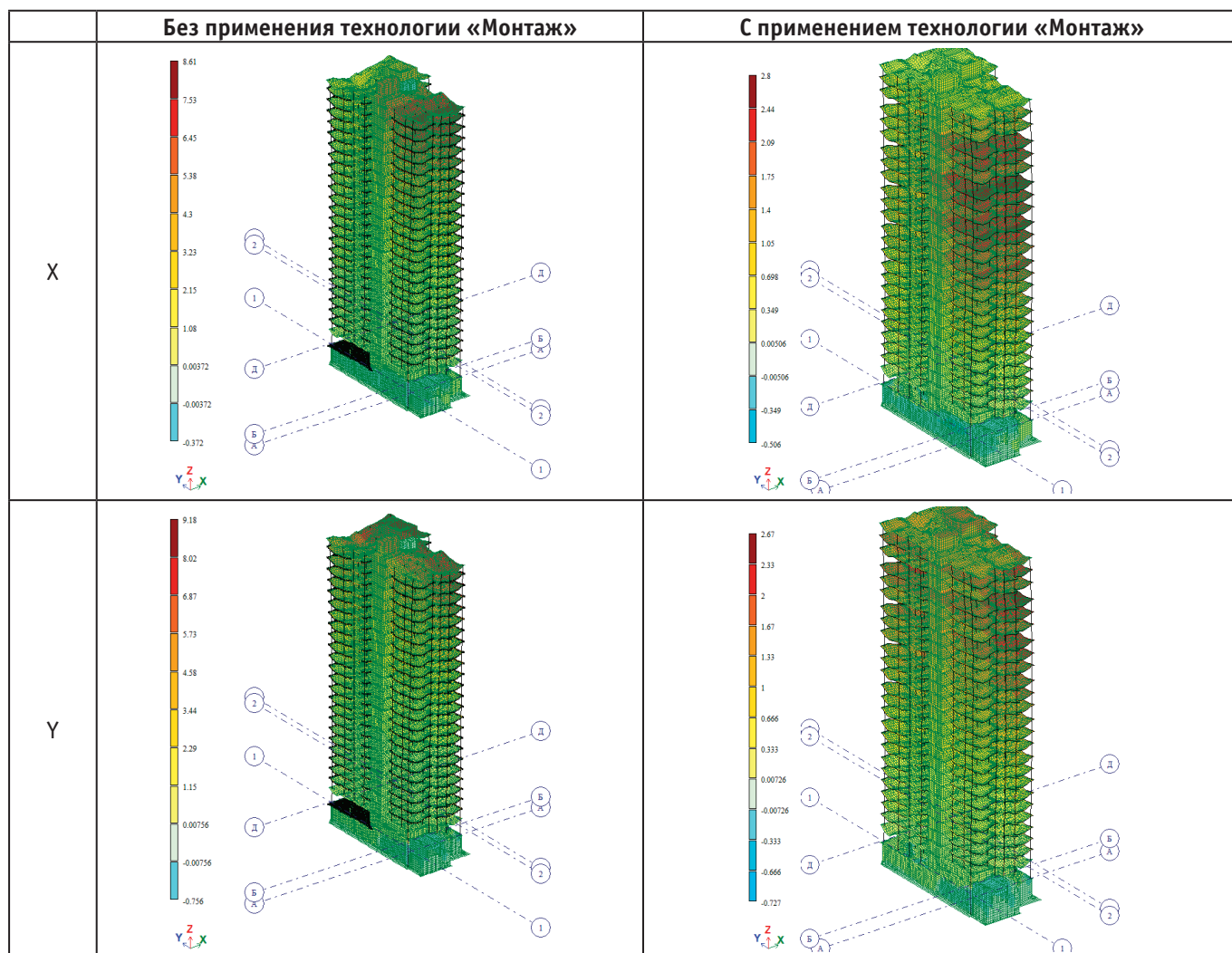
Рис. 4. Стадии возведения каркаса здания (12 стадия)

После проведения расчетов напряженно-деформированного состояния здания были получены разные результаты в соответствующих элементах, это обуславливается особенностью работы системы элементов, которая подразумевает наследование НДС от стадии к стадии.

При увеличении этажности с каждой стадией происходит постепенное увеличение нагрузок на колонны под-

вала. Из этих графиков и таблиц, по которым они составлены, можем заметить, что усилия в колоннах подвала расходятся при традиционном расчёте и при расчёте с учётом генетической нелинейности, причём в разных колоннах знак расхождений отличается и с увеличением этажности здания расхождения соответственно увеличиваются с учётом соответствующего знака.

	Без применения технологии «Монтаж»	С применением технологии «Монтаж»
Z		



Анализируя полученные результаты расчётов модели с учётом генетической нелинейности и без её учёта, можно отметить заметные различия при определении НДС между традиционным расчётом и расчётом с учётом поэтапного возведения здания.

Перемещения по оси Z уменьшились с -23.7 до -18.6.

Перемещения по оси X уменьшились с -8.61 до -2.8.

Перемещения по оси Y уменьшились с -9.18 до -2.67.

Продольные усилия в колоннах, особенно колонны нижележащих этажей отличаются, так как добавляется нагрузка от этажей, лежащих выше, могут увеличиваться и продольные сжимающие усилия, а также изгибающие моменты. Также можно наблюдать в различных

колоннах перемену знака изменений, в одних колоннах увеличиваются на 15–20 %, в других уменьшаются на 15–20 %, это может обуславливаться перераспределением усилий в колоннах при учёте стадийности возведения здания.

Сравнительный анализ, полученных в ходе работы, расчётов показывает, что при проектировании зданий с учётом генетической нелинейности, можно увидеть результат отличный от того, который мы видим при традиционном методе расчёта НДС, не учитывающем поэтапность возведения. В некоторых элементах эта разница не существенна, но в нашем случае может сильно повлиять на итог проектирования

Литература:

1. Перельмутер А. В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев // Инженерно-строительный журнал. — 2015 — № 1 (53). — С.6–14.
2. Перельмутер А. В., Кабанцев О. В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев. — М.: Изд-во СКАД СОФТ, Издательский дом АСВ. — 2015. — 149 с.
3. Андреев М. И. Расчет железобетонного здания с учетом генетической нелинейности // Строительство-формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов 20-й Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (26–28 апреля, 2017 г., Москва). М.: МГСУ, 2017. С. 235–237.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Культурное взаимодействие России и Ирана с 1991 года по настоящее время

Аракчеева Елизавета Сергеевна, студент

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

В статье автор исследует взаимодействие России и Ирана в области культуры и науки как в исторической ретроспективе, так и на современном этапе. Приводится анализ уровня и глубины российско-иранского культурного взаимодействия, анализируются позитивные и негативные тенденции.

Ключевые слова: Россия, Иран, культура.

Культурное взаимодействие России и Ирана уходит корнями глубоко в историю. В 20 в. Советский Союз наладил государственное культурное взаимодействие с шахским Ираном. Однако после Исламской революции 1979 г. практически все культурные центры СССР в республике оказались свернутыми, а сотрудничество в сфере культуры было затруднено скепсисом обеих стран в отношении друг друга. Как известно, Иран называл СССР «меньшим Сатаной», а также провозгласил экспорт исламской революции на весь мир. В этих условиях СССР, разумеется, опасался распространения исламских ценностей в своих мусульманских республиках. Поэтому на государственном уровне культурное взаимодействие было практически свернуто.

Кардинальные изменения произошли в 1990х гг. Это, конечно, в первую очередь связано с распадом СССР и сменой идеологической парадигмы государства. В Иране это было воспринято позитивно и с надеждой. В самой же республике также произошло изменение политики в отношении экспорта исламской революции. От тактики насильственного распространения исламских ценностей Тегеран перешел к экспорту культурной революции. В этом контексте надо отметить, что у России и Ирана сложились разные взгляды на место и роль продвижения национальной культуры в мире. Для Ирана продвижение своей культуры стало приоритетным направлением во внешней политике. В 1998 г. президент Ирана М. Хатами провозгласил политику Диалога цивилизаций — то есть политику равного ненасильственного продвижения своей культуры [2, с. 132]. А в 2010 г. была объявлена политика культурного джихада — то есть противодействие ценностям, продвигаемым Западным миром. Для России же долгие годы после развала Советского Союза культура занимала одну из последних строчек по приоритетности. Это видно на примере основополагающих документов по-

литики РФ (концепций внешней политики и стратегий национальной безопасности).

Поэтому в 1990е гг. культурное сотрудничество России и Ирана активно продвигалось прежде всего правительством Ирана. Так, в 1999 г. было открыто культурное представительство при консульстве Ирана в Москве. Представительство работает и сейчас. Если открыть его сайт, то можно увидеть, какие мероприятия оно проводит. Это художественные выставки персидских художников, театральные фестивали, концерты иранских исполнителей, форумы, стипендиальные конкурсы, олимпиады по Фарси, Дни культуры Ирана, праздничные мероприятия по случаю национальных празднеств. Также Иран при помощи культурных мероприятий продвигает свои политические взгляды. В последнее время состоялась презентация книги, посвященной командиру КСИР Касему Сулемани, а также международный день Аль-Кудс по поводу солидарности с палестинским народом [3].

Однако представительство слабо продвигает себя в медиа пространстве России. Так, на его канал в Телеграме подписано всего 910 человек, что может говорить о том, что люди просто не знают о его существовании [4].

В 21 в. иранская сторона приложила усилия для создания многочисленных фондов поощрения исламских исследований, иранистики, исламских центров, ассоциаций российских иранистов. Также заработала комиссия по межрелигиозному диалогу «Ислам — Православие», которая проводит периодические заседания. С целью донесения до россиян политических позиций Ирана на русском языке осуществляется вещание таких ключевых иранских медиа, как ИРНА, Pars Today и Tasnim. В телеграм-каналах на них подписаны в общей сложности около 35 тыс. человек.

Что касается России, то культурным представительством России в Иране является открытый в 1999 г. Рус-

ский дом. Однако на своем сайте последние новости были выложены еще в 2024 г. [6]. Более активным является Русский центр в Иране, открытый в 2017 г. Он проводит следующие мероприятия: фестивали театров на русском языке, космический фестиваль «Циолковский», конкурс чтецов «Русское слово», ночи Эрмитажа в Иране, форумы ректоров, недели культуры в России и т. д. [5].

На персоязычную аудиторию вещает канал Sputnik, который с 2019 г. вещает на Фарси. При этом в телеграм-канале его персоязычной версии на него подписано 275 тыс. человек [9]. Любопытно отметить, что ираноязычный канал Спутник более популярен чем на русском языке (на русском языке — всего 94 тыс. подписчиков).

Очень долгое время ощущалась нехватка русского представительства при посольстве РФ в Тегеране, по аналогии с Ираном [7]. Договор о его открытии был подписан только лишь в 2021 г., то есть спустя более 20 лет после открытия иранского.

Положительным моментом является то, что в последние 7 лет практически в 4 раза выросло число иранских студентов в России — сейчас их 9250. В этом направлении очень важной вехой сотрудничества было создание Ассоциации вузов России и Ирана в 2015 г. Ассоциация проводит ежегодные форумы ректоров, на которых заключаются межвузовские соглашения.

К сожалению, на пути культурного сотрудничества России и Ирана множество препятствий. Так, в Иране очень сильна историческая память о политике Российской империи. Если случается неудача, иранцы образно восклицают: «Вай, вай, Туркманчай!». А у россиян в свою очередь также до сих пор сохраняется негативное представление об Иране в связи с его ядерной программой, а также религиозными нормами жизни, которые ограничивают поток российских туристов в Иран (в 2024 г. — только 38 тыс. человек выбрало иранское направление для туристической поездки). Негативный образ Ирана и России подпитывается западными СМИ, поэтому на данном этапе важно заниматься развитием сотрудничества по линии средств массовой информации для создания позитивного образа двух стран. Данному направлению в настоящий момент уделено немалое внимание со стороны властей РФ, что отражено в Договоре о стратегическом партнерстве России и Ирана от 17.01.2025 г. [1].

Слабое взаимодействие и в кинематографе. Несмотря на заключение договора о совместном производстве фильмов, за последние 10 лет в российский прокат вышло всего 10 иранских картин. Несмотря на то, что Иран — постоянный участник российских кинофестивалей и кино-

премий, массовость иранский кинематограф среди населения не получает.

Также долгое время было слабо развито научно-техническое сотрудничество России и Ирана несмотря на то, что в 1999 г. было подписано соглашение о сотрудничестве в этой сфере [8]. На данном этапе существует более 40 совместных проектов в области медицины, физики, химии, с/х, инженерных наук, а также в области ядерной медицины (совместный проект по созданию Smart-лекарств на основе изотопов), освоения космоса (РФ и ИРИ совместно строят и запускают спутники).

Особо активизировалось сотрудничество России и Ирана после начала СВО. Были подписаны многие отраслевые документы, касающиеся совместных проектов в различных областях науки, в том числе такие крупные соглашения как: соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Исламской Республики Иран о сотрудничестве в области здравоохранения, медицинского образования и науки; а также договор о стратегическом партнерстве России и Ирана. Согласно последнему, как уже отмечалось, страны наметили сотрудничество по линии СМИ, а также указали вектор развития культурного взаимодействия «посредством проведения обменных культурных мероприятий, <...>, реализации совместных проектов в культурно-просветительских целях» и т. д. и т. п. [1].

Таким образом, можно заключить, что культурное сотрудничество России и Ирана было оформлено еще в 1990х гг., однако изначально Иран прикладывал больше усилий к сотрудничеству, поскольку: во-первых, это было одно из важнейших направлений его политики, а во-вторых, Россия в 1990е, 2000е и начале 2010х гг. ориентировалась на Запад, что ограничивало сотрудничество двух стран. После ухудшений отношений РФ с западными странами в 2014 г. наблюдается перманентный рост культурного взаимодействия, особенно он активизировался на фоне проведения СВО. Тем не менее, есть и сложности, которые необходимо преодолеть, в частности: недостаточное сотрудничество РФ и ИРИ по линии СМИ; сохранение негативных стереотипов среди населения о двух странах; слабая освещенность культурных событий в ирано-российских отношениях в медийном поле, недостаточная популяризация российской культуры в ИРИ, а иранской в России. Исходя из последних соглашений правительств обеих стран, можно сделать вывод, что властями осознается комплекс проблем и именно сейчас предпринимаются шаги к устранению негативных моментов в отношениях.

Литература:

1. Договор о всеобъемлющем стратегическом партнерстве между Российской Федерацией и Исламской Республикой Иран от 17.01.2025 // МИД РФ: офиц. сайт. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/62722/ (дата обращения: 04.06.2025).
2. Кулагин, И. В. Диалог цивилизаций в Иране: Мохаммад Хатами / И. В. Кулагин. — Текст: непосредственный // Вестник РУДН, серия Философия. — 2014. — № 1. — С. 132–136. С. 132.

3. Культурный центр Ирана. Организация культуры и исламских связей: офиц. сайт. Москва. URL: <https://ru.icro.ir/Moscow> (дата обращения: 03.06.2025).
4. Культурный центр Ирана: сайт. URL: https://t.me/s/Iran_culturalcenter (дата обращения: 03.06.2025).
5. Русский мир: офиц. информ. Портал фонда «Русский мир»: офиц. сайт. Москва. URL: <https://russkiymir.ru/> (дата обращения: 04.06.2025).
6. Русский дом в Иране: офиц. сайт. Тегеран. URL: <https://iran.rs.gov.ru/> (дата обращения: 03.06.2025).
7. Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Исламской Республики Иран об учреждении и условиях деятельности культурных центров от 13.04.2021 // МИД РФ: офиц. сайт. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/60076/ (дата обращения: 02.06.2025).
8. Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Исламской Республики Иран о научно-техническом сотрудничестве от 15.09.1999 // МИД РФ: офиц. сайт. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/47035/ (дата обращения: 04.06.2025).
9. Sputnik Persian: сайт. URL: <https://t.me/irspunik> (дата обращения: 04.06.2025).

Развитие образования в Древнерусском государстве

Лутай Максим Алексеевич, студент

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

В статье автор рассказывает, что с развитием образования улучшалось качество обучения людей. Прослеживается неразрывная связь с религией, а именно с православной церковью. Создавались школы, для преподавания в которых приглашались качественные византийские специалисты. Также преподаванием занимались священники и монахи. Существовали воскресные школы, где основными предметами для изучения были Священное Писание, богослужебные книги, творения святых отцов и жития святых. В процессе обучения большое внимание уделялось взаимоотношениям учителя и ученика, а также личности самого учителя. С начала татаро-монгольского периода обучение терпит серьезные потрясения, так как разрушаются города и нарушается обычный повседневный режим жизни древнерусских людей.

Ключевые слова: образование, Древнерусское государство, школы, церковь, монастырь, грамотность, устное творчество, священники, монахи, Божественное писание.

Именно с крещением стало возможным принятие всех соответствующих этой вере учреждений и открытие первых школ, которые назывались школами книжного учения или книжного просвещения. При Ярославе Мудром число школ заметно увеличивалось, они существовали уже не только в Киеве. Детей отдавали в учение книжное в Новгороде, Владимире, Чернигове, Полоцке, Муроме и Ростове.

В работе Колпачевой О. Ю. говорится, что «серьезные изменения в подходах к воспитанию детей и юношества начались с принятием в 988 г. на Руси христианства, отвечавшее интересам государственной политики и активно поддерживавшееся правящими кругами. Восприятие христианства от Византии, соединившей в своей культуре традиции античности с православной христианской идеологией, существенно сказалось практически на всех сторонах жизни древних русичей. Став первоначально религией господствующих классов, городского населения, оно постепенно трансформировалось в форму властвовавшей в обществе идеологии, стало определять психологию и поведение человека того времени, выработку его религиозно-нравственных идеалов, определивших жизнь общества на столетия. Базисом христианской педагогики,

в отличие от языческой, являлась книжная культура. Грамотность, навыки письма были необходимы для усвоения религиозных норм, прописанных в священных текстах, знакомства с трудами отцов церкви, переписи богослужебных текстов. Неудивительно, что с принятием православия наряду с семьей роль воспитательные функции взяла на себя церковь, на восемь столетий став во главе образования на Руси» [2].

Развитие образования в Древней Руси имело свои особенности и зависело от социально-исторических условий того времени. Образование в Древней Руси было тесно связано с церковью, и многие образовательные учреждения были прикреплены к монастырям. Создание школ в Древней Руси было обусловлено несколькими факторами.

Во-первых, христианизация Руси. Этот процесс, начавшийся в IX веке, требовал образования для духовенства и монашества. Успешная христианизация Руси была возможна в условиях грамотности, дающей возможность изучать божественное писание. Тем не менее, на начальных этапах, крестьянское население ограничивалось устным творчеством и все ещё не отличалось грамотностью.

Во-вторых, развитие государственности и необходимость подготовки кадров для административной работы

требовали образования для княжеской и боярской элиты. Князья стремились укрепить свою власть и централизовать управление. Для достижения этих целей им требовались образованные люди, способные вести дела княжеского двора, а также осуществлять административные и судебные функции.

В-третьих, распространение грамотности и образования среди населения способствовало развитию культуры и повышению уровня жизни.

Одним из первых шагов в создании школ было приглашение византийских учителей, которые привезли с собой ценные знания и методы обучения. Византийская культура и грамотность стали основой для развития образования в Древней Руси. Святые равноапостольные Кирилл и Мефодий пришли на Русь с миссией пропаганды христианства и создания славянской письменности. Они принесли с собой азбуку и священные тексты, что способствовало развитию древнерусского образования. Как отмечает профессор О. Крыжановский, «плоды древней науки и литературы живо еще сохранялись в тогдашнем византийском обществе и продолжали воспитывать одно поколение за другим. Что касается Болгарии, то она в X в. была средоточием славянской письменности, полученной от св. Кирилла и Мефодия. Вообще десятый век был веком особенного подъема науки и просвещения в Болгарии, откуда они распространялись и в другие славянские страны» [3].

Особую роль в развитии образования сыграли монастыри, которые были сердцевинной образования и культуры. Первые школы на территории Древней Руси появились в IX — X веках. По свидетельствам «Повести временных лет» в 988 г. князь Владимир наказал «собирать у лучших людей детей и отдавать их в учение книжное». Основные центры, в которых осуществлялся быстрый расцвет древнерусского образования, были связаны с крупными монастырями, такими как Киево-Печерский, Новгородский и Псковский монастыри.

Важным этапом в развитии образования на Руси стало создание учебного заведения повышенного типа — «Дворцовой школы» при Софийском соборе в Киеве. Учебные программы были ориентированы на формирование духовных ценностей и развитие навыков, необходимых для служения Церкви.

С развитием государства и укреплением централизованной власти в Киевской Руси начали все чаще появляться школы при княжеских дворах. Важным событием стало открытие в 1030 году школы при княжеском дворе в Новгороде, которая стала одним из центров образования на севере страны.

Первое упоминание об обучении девочек в Древней Руси относится к XI в. В 1086 г. Анна Всеволодовна, сестра Владимира Мономаха, открыла девичье училище при Андреевском монастыре в Киеве, где девочек обучали чтению, письму, пению и швейному делу: «Всеволод заложил церковь святого Андрея при Иоанне Добром, митрополите русском, и построил при церкви оной мона-

стырь женский, в котором постриглась первая дочь его девица Анка. Собравши же младых девиц неколико, обучала писанию, також ремеслам, пению, швейному и иным полезным им знаниям, да от юности навькнути разумети закон божий и трудолюбие, а любоострастие в юности воздержанием умертвлять» [1].

В Полоцке, при княжеском дворе или Софийском соборе, также существовала школа, но информации о ней не сохранилось, так как полоцкие летописи были утрачены. Однако, сохранившиеся памятники книжности свидетельствуют о высоком уровне культуры и образования в Полоцкой земле.

В XII — XIII веках в Киеве и Новгороде начали появляться городские школы, где преподавали монахи и священники. Школы в Древней Руси были преимущественно церковными учреждениями, где обучение проводилось на основе религиозной литературы. Образование в Древней Руси было ориентировано на изучение религиозных текстов, письма и чтения на славянском языке, являющемся предшественником современного русского языка.

Перед появившимися школами был поставлен ряд задач. Существенной задачей обучения в этот период было с одной стороны приготовить сведущих служителей церкви, а с другой научить русских людей правилам веры и нравственности. Так, до принятия христианства обычаи и обряды славяне создавали сами. С приходом же христианства и единого закона для всех Руси требовалось учение и образование. Следовательно, с введением христианства церковь, общество и законодатель Руси должны были принять и признать обязательными три задачи для своей деятельности, а именно: развитие религиозной грамотности, укоренение христианской нравственности и распространение умственного образования. Так как, по словам летописцев, Русь по доброй воле приняла новую веру, то князья и духовная власть активно образовывали народ, словесно просвещали в церкви и книжно в школе.

Основными предметами для изучения были Священное Писание, богослужебные книги, творения святых отцов и жития святых. Также в процессе обучения большое внимание уделялось взаимоотношениям учителя и ученика, а также личности самого учителя. Под влиянием христианского учения учитель должен видеть в своем ученике, как и в любом человеке, прежде всего, образ Божий, а в обучении нужно иметь терпение и любовь к тем, кого учишь. Это означало, что учитель должен был следовать заповедям в собственной жизни, тогда он будет примером для своих учеников. Также учитель должен был быть знаком своим делом.

Обучение в начальной школе на Руси обычно начиналось в возрасте около 7 лет и продолжалось около двух лет. Учитель обучал группу из 8–10 учеников, используя рукописные или печатные книги. Согласно историческим данным, вначале дети изучали азбуку, а затем приступали к изучению слогов. Чтобы облегчить запоминание, училась азбучная молитва, написанная акростихом, где каждая строчка начиналась с соответствующей 13 буквы

азбуки. После освоения азбуки, дети изучали правила, а позже и богослужебные тексты. Обучение письму проходило параллельно с чтением. Для него брали азбуку, с помощью которой дети заучивали буквы, потом слоги.

Древняя Русь — это период в истории нашей страны, который охватывает временной интервал до татаро-монгольского ига. Исследования Б. В. Сапунова показали, что «в домонгольское время, доля грамотных людей в Руси составляла около 1–2 % от общего населения страны. В городах этот показатель был выше и составлял не менее 10 % от общего числа жителей, или около 20 % от числа взрослого населения» [4]. Это говорит о том, что Древняя Русь стояла на уровне европейских стран своего времени.

Однако с нашествием татаро-монгольской орды на Русь произошли серьезные изменения в образовательной и культурной сферах. Это вторжение привело к разрушению многих городов, поселений и укрепленных поселков. Культурное развитие Руси было прервано, и образование замедлило свое развитие. Однако, несмотря на

это, некоторые церковные школы продолжали свою образовательную деятельность. Татаро-монгольское нашествие вызвало глубокие потрясения в политической, экономической и культурной жизни страны. Многие области русской культуры, которые находились на подъеме, были разрушены. Этот период замедлил движение Руси вперед и оставил свой след на ее развитии.

Татаро-монгольское иго стало временем испытаний для Руси, но русский народ сумел преодолеть эти трудности и возродить свою культуру и образование. Постепенно, с течением времени, Русь снова начала двигаться вперед, восстанавливая и развивая свои образовательные и культурные институты. Таким образом, татаро-монгольское иго прервало блестящий расцвет русской культуры, однако, не смогло полностью уничтожить образование и культуру Древней Руси. Этот период стал испытанием для нашей страны, но русский народ сумел восстановить свои традиции и продолжить духовное и культурное развитие.

Литература:

1. История отечественного образования: Учебное пособие: Хрестоматия VIII-начало XX вв. / сост. С. В. Калинина, В. В. Каширина. — Омск, 2000. С. 3.
2. Колпачева, О. Ю. Школа и образование Древней Руси // Историко-педагогический журнал. 2014. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shkola-i-obrazovanie-drevney-rusi> (дата обращения: 26.05.2025).
3. Крыжановский, О. Значение духовенства в истории народного образования в России. Исторический очерк // Образование. 1895. № 9. С. 234–235.
4. Сапунов, Б. В. Книга в России XI–XIII вв. Л., 1978. С. 207.

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Смешение стилей и экспериментальные формы в современной хореографии: практика и исследование

Волкова Юлия Игоревна, преподаватель-хореограф (г. Нью-Йорк, США)

В статье рассматривается смешение танцевальных стилей как одна из ключевых тенденций современной хореографии. Также анализируется развитие экспериментальных форм как способ расширения выразительного языка тела. Акцент сделан на практическое и концептуальное обоснование объединения уличных направлений и авторской пластики. Представлены теоретические основания, на которых базируется такой подход.

Введение

Современное танцевальное искусство отличается высокой степенью интеграции — как в рамках одного произведения, так и в построении личного танцевального языка. Это обусловлено изменением зрительского восприятия, глобализацией культуры, открытым доступом к различным источникам информации, а также стремлением к глубинному, телесно-эмоциональному самовыражению. В таких условиях хореограф уже не мыслит в рамках одного стиля — он собирает движения, как слогги в собственную речь, опираясь на многослойный телесный опыт.

1. Теоретические основы гибридности

Гибридность в хореографии — это не просто визуальный эффект, а метод познания. Сочетание стилей позволяет работать с разными ритмами, импульсами, зонами тела, что повышает пластическую выразительность. Это также способствует глубинному исследованию темы — через сопоставление телесных кодов можно показать контраст, развитие, внутренний конфликт или трансформацию.

Смешение стилей становится закономерным результатом культурного обмена и взаимопроникновения танцевальных техник. С одной стороны, мы имеем дело с заимствованием элементов — например, использование техники popping в других танцевальных направлениях. С другой — с созданием целостной формы, в которой техника перестает быть самоцелью и служит смысловому раскрытию темы.

Также важно учитывать профессионализм хореографа, согласно которому, тело в танце — это медиатор, способный перерабатывать и соединять опыт, технику

и культуру. Это означает, что хореографу необходимо не только владеть стилями, но и осознавать, как они взаимодействуют в пространстве композиции.

2. Авторская хореография как эксперимент

Авторская хореография строится на переосмыслении танца как формы и как процесса. В отличие от стилистически «чистых» направлений, авторский подход допускает трансформацию техник: элементы дэнсхолла могут быть растянуты и встроены в лирику, акценты локинга — переработаны под драматургию тела, хип-хоп — дополнен статикой и паузами, характерными для перформанса.

Философ и культуролог В. В. Бычков в книге *Эстетика* говорит о том, что современное искусство характеризуется «размытостью границ» и акцентом на «индивидуально пережитое». Этот принцип напрямую отражается в хореографии: индивидуальный телесный опыт становится основой авторского высказывания.

Эксперимент в хореографии — это способ постановки вопросов. Отказ от чистоты стиля позволяет исследовать, как движение влияет на внутреннее состояние, как меняется восприятие тела в зависимости от ритма, структуры, пространства. Авторская хореография, в отличие от формализованных школ, строится на свободе выбора — это неотъемлемый принцип современного искусства.

Эксперимент проявляется также в отказе от традиционной структуры (введение — кульминация — финал) и в допущении импровизационных фрагментов. При этом сам эксперимент становится способом расширить личный пластический язык, а не просто эпатировать зрителя.

Гибридизация в современной хореографии — это отражение актуальных культурных процессов, в которых уличные стили (хип-хоп, дэнсхолл, локинг и др.) взаимодействуют с авторской хореографией и сценическим

языком. В условиях переосмысления границ жанров создаются новые пластические структуры, не подчиняющиеся традиционным канонам. Уличная хореография, будучи живой, динамичной и глубоко телесной, вступая во взаимодействие с авторскими интенциями, становится той самой границей, где рождаются новые формы выражения. Именно здесь, в контакте техник и мировоззрений, формируется подлинно современный язык танца — чувственный, многослойный и открытый к диалогу.

Смешение стилей в авторской работе позволяет выйти за пределы повторения и шаблонов. Это работа с живым материалом — телом, эмоцией, пространством. В эксперименте важно не соответствие технике, а честность телесного присутствия и поиска. Такой подход делает хореографию исследованием, а не только постановкой.

3. Пространство восприятия: зритель и соучастие

Современный зритель — это не просто наблюдатель, но и интерпретатор. Смешанные формы требуют внутренней включенности, способности распознавать телесные смыслы без привычных танцевальных «подпорок». Восприятие танца становится процессом, в котором важны не столько форма и техника, сколько эмоциональный и энергетический отклик.

Сьюзен Ли Фостер в книге *Choreographing Empathy: Kinesthesia in Performance* подчеркивает, что эмпатия в танце формируется через кинестетическое восприятие — способность зрителя «чувствовать» движение, наблюдая за ним. Она утверждает, что это восприятие не является прямым, а опосредованно культурными и социальными контекстами, что делает каждый танец уникальным опытом для каждого зрителя.

Особенно ярко это проявляется в **уличных направлениях**, где движение рождается из ритма, импульса, личной истории. В хип-хопе — это внутренний грув и характер; в дэнсхолле — энергия тела, открытая эмоциональность и связь с музыкальной культурой; в локинге — игра, экспрессия, мгновенный контакт с публикой. Эти стили неотделимы от энергии исполнителя и его взаимодействия с залом: зритель вовлекается в эмоциональный обмен, становится частью перформанса.

Авторская хореография, опирающаяся на экспериментальные подходы, радикализирует это взаимодействие. Зрителю предлагается не картина, а процесс. Он не

получает «смысл в лоб», но вовлекается в переживание: образ, пауза, импульс движения — всё это требует соучастия, внутренней работы, собственной интерпретации. Такой танец редко «развлекает», он **приглашает чувствовать**, мыслить телом.

Чем гибриднее форма, тем выше требования к зрителю. Но именно это позволяет хореографии говорить о сложном — о чувствах, противоречиях, трансформациях. Современная сцена всё чаще работает не по принципу «показать красиво», а «вовлечь в переживание». Танец становится телесным языком смысла, эмоции и энергии — языком, в котором форма вторична, а отклик — первичен.

4. Телесная осознанность и техника Александра

В контексте смешения стилей и экспериментальных форм особое значение приобретает телесная осознанность. Ребекка Неттл-Фиол и Люк Ванье в книге *Dance and the Alexander Technique* исследуют, как техника Александра способствует развитию координации, баланса и эффективности движений у танцоров. Они подчеркивают, что интеграция этой техники в танцевальную практику позволяет исполнителям более глубоко осознавать свои телесные привычки и оптимизировать движение, что особенно важно при работе с различными стилями и техниками.

Применение принципов техники Александра в хореографии способствует созданию более осознанного и выразительного движения, что особенно актуально в условиях смешения стилей. Осознанность тела позволяет танцору адаптироваться к различным техническим требованиям и создавать уникальные хореографические формы, основанные на глубоком понимании собственного телесного опыта.

Заключение

Смешение стилей и экспериментальные формы — это не временный тренд, а естественное развитие хореографии в XXI веке. Это способ расширить художественные границы, пересобрать телесный опыт и создать новую глубину сценического высказывания. Хореограф становится не только носителем техник, но и исследователем, художником, чувствующим тело как медиатор между внутренним и внешним.

Литература:

1. Бычков В. В. Эстетика. — М.: Гардарики, 2001.
2. Foster, S. L. *Choreographing Empathy: Kinesthesia in Performance*. — Routledge, 2011.
3. Bales, M., Nettl-Fioll, R. *Dance and the Alexander Technique*. — University of Illinois Press, 2014

Развитие европейского вокального музыкального образования в Китае

Сун Тинтин, абитуриент аспирантуры;
Крыловская Изабелла Ильинична, кандидат искусствоведения, доцент
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

В статье прослеживаются пути проникновения и распространения в Китае европейской модели вокального образования, в результате чего в стране был адаптирован новый стиль певческого искусства, получивший название «бельканто». Сегодня новая образовательная модель полностью интегрирована в КНР, что, по мнению авторов, способствует воспитанию большого количества талантливых певцов и международному признанию исполнителей-вокалистов.

Ключевые слова: вокальное искусство, искусство бельканто, музыкальное образование в Китае, вокальное образование в Китае, методика вокального обучения.

В конце XIX — начале XX века специалисты в области вокального искусства Китая на различных академических семинарах отмечали, что существующие на данный момент школы музыки и искусств Китая предлагают различные курсы национального оперного пения для которых приглашали народных артистов, обучающих этому искусству: от «пения, декламации, актерской игры, борьбы и танцев» до пластики, миманса, искусства грима и прически [4, с. 2]. Всестороннее обучение и пение закладывали прочную основу для формирования будущих певцов. Однако в то же время в Китае получило распространение европейское музыкальное искусство и теоретические системы, что побудило китайское вокальное музыкальное сообщество приступить к осмыслению новых тенденций и созданию научной теоретической базы.

Европейская модель вокального образования стала катализатором трансформации китайской системы музыкальной педагогики — от традиции «учитель-ученик», основанной на устной передаче знаний с акцентом на индивидуальное межпоколенческое мастерство, где усвоение неявных знаний и техник достигается через длительное наблюдение и имитацию¹, к академической институциональной системе.

Следует заметить, что процесс распространения и адаптации новой для страны системы вокальной педагогики и стиля пения недостаточно освещён в научной литературе. В связи с этим, автор ставит перед собой задачу восполнить этот пробел, выявив различные аспекты, способствующие становлению новой для Китая манеры пения, которую в национальной традиции принято называть пением «бельканто». При этом замечаем, что к собственно технике бельканто настоящее понятие будет иметь отношение лишь в том случае, если в поле внимания исследователя попадает европейская оперная музыка соответствующего периода или творчество исполнителей, владеющих этой техникой.

С конца XIX и в начале XX столетия по всей Китайской Республике постепенно создавались музыкально-образовательные учреждения, такие как: музыкально-спор-

тивное отделение Высшей педагогической школы Чэнду (основано в 1907 году), основатель — У Юйчжан (был президентом Сычуаньской высшей школы в 1906 году и способствовал развитию образования нового стиля). Особенности системы обучения заключались в соединении курсов музыки и гимнастики и основывались на японской школьной музыкальной системе, объединённой с западно-европейской музыкальной теорией. Для этого использовались такие учебные материалы, как «Сборник обучающих песен» и «Хрестоматия для школьного пения» [3, с. 13–14].

Для внедрения новой системы обучения пению необходимо было создать соответствующие направления в существующих учебных заведениях либо открыть новые, где можно было развивать новые принципы обучения вокальному искусству.

В 1922 году ректор Пекинского университета Цай Юаньпэй, композитор и педагог Сяо Юмэй на базе Пекинского общества музыкальных исследований основали Музыкальный институт при Пекинском университете, а в 1927 году они же основали Шанхайскую национальную консерваторию музыки. Система обучения в этих образовательных учреждениях основывалась на западноевропейской традиции и включала такие дисциплины как гармония, контрапункт, анализ музыкальной формы и оркестровка. Как пишет Лю Ецю, систематическое введение курсов западноевропейской теории музыки в Музыкальном институте Пекинского университета и Шанхайской национальной консерватории музыки не только обеспечило научную и стандартизированную основу обучения пению в европейской манере, но и способствовало трансформации китайского вокального образования из традиционного в современное, став важной отправной точкой для локализации техники нового певческого искусства и методики обучения [6, с. 174].

Сяо Юмэй систематически внедрял европейскую систему обучения вокалу, включая классификацию голосов, оценку произведений и создание репертуарной библиотеки. Эта реформа перевела китайское вокальное образование с опыта наследования на научную подготовку и вос-

¹ Характерные проявления включают принципы «отец передает сыну» и «наставник обучает ученика», где педагоги не только преподают технику, но и формируют художественный стиль и профессиональную этику).

питала первое поколение педагогов вокала, таких как Хуан Юкуй (основатель современного вокального образования в Китае, чья философия преподавания была сосредоточена на систематичности, национализации, практичности и подчеркивала всесторонность вокального образования) и Юй Исюань, чья философия преподавания заключалась в формировании полной системы теории преподавания с «техническими спецификациями — методами обучения — принципами обучения» в качестве ядра, закладывая основу для обучения «китайскому бельканто» и способствуя его местному развитию [3, с. 28–29].

При содействии Цай Юаньпэя в 1928 году в Центральном университете Нанкина появился музыкальный факультет. Здесь также работал и Сяо Юмэй, который с 1928 года занимал должность профессора на кафедре музыки Центрального университета. Опираясь на немецкую систему музыкального образования, на факультете реализовывались такие специальности, как вокал, фортепиано и композиция, и использовались учебники «Основы музыкальной теории» и «Гармония», которые написал Сяо Юмэй [6, с. 174].

Распространению новой системы вокального обучения и европейской вокальной методике обучения пению немало способствовал опыт китайских музыкантов-вокалистов, получивших образование за рубежом.

В 1935 году Хуан Юкуй, известная впоследствии как первое сопрано Китая, отправилась учиться в Соединенные Штаты. Во время своего обучения она дала множество сольных концертов в Нью-Йорке и других местах. В её репертуаре было много народных песен с национальной спецификой. Стремясь освоить передовые западноевропейские техники пения, она начала знакомить зарубежные страны с традиционной китайской культурой. Хуан Юкуй стала первой певицей, которая объединила и практиковала школу «бельканто» с китайскими народными песнями.

В 1937 году певица Лан Юйсю отправилась изучать вокальную музыку в Королевскую консерваторию Брюсселя (Бельгия). В 1946 году она поступила на музыкальный факультет педагогического колледжа Цинциннати в штате Огайо, США, чтобы изучать игру на фортепиано, композицию и вокал. Два года спустя она получила степень бакалавра музыки. Затем выступала во многих странах, включая Корею, Италию и Францию. Она одинаково хорошо исполняла партии из европейских опер и камерно-вокальную музыку, а также серьёзно изучала традиционные китайские методы обучения пению. Она не только пыталась объединить «бельканто» с народными песнями, но и училась у артистов традиционной китайской оперы, пытаясь найти манеру пения, которая наилучшим образом могла соответствовать особенностям китайского голоса. Объединяя манеру пения традиционной китайской оперы с западноевропейской школой оперного пения, певица искала пути создания нового вокального искусства.

Вернувшись в Китай, Лан Юйсю много лет преподавала в Сычуаньской консерватории музыки и других учебных

заведения, используя свои новые методы вокального искусства для подготовки группы талантливых певцов с определенным профессиональным уровнем. Многие из ее учеников завоевали награды на вокальных конкурсах в стране и за рубежом и внесли важный вклад в развитие вокальной музыки «бельканто» в Китае. Это не только способствовало объединению исполнительского мастерства двух музыкальных культур, но и помогало развитию методов обучения вокалу.

Лан Юйсю известна не только как выдающийся педагог и певица, но и как переводчик текстов музыкальных произведений. Она свободно владела английским, французским, немецким и другими языками. Лан Юйсю перевела на китайский язык труды по теории вокала, такие как «Вокальный метод Карузо — научное развитие голоса» и «Методика преподавания Элизабет Шуман», а также составила сборник учебных материалов «Двадцать западноевропейских вокальных произведений», предоставив ценный материал для развития вокального образования в Китае [5, с. 107].

В 1938 году во Франции обучалась Чжоу Сяоянь, а затем давала сольные концерты по всей Европе, которые получили восторженные отклики и принесли ей прозвище «соловей Китая». Вернувшись на родину после окончания учебы, она работала в Шанхайской консерватории музыки и подготовила большое количество выдающихся певцов «бельканто» для нового Китая [7, с. 24–25].

Как считает исследователь Лю Ецю, все эти преподаватели вокала, вернувшиеся из-за рубежа, не только привезли с собой в Китай различные стили западноевропейских методов пения и теоретические системы, но и посвятили себя исследованию вокального образования в Китае, постоянно пытаясь создать систему нового вокального образования «бельканто» и преподавания с учётом китайской специфики. Они воспитали большое количество выдающихся талантов в области пения «бельканто» для Китая, а также подготовили педагогические кадры для дальнейшего обучения искусству «бельканто» [6, с. 174].

В 1930-х годах такие ученые, как Хуан Цзы и Чжао Юаньжэнь так же систематически внедряли в Китае западноевропейскую теорию музыки, способствуя трансформации вокального образования от наследования, основанного на опыте, к научному развитию. Например, переводя и вводя в практику европейские вокальные произведения. Китайское вокальное образование стало сосредотачиваться на базовых теориях, таких как контроль дыхания и применение резонанса, продолжая объединять западноевропейскую музыкальную теорию с традиционной китайской музыкой, чтобы сформировать систему вокальной теории с восточными особенностями. Интеграция этой теоретической системы не только повысила стандартизацию китайского вокального образования, но и заложила теоретическую основу для последующих художественных инноваций [3, с. 17].

Европейские методы обучения вокалу оказали глубокое влияние на китайскую технику пения. Как пишет

исследователь Гао Гэ, техника «общего резонанса», на которой акцентирует внимание «бельканто», побудила китайских вокалистов изучать соотношение грудного и головного резонанса в народном пении, сформировав манеру пения, которая «сочетала китайский и западно-европейский стиль». Например, сохраняя колорит национального языка, китайские вокалисты используют контроль дыхания и вокальную позицию «бельканто», чтобы сделать свои голоса более проникновенными и выразительными [2, с. 34–35].

Европейский стиль вокального искусства способствовал трансформации композиторского творчества в области вокальной музыки. Появление в Китае таких жанров как европейская опера и авторская песня, побудило китайских авторов попытаться объединить западноевропейскую музыкальную структуру с восточной эстетикой и создать классические произведения с национальным духом, такие как кантата «Желтая река» композитора Сянь Синхая. Это произведение опирается на европейские приемы мелодического и гармонического развития, а также включает в себя элементы китайской пентатоники. По сути это все еще традиционное китайское искусство, но оно впитало в себя европейскую музыкальную традицию и приемы художественного выражения.

В области национальной оперы китайские композиторы создали произведения, отражающие национальные особенности, такие как «Седая девушка» (авторы текста — Хэ Цзинчжи и Дин И, композиторы — Ма Кэ, Чжан Лу, Цюй Вэй, Ли Хуаньчжи и др.), опираясь на драматическую структуру европейской оперы и сочетая ее с китайским народным музыкальным материалом. Такое смешение стилей не только обогащает выразительные формы вокального искусства, но и способствует международному развитию китайского вокального исполнительства.

Европейские приемы вокальной композиции стимулируют новаторские искания китайских авторов. Благодаря интеграции западноевропейских композиторских приемов с элементами традиционной китайской музыки национальные вокальные произведения достигли преобразования в отношении гармонии и формы [3, с. 17–18]. При создании камерно-вокальной музыки китайские ком-

позиторы так же опираются на творческие приемы европейского музыкального профессионализма и сочетают их с ритмической красотой китайской поэзии, создавая произведения с восточной художественной концепцией. Как полагает Ван Шаовэй, эта творческая практика не только повышает художественный уровень китайских вокальных произведений, но и способствует диалогу между китайским вокальным искусством и мировой музыкой культурой [1, с. 39–40].

Европейская вокальная музыка оказала всестороннее влияние на китайское вокальное искусство, оставив глубокий след от теории до практики, от обучения до творчества. Это влияние способствовало модернизации китайского вокального искусства, позволив ему повысить свою международную конкурентоспособность, сохранив при этом свои национальные особенности.

Благодаря постоянному развитию музыкальной образовательной системы в целом, собственно вокальное образование в Китае постепенно совершенствовалось. В крупных музыкальных школах последовательно открывались независимые вокальные отделения, такие как вокальные и оперные отделения Центральной и Китайской консерваторий музыки в Пекине, вокальное отделение Шанхайской консерватории. Создание этих отделений позволило подготовить большое количество певцов и оперных артистов, выступающих на отечественной и международной сцене.

На данный момент европейские методы вокального обучения достаточно успешно интегрированы в Китае. Это находит свое отражение в самостоятельном исполнении вокальной музыки и создании учебных материалов, которые используются непосредственно китайскими педагогами в Китае. Современная образовательная практика показала, что европейская методика была успешно освоена и интегрирована, и на этой основе была создана дисциплинарная основа китайского вокального образования. Благодаря изучению западноевропейской музыки и ее исполнения в Китае была заложена теоретическая и практическая основа для последующего развития национальной вокальной музыки, а также создана прочная платформа для развития китайского вокального образования.

Литература:

1. Ван Шаовэй. Певец с высокими устремлениями, сад, полный талантливых учеников, творческий путь — Исследование преподавания вокальной музыки Ин Шаннэна // Шаньдунский педагогический университет. 2008/4/22. С. 14–71 (王少为 踌躇满志歌者心 桃李满园艺术路—应尚能声乐教学研究//山东师范大学. 2008/4/22. С.14–71). URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=En0qcdJbrGkETQE2s7CWt-feAe8MDJkkHJn9nT8SGIFJneNeUks_GsWPQPKKcIRRCX9h1umkZZmAO_6Eru6LqTkrUy4Yr7gsueR3Q1GBZzc_WuuYGPLHfAExfOEWRkeGPBzaIHeQuNxd_NbuzYRUw7_PvJU7TvL6mPBVPkYtzaYZrIa4Am4Y6Q==&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (дата обращения: 4.06.2025).
2. Гао Гэ. О «китайской национальной вокальной музыке» // Шэньсийский педагогический университет. 2005/4. С. 34–58 (高歌 浅论“中国民族声乐”//陕西师范大学. 2005/4. С. 34–58). URL: <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=En0qcdJbrGl45ecSnur62Sw1AGqxmkn3HgiLm8-suS2KAjyGPSfbIA01J7kG5UNmnKJ1FxCqw3i9ToXNzYRhxcaHflaIZHF3T2sQgIf2tVzqEGihoSOJeaHnU9Vi16SdhCCzKNs-IhEVhXSQ0NnnJcmFItCBY9TFEGLhQ3PPRmHEiBD-m79gQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS>. (дата обращения: 4.06.2025).

3. Ли Иньянь. Исследования распространения и развития европейской вокальной музыки в Китае в конце династии Цин и начале Китайской Республики // Факультет музыки, Педагогический университет Цзяньцзян. 2016/5. С. 13–61 (李莹洋 清末民初欧洲声乐在中国的传播发展研究//江苏师范大学音乐学院. 2016/5. С.13–61). URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=En0qcdJbrGnxUhQ8sDoqJxdmdqkZQIqboXHtB2lO0GB__Z3mjYrrjWmPGCLr2r8UUD7WHJZJ-W9MiI0WnyCQzrAVssLy97wrb_nB4IadGhmg1VMEgGvHqEwc4_UvCK2kkQfG5o7ipSHC_opYTDfT3JEH0NwQ9HA_69-RgVSBu0QCs8fEqaA6-2Gku7PQO9c&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (дата обращения: 4.06.2025).
4. Ли Фанцин. Инновации в преподавании вокальной музыки в колледжах и университетах // Образование взрослых в Китае. 2008/11. С. 149–160. (李芳琴 高校声乐教学的创新//中国成人教育. 2008/11. 149–160). URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=En0qcdJbrGl-YVdcOUMUQodCr6jgA04TuxMXxC9MQPN3CzGx5h2C4fHQwgJ5WRQ-LGCbEBE57IWF7utAdRdoBlPebGuOEwz2iLC4JlBjeRoBfKvDYi-qL1Ko2g8FnoVLZiDkF_4XtQiBfZ-CmSQP0MRKR564-FoOZN9B8fGjCXOr1uiQg8W_NA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (дата обращения: 4.06.2025).
5. Лю Гуйчжэнь. Исследования музыкальной культуры и образования // Издательство Сычуаньской академии социальных наук. 2019/9. С. 107–219 (刘桂珍 音乐文化 with 教育研究//四川省社会科学院出版社. 2019/9.107–219). URL:<https://webvpn.nsi.edu.cn/https/77726476706e69737468656265737421f2f84e9769347d48771dc7af9758/views/specific/4010/bookDetail.jsp?dxNumber=000018612841&d=CD51AFA1C90C9A384FBF95A1992D44C0&fenlei=10090102&sw=%E9%9F%B3%E4%B9%90%E6%96%87%E5%8C%96%E4%B8%8E%E6%95%99%E8%82%B2%E7%A0%94%E7%A9%B6>. (дата обращения: 4.06.2025).
6. Лю Ецю. О влиянии бельканто на формирование и развитие китайского народного пения // Журнал Нинсяского университета (гуманитарные и социальные науки). 2018/7. С.174–178. (刘叶秋 试论美声唱法对中国民族唱法形成与发展的影响//宁夏大学学报(人文社科). 2018/7.174–178). URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=En0qcdJbrGlrrwwhkV6jp5AAXHBno3UcwPDbFX296nNhY-fN_jeO1LBjOT4PoghlgiKhM_YhjJfHBSUik_S7T9IImoZlr5gtxeo4MPTKwGRBgVqsogsJe9wXfnFE_MyIJrNjfo9k0MBPKdaPcZFgdgXs2GeBIqre8fuIqsyok4S2Ye8NtwfrkRw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (дата обращения: 4.06.2025).
7. Чжан Цзянь. Обзор развития бельканто в современном Китае // Шэньсийский педагогический университет. 2008/5. С. 25–41(张坚 美声唱法在当代中国发展概论//陕西师范大学. 2008/5. 25–41). URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=En0qcdJbrGLYje-K1szLpTPCBj5hFbfvKIuhV4HHMNnYi1QT6Kr-zKyzr1FFS9nmGDef81k8IFQod_sc5Buv3t70GuqzDE4bUNzP0G8xBiwUFcy78HOkVAEX1dVsv9DWtenB5XNffpSKi76sAQhCvYmpBo5K4y0b6z9iuXtj8vdrDU5NMqS4w==&uniplatform=NZKPT&language=CHS. (дата обращения: 4.06.2025).

Викторианская сказочная живопись в творчестве Артура Рэкхема (на примере иллюстраций к книге «Питер Пэн в Кенсингтонском саду»)

Яхина Алина Тимуровна, студент

Российская академия живописи, ваяния и зодчества Ильи Глазунова (г. Москва)

Иллюстрации Артура Рэкхема относятся к художественному направлению «Сказочная живопись», появившемуся в середине XIX в. в Англии, которое характеризуется изображением волшебных существ, сюжетов из фольклора и воображения художника. Задачи исследования включают изучение работы с цветом, подход к созданию композиции, а также анализ техник и графических приемов в иллюстрациях Артура Рэкхема к повести «Питер Пен в Кенсингтонском саду». В работе использован комплексный подход, включающий в себя приемы искусствоведческого, историко-культурологического и формально-стилистического анализа. В результате исследования было выявлено, что основными стилистическими особенностями А. Рэкхема являются линейная техника, использование пирамидальной композиции и применение цвета в качестве вспомогательного средства. Все художественные приемы, используемые А. Рэкхемом, направлены на построение композиции, которая способствует фокусировке внимания зрителя на идейном центре, который раскрывает смысл иллюстрации.

Ключевые слова: книжная иллюстрация, графика, сказочная живопись, Артур Рэкхем, Викторианская эпоха.

В середине XIX в. в Англии, в эпоху Романтизма, возрастает интерес к истории и фольклору Британских островов. Публикации британских сказок и легенд сопровож-

ждаются иллюстрациями в «сказочном» жанре. Впервые Викторианскую сказочную живопись охарактеризовал как отдельное направление в изобразительном искус-

стве британский историк искусства Джереми Маас [1, с. 410]. «Сказочная живопись» характеризуется изображением волшебных существ, сюжетов из фольклора и воображения автора, а также животных, птиц, насекомых, которые включены в сказочные сюжеты [1, с. 410]. Графические работы в жанре сказочной живописи появились позже картин, выполненных в станковом формате. Одним из наиболее значимых графиков второй половины XIX в. был Артур Рэкхем (1867–1939), который проиллюстрировал сказочную повесть «Питер Пэн в Кенсингтонском саду», опубликованную Джеймсом Барри (1860–1937) в 1902 г. Работы А. Рэкхема являются примером зрелого стиля «сказочной живописи», в котором отражаются эстетические предпочтения эпохи и книжной графики.

Обращение к искусствоведческим работам, посвященным теме сказочной живописи позволит изучить влияние других графиков на творчество художника, а также проанализировать, какие стилистические особенности выделяют исследователи в иллюстрациях Артура Рэкхема.

П. Тримпе в статье «Викторианская сказочная живопись в книжной иллюстрации» отмечает «умелый, замысловатый линейный стиль» А. Рэкхема [6, с. 60], в котором заметно влияние Д. Крушанка и Р. Ойля, совмещенное с более фантастическим влиянием современника О. Бердслея. Кроме того, П. Тримпе выделяет присущее иллюстрациям к «Питеру Пэну в Кенсингтонском саду» «удивительное соединение фантастики и реальности» [6, с. 61], способное пробудить воспоминания о конкретных реальных местах, упоминаемых в повести, что необычно для современников графика, таких как Э. Дюлак, Ч. Роббинс и других мастеров [6, с. 61].

О влиянии О. Бердслея на А. Рэкхема также пишет Д. Л. Лебедев в статье «О. Бердслей и А. Рэкхем: тонкости влияния» [2]. Исследователь считает, что раннее творчество Бердслея, а именно иллюстрации к «Смерти Артура» (1893–1894) оказало воздействие на Рэкхема и отразилось в оформлении «Легенд Инголдсби» (1898) и «Романа о короле Артуре и его рыцарях круглого стола» (1917) [2, с. 99–101]. Рэкхем в начале своей художественной карьеры рисовал карикатуры на рисунки О. Бердслея («Кошмар: ужасный результат размышлений об Обри Бердслее после ужина», 1894), где упрощенно, в пародийной манере использовал элементы его авторского стиля. Карикатура «Кошмар...» и другие свидетельствуют о подробном изучении А. Рэкхемом стиля О. Бердслея. [2, с. 99]

Адам Золковер среди особенностей в подходе Артура Рэкхема к иллюстрации подчеркивает его привычку использовать свою внешность в качестве модели для изображения «причудливых существ», в результате чего возникает «поразительное сходство» персонажей с внешностью художника, которое часто заметно. Помимо этого, автор отмечает мастерство А. Рэкхема в чувстве линии, искусности в работе с трехцветной палитрой, использование приглушенных оттенков среди стилистических особенностей [7, с. 802].

Анализ творчества Артура Рэкхема в научных работах, посвященных сказочному стилю был направлен на изучение влияний других художников на его творчество. Исследований, включающих в себя подробный анализ художественной манеры и выявляющих конкретный набор индивидуальных композиционных, колористических черт, а также техники художника на данный момент нет.

Цель работы — исследовать особенности сказочного стиля в книжной графике А. Рэкхема в контексте «сказочной живописи». Для реализации поставленной цели в работе решались задачи — выявить индивидуальные стилистические особенности Артура Рэкхема: изучить его работу с цветом, композицией и охарактеризовать графические приемы.

В работе использован комплексный подход, включающий в себя приемы искусствоведческого, историко-культурологического и формально-стилистического анализа.

Актуальность работы заключается в возможности выявить индивидуальные особенности графики А. Рэкхема, его композиционные и цветовые решения, определить, какие черты стали частью индивидуального стиля художника под влиянием других иллюстраторов, и исследовать, как они соотносятся со сказочным стилем конца XIX — начала XX в. в книжной иллюстрации.

Творчество А. Рэкхема выделяется композиционными решениями. В первую очередь, можно заметить, что в иллюстрациях художник нередко обращается к композиции, выстроенной по форме треугольника. (Рис. 1, 2).

На иллюстрации «The lady with the balloons, who sits just outside» (Рис. 1) в левой части изображена дама с зонтом. Она и мужчина справа становятся «основанием» треугольника, а женщина с воздушными шарами является «вершиной» фигуры.

На иллюстрации «These tricky fairies sometimes change the board on a ball night» (Рис. 2) основанием выступают столбы забора, а фигуры сказочных существ, забирающихся на щит, являются «вершиной». Суть такой композиции заключается в размещении ключевых элементов изображения внутри треугольника, либо же вдоль линий, образующих его. Таким образом, зритель начнет просматривать изображение от основания к вершине, и его внимание прежде всего будет фокусироваться на композиционном центре иллюстрации — вершине треугольника.

Этот прием удачно использован художником на приведенных выше рисунках: удивленные люди на переднем плане (Рис. 1) приковывают внимание зрителя, побуждая его задуматься о причине их недоумения, тогда же условно проведенные линии сторон треугольника ведут взгляд смотрящего к даме с воздушными шарами, и тогда смысл изображения становится понятен. То же самое можно сказать и про рисунок под номером 2 (Рис. 2): ключевая фигура — сказочное существо, заменяющее время на щите, справа и ниже от него — товарищи, помогающие совершить проделку. Если принять за основание треугольника столбы забора, то треугольная композиция отчетливо чи-



Рис. 1. «The lady with the balloons, who sits just outside»



Рис. 2. «These tricky fairies sometimes change the board on a ball night»

тается. Использование такого приема помогает добавить иллюстрации динамики и движения, а также облегчает ее восприятие: глаз невольно двигается по фигуре и фокусируется на композиционном центре.

Иллюстрация под названием «Building the house for Maimie» (Рис. 3) также примечательна композиционным решением.

Эльфы, стоящие на дымоходе, совпадают с точкой схода перспективы, расположенной на горизонте. К ней нас ведет сразу несколько элементов: это и лестница, и толпа волшебных существ, идущих по тропинке из глубины леса. А. Рэкхем располагает элементы и персонажей так, чтобы взгляд зрителя двигался по кругу: смотря на вереницу волшебных созданий, выходящих из чащи,

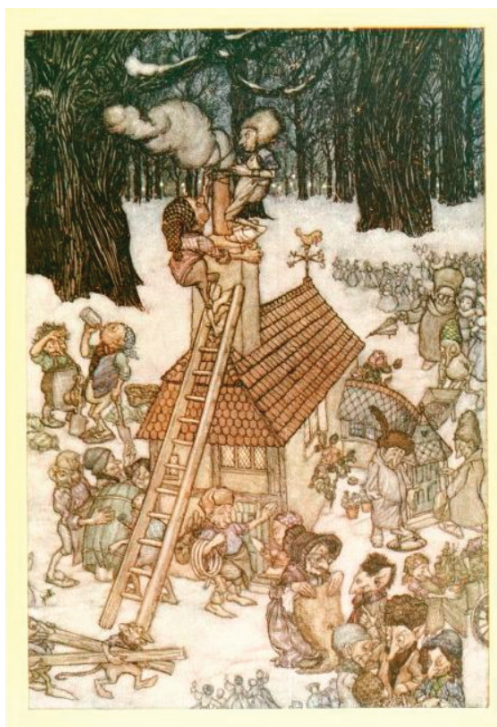


Рис. 3. «Building the house for Maimie»



Рис. 4. «Fairies are all more or less in hiding until dusk»

взор постепенно двигается к дому, а затем, поднимаясь по лестнице, встречает двух эльфов, которые венчают композицию. Благодаря использованию художником такого приема внимание зрителя будет плавно перемещаться по изображению и возвращаться в изначальную точку, по мере движения постепенно раскрывая смысл происходящего на иллюстрации.

Особого внимания требует анализ техники, в которой работает А. Рэкхем. Художник использует комбинацию линейной и акварельной техник, причем акварель часто применяется лишь для заливки фрагментов композиции. Для передачи объема, формы, динамики, а также детализации отдельных элементов художник-график пользуется исключительно линией, контролируя ее нажим и тол-

щину, используя штриховку. Иллюстрация под названием «Fairies are all more or less in hiding until dusk» (Рис. 4) показательна в отношении использования линейной техники.

Самым детально проработанным фрагментом рисунка является дерево. Линиям художник придает изгиб, повторяющий форму ветвей и корней, благодаря чему достигается правдоподобная коре дерева текстура. Четкие и частые линии штриховки в его изображении также делают дерево наиболее контрастным элементом в композиции. А. Рэкхем «управляет» взглядом зрителя, делая отдельные элементы рисунка очень детализированными, а другие оставляя менее проработанными, чтобы не отвлекать внимание от композиционного центра. Таким образом, линия является не только техническим приемом в работах художника, но и композиционным.

Работа А. Рэкхема с цветом также имеет свои особенности — художник обычно использует трехцветную палитру. На иллюстрации с деревом (Рис. 4) в основном применяются коричневый, зеленый и серый цвета. Акварель лежит полупрозрачно, придавая элементам рисунка лишь легкий оттенок. Передний план по тону более контрастен, чем задний, что свидетельствует о желании иллюстратора привлечь внимание к происходящему здесь. На переднем плане зритель может увидеть подробности подземной жизни фей, рассмотреть устройство их жилища. Этот фрагмент ключевой в композиции, поэтому художник использует насыщенный коричневый в изображении деревянных стен, а для одеяния фей использует средние по насыщенности фиолетовый и оранжевый цвета. Задний план же раскрашен условно: для его проработки использован только сильно разведенный с водой зеленый цвет, потому что значимых для раскрытия сюжета элементов там не изображено. Таким образом, в иллюстрациях А. Рэкхема наиболее важен не сам цвет, а работа художника с тоном и насыщенностью. Регулирование тоновых отношений способствует фокусированию взгляда на композиционном центре, главном элементе изображения, который раскрывает ее сюжет. Цвет является скорее вспомогательным средством выразительности и используется художником чтобы придать изображению нужное настроение, «оживить» его. В иллюстрациях художника-графика нет сложных, необычных цветовых решений, цвет функционален.

Подводя итог, творчество А. Рэкхема представляет собой пример типичной «сказочной живописи». Ху-

дожник иллюстрирует произведение, в котором главными действующими лицами являются феи. На работах графика к «Питеру Пэну в Кенсингтонском саду» практически в каждом изображении можно увидеть различных волшебных существ: фей, эльфов, троллей, а также фэнтезийные мотивы, например, сказочные пейзажи и локации. Эти мотивы используются иллюстратором для создания атмосферы, визуального дополнения текста и для раскрытия истории, где реальный мир смешивается с миром фантазии.

Основным техническим приемом А. Рэкхема является линия, благодаря которой иллюстрации приобретают характерный объем и динамичность, а лица персонажей — экспрессию. Выразительность графических работ А. Рэкхема достигается посредством управления толщиной линии и владения штриховкой. Благодаря контролю нажима на перо при штриховке художнику удается передать объемность отдельных элементов. Мастерство иллюстратора также выражается в умении сохранять баланс между подробно проработанными фрагментами и свободными от линии местами, где используется только акварель. Акварельные краски А. Рэкхем кладет лессировочно, тонким слоем, детализируя только те элементы композиции, которые важны для понимания сюжета. В колористических решениях художник тяготеет к использованию ненасыщенных цветов, яркие оттенки используются с целью акцентирования внимания на идейном центре иллюстрации. С помощью такого метода достигается гармоничная композиция, в которой взгляд зрителя фокусируется на детально изображенном, ключевом фрагменте композиции. Цвет в работах А. Рэкхема не играет значительной роли и используется лишь для придания общего настроения, присущего сюжету иллюстрации.

Главными стилистическими особенностями А. Рэкхема являются сложная линейная техника, использование пирамидальной композиции и применение цвета в качестве вспомогательного средства. Все особенности художественной манеры графика направлены на построение композиции и помогают грамотно расположить элементы рисунка вокруг композиционного центра, который зачастую совпадает с идейным центром. Художник, управляя взглядом зрителя, помогает моментально осмыслить изображенный сюжет.

Литература:

1. Кирюхина, Е. М. Эволюция викторианской сказочной живописи: от Ричарда Дадда к Беатрикс Поттер / Е. М. Кирюхина. // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. — 2012. — № 3. — С. 410–416.
2. Лебедев, Д. Л. О. Бердслей и А.Рэкхем: тонкости влияния / Д. Л. Лебедев. // Художественное образование и наука. — 2021. — № 1 (26). — С. 97–107.
3. Михайлина, О. Ю. Сказочный жанр в английской литературе и живописи / О. Ю. Михайлина. // Культура народов Причерноморья. — Симферополь: Межвузовский центр «Крым», 2004. — С. 111–116.
4. The Project Gutenberg E-text of Peter Pan in Kensington Gardens by J. M. Barrie. — Текст: электронный // www.gutenberg.org: [сайт]. — URL: <https://www.gutenberg.org/files/26998/26998-h/26998-h.htm#img-003t> (дата обращения: 04.05.2025).

5. Maas, J. Victorian Fairy Painting / J. Maas. — London: Merrell Holberton, 1997. — 160 p.
6. White, T. P. Victorian Painting Book Illustration / T. P. White. // Victorian Fairy Painting. — London: Merrell Holberton, 1997. — P. 54–62.
7. Zolkover, A. The Greenwood Encyclopedia of Folktales and Fairy Tales / A. Zolkover. — Westport, Connecticut: Greenwood Press, 2008. — 1160 p.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 23 (574) / 2025

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 18.06.2025. Дата выхода в свет: 25.06.2025.

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.