

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



16+

24 2025
ЧАСТЬ I

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 24 (575) / 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 *Евгений Викторович Анисимов* (1947), советский и российский историк.

Евгений Викторович родился в городе Александрове Владимирской области.

Когда будущий историк был еще ребенком, к нему в руки попал роман Алексея Николаевича Толстого «Петр Первый». Легко догадаться, как сильно повлияла эта книга на жизнь Евгения Анисимова: он не только увлекся историей, но и буквально влюбился в Санкт-Петербург.

В 1970 году он окончил исторический факультет Ленинградского государственного педагогического института имени А. И. Герцена. Через несколько лет защитил кандидатскую диссертацию, а затем получил степень доктора исторических наук. Уже больше 40 лет Евгений Викторович работает в Санкт-Петербургском институте истории РАН (бывшее Ленинградское отделение института истории СССР). С 1995 года он профессор кафедры истории России СПбГЭУ. Также Анисимов является руководителем департамента истории Высшей школы экономики, в качестве приглашенного профессора преподает в различных университетах России, Европы и США, входит в состав Совета по науке и образованию при Президенте РФ.

В течение долгого времени профессор Анисимов был автором и ведущим нескольких телевизионных программ: «Дворцовые тайны», «Пленницы судьбы» и «Кабинет истории». Будучи специалистом по истории Российского государства XVII–XVIII веков, Евгений Анисимов издал первые научные биографии императриц Анны Иоанновны и Елизаветы Петровны.

Всего Евгений Викторович опубликовал более 250 печатных работ. Он автор не только научных трудов и учебников, но и книг, рассчитанных на широкую аудиторию: «Дворцовые тайны», «История России от Рюрика до Пу-

тина. Люди. События. Даты», «Хронология российской истории. Россия и мир», «Женщины на российском престоле», «Дыба и кнут. Политический сыск и русское общество в XVIII веке», «Генерал Багратион: жизнь и война», «Куда ж нам плыть? Россия после Петра Великого».

Как пишет сам автор, его цель — отойти от принятого в учебниках и пособиях скучного, однообразного изложения российской истории. Он пишет просто, но не примитивно. По мнению Анисимова, важно «перебегать от микроскопа к телескопу», обращать внимание не только на крупные события. Людям прежде всего интересны люди, поэтому автор часто рассказывает о судьбах разных исторических личностей.

Любовь к Санкт-Петербургу у Анисимова вылилась в авторский курс лекций «Санкт-Петербург — столица Петра I и его империи», который доступен широкой аудитории. Историк подробно рассказывает о создании северной столицы, показывает сложные процессы трансформации политики российских императоров, освещает роль архитекторов и скульпторов, повлиявших на образ Санкт-Петербурга. Город предстает перед слушателями как живой организм, сыгравший ключевую роль в истории России и Европы.

Евгений Анисимов был удостоен множества престижных наград, в их числе премия правительства Российской Федерации в области культуры, Анциферовская премия, серебряная медаль княгини Дашковой, Всероссийская историко-литературная премия «Александр Невский», премия митрополита Макария, литературная премия книжного фестиваля «Невский форум».

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Маймыш А. Б.

Решение задачи типа Коши
с конформальной дробной производной 1

ФИЗИКА

Кочарян Э. А., Андриадис Н. А.

Исследование разряда щелочных
элементов при резистивной нагрузке 4

ХИМИЯ

Ганцев А. В., Чумаков Д. А.

Разработка импортозамещающих моторных
масел для легковых автомобилей. Часть II 8

Nguyen Thanh Hoa

High-Efficiency Removal of Heavy Metals
from Electroplating Wastewater Using
Electrocoagulation 11

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алесин П. А.

Внедрение автоматизации внеучебной
деятельности обучающихся и ее
эффективность 15

Бадгиева Э. Р.

Искусственный интеллект как новая форма
искусства 19

Ильин И. И.

Формирование функциональных требований
к автоматизированной системе учета
отчетности о техническом обслуживании
базовых станций 23

Ильин И. И.

Использование теории баз данных
в разработке систем учета операционной
деятельности телекоммуникационных
компаний 25

Петенёва Е. С., Середа Л. С., Раньжева М. А.

Автоматизация системы управления
закупками и Департамента образования
и науки города Москвы 27

Смирнова Ю. А.

Разработка и реализация веб-приложения
для решения задач дискретной оптимизации ... 30

Сорокин С. С.

Перенос проекта с платы EP4CE622 на плату
AX7035B 34

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Андреев Д. А.

Анализ наливаний минеральных удобрений
в производстве на внутренних стенках
оборудования с использованием технологий
лидара, сканеров и искусственного
интеллекта перед проведением
технологических чисток аппаратов 37

**Гнедин Л. Ю., Ефимченко М. В., Киселев Я. А.,
Крючков И. С.**

Улучшение обслуживания электропоездов
путём увеличения ремонтных мощностей 39

Колкин С. А.

Сравнительный анализ норм проектирования
при расчете на продавливание плиты
перекрытия торцевым участком стены 43

Лысенко М. Д., Савлюков И. А.

Беспилотные летательные аппараты
как негативный фактор использования
воздушного пространства. Варианты его
устранения 48

Омарова А. Ш.
Энергосберегающий профиль наклонно
направленных скважин51

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН
И СТРОИТЕЛЬСТВО

Дунаева В. П.
Эффективные способы подачи бетонной
смеси при производстве монолитных работ
в жилом строительстве57

Кольцов А. Е.
3Д-моделирование здания государственного
архива60

Пименова А. В.
«Краткий современный православный
Домострой»: дизайн как инструмент
трансляции духовных ценностей в регионе
Коми65

Хамидулин Д. М.
Проектирование быстровозводимых
деревянных зданий для условий Крайнего
Севера67

МАТЕМАТИКА

Решение задачи типа Коши с конформабельной дробной производной

Маймыш Асылжан Бауыржанкызы, студент

Научный руководитель: Космакова Минзиля Тимербаевна, PhD, доцент
Карагандинский университет имени академика Е. А. Букетова (Казахстан)

В статье автор исследует на разрешимость задачу типа Коши, в уравнении которой содержатся слагаемые с конформабельной дробной производной.

Ключевые слова: конформабельная дробная производная, задача типа Коши, метод Лагранжа.

Введение

Конформабельные производные являются сравнительно новой формой дробных производных, которые сохраняют важные свойства обычных производных (линейность, цепное правило и др.), что делает их удобными для анализа и моделирования. Такие производные успешно применяются в моделировании процессов с эффектом памяти или наследуемости (в физике, биологии, экономике и инженерии), а задача Коши — это базовая постановка, определяющая начальные условия и развитие процесса.

Пусть функция $f: [0, \infty] \rightarrow \mathcal{R}$. Тогда, для всех $t > 0$ “конформабельная дробная производная” от функции f определяется в виде [1]:

$$(f)(t) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{f(t + \varepsilon t^{1-\alpha}) - f(t)}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где $\alpha \in (0, 1)$ и является порядком дробной производной.

Если у функции f существует конформабельная дробная производная порядка α , тогда будем говорить, что f α -дифференцируемая.

Если функция $f: [0, \infty] \rightarrow \mathcal{R}$ α -дифференцируемая в точке $t_0 > 0$, $\alpha \in (0, 1]$, тогда f — непрерывная в точке t_0 .

Пусть $\alpha \in (0, 1]$ и функции f, g, α — дифференцируемые функции при $t > 0$. Тогда справедливы следующие соотношения:

- 1) $T_\alpha(af + bg) = aT_\alpha(f) + bT_\alpha(g)$.
- 2) $T_\alpha(t^p) = pt^{p-\alpha}$.
- 3) $T_\alpha(\lambda) = 0$, для всех линейных функций $f(t) = \lambda$.
- 4) $T_\alpha(fg) = T_\alpha(f)g + T_\alpha(g)f$.
- 5) $T_\alpha\left(\frac{f}{g}\right) = \frac{T_\alpha(f)g - T_\alpha(g)f}{g^2}$.

Если f дифференцируемая функция, тогда [2]:

$$T_\alpha(f)(t) = t^{1-\alpha} \frac{df}{dt}(t). \quad (3)$$

Постановка задачи

В области $0 < t_0 \leq t < +\infty$, требуется найти решение уравнения:

$$T_\alpha^{(2)}y(t) + t^\alpha T_\alpha y(t) - \alpha y(t) = f(t), \quad (4)$$

где $f(t)$ — непрерывная дифференцируемая (в классическом смысле) функция при $t > 0$. Решение дифференциального уравнения удовлетворяет следующим условиям:

$$y(t_0) = 0, y'(t_0) = 0, \quad (5)$$

где $\alpha \in (0, 1]$ — порядок производной.

Решение ищем в пространстве функций: $y(t) \in C^{(2)} [0; T]$, где $\text{const } T > 0$.

Задачу типа Коши (4)-(5) решаем методом вариации произвольных постоянных [3].

Решение задачи типа Коши (4)-(5)

Используя свойство (3) конформальной дробной производной, вычислим $T_\alpha^{(2)} y(t)$:

$$T_\alpha y(t) = t^{1-\alpha} y'(t) \quad (6)$$

$$T_\alpha^{(2)} y(t) = T_\alpha(t^{1-\alpha} y'(t)) = t^{1-\alpha} (t^{1-\alpha} y'(t))' = t^{1-\alpha} ((1-\alpha)t^{-\alpha} y'(t) + t^{1-\alpha} y''(t)). \quad (7)$$

Подставив (6) и (7) в уравнение (4), получим обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка:

$$t^{2-2\alpha} y''(t) + ((1-\alpha)t^{1-2\alpha} + t) y'(t) - \alpha y(t) = f(t). \quad (8)$$

Общее решение однородного уравнения, соответствующего уравнению (8), имеет вид:

$$y_{\text{одн}}(t) = C_1 \left[\exp\left(-\frac{t^{2\alpha}}{2\alpha}\right) + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} t^\alpha \operatorname{erf}\left(\frac{t^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right] + C_2 t^\alpha. \quad (9)$$

где $\operatorname{erf}(z)$ — функция ошибок.

Общее решение неоднородного уравнения ищем методом вариации постоянных, константы C_1 и C_2 в выражении (9) варьируем, то есть решение неоднородного уравнения ищем в виде:

$$y(t) = C_1(t) \left(\exp\left(-\frac{t^{2\alpha}}{2\alpha}\right) + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} t^\alpha \operatorname{erf}\left(\frac{t^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right) + C_2(t) t^\alpha, \quad (10)$$

где $C_1(t)$ и $C_2(t)$ — пока неизвестные функции. Следуя методу Лагранжа, найдем $C_1(t)$ и $C_2(t)$:

$$C_1(t) = -\frac{1}{\alpha} \int_{t_0}^t \tau^{2\alpha-1} \exp\left(\frac{\tau^{2\alpha}}{2\alpha}\right) f(\tau) d\tau + C_1,$$

$$C_2(t) = \frac{1}{\alpha} \int_{t_0}^t (\tau^{\alpha-1} + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} \tau^{2\alpha-1} \exp\left(\frac{\tau^{2\alpha}}{2\alpha}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{\tau^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right)) f(\tau) d\tau + C_2.$$

Подставив найденные $C_1(t)$ и $C_2(t)$ в (10), получим общее решение неоднородного дифференциального уравнения 2-го порядка (8):

$$y(t) = C_1 \left(\exp\left(-\frac{t^{2\alpha}}{2\alpha}\right) + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} t^\alpha \operatorname{erf}\left(\frac{t^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right) + C_2 t^\alpha + \frac{1}{\alpha} \int_{t_0}^t f(\tau) g(t, \tau, \alpha) d\tau, \quad (11)$$

где $g(t, \tau, \alpha)$:

$$g(t, \tau, \alpha) = -\tau^{2\alpha-1} \exp\left(\frac{\tau^{2\alpha}}{2\alpha}\right) \left(\exp\left(-\frac{t^{2\alpha}}{2\alpha}\right) + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} t^\alpha \operatorname{erf}\left(\frac{t^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right) +$$

$$+ t^\alpha \left(\tau^{\alpha-1} + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} \tau^{2\alpha-1} \exp\left(\frac{\tau^{2\alpha}}{2\alpha}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{\tau^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right). \quad (12)$$

Применив начальные условия (5) к полученному общему решению (12), найдем $C_1 = C_2 = 0$.

Методом от «противного» можно показать, что полученное решение будет единственным.

Основной результат

Доказана Теорема

Теорема

В области $0 < t_0 \leq t < +\infty$, задача типа Коши:

$$T_\alpha^{(2)} y(t) + t^\alpha T_\alpha y(t) - \alpha y(t) = f(t),$$

$$y(t_0) = 0, y'(t_0) = 0,$$

где $f(t)$ — непрерывная дифференцируемая (в классическом смысле) функция при $t > 0$, $T_\alpha y(t)$ — конформальная производная порядка $\alpha \in (0, 1]$,

имеет единственное решение в пространстве функций: $y(t) \in C^{(2)} [0; T]$, где $\text{const } T > 0$, определяемое формулой

$$y(t) = \frac{1}{\alpha} \int_{t_0}^t f(\tau) g(t, \tau, \alpha) d\tau,$$

где

$$g(t, \tau, \alpha) = -\tau^{2\alpha-1} \exp\left(\frac{\tau^{2\alpha}}{2\alpha}\right) \left(\exp\left(-\frac{t^{2\alpha}}{2\alpha}\right) + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} t^\alpha \operatorname{erf}\left(\frac{t^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right) + t^\alpha \left(\tau^{\alpha-1} + \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}} \tau^{2\alpha-1} \exp\left(\frac{\tau^{2\alpha}}{2\alpha}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{\tau^\alpha}{\sqrt{2\alpha}}\right) \right),$$

где $\operatorname{erf}(z)$ — функция ошибок.

Заключение

Итак, в работе

- 1) Изучено понятие конформабельной дробной производной.
- 2) Произведена постановка задачи типа Коши с конформабельной дробной производной в уравнении.
- 3) Доказана теорема существования и единственности решения поставленной задачи.

В-дальнейшем планируется:

- 1) Расширить интервал изменения порядка производной
- 2) Рассмотреть применение конформабельной дробной производной для решения дифференциальных уравнений в частных производных.
- 3) Исследовать на разрешимость задачу типа Коши, в которой начальные условия содержат конформабельную дробную производную.

Литература:

1. R. Khalil A new definition of fractional derivative// Journal of Computational and Applied Mathematics. — 2014. — 264 (2014) 65–70. — P. 65–70.
2. Thabet Abdeljawad On conformable fractional calculus // Journal of Computational and Applied Mathematics. — 2014. — 279(2015)57–66. — P. 58–66.
3. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. — М.: МЦНМО, 2012.

ФИЗИКА

Исследование разряда щелочных элементов при резистивной нагрузке

Кочарян Элен Араиковна, студент;

Андриадис Ника Арсеновна, студент

Научный руководитель: Кириллов Андрей Михайлович, кандидат физико-математических наук, доцент
Сочинский государственный университет

Введение

Вопросы обеспечения автономности электроснабжения решаются различными способами: ветрогенераторы; солнечные батареи [1]; гидрогенераторы погружного типа (на быстрых горных реках); электрогенераторы с приводом от двигателя внутреннего сгорания; и, наконец, химические источники (аккумуляторные батареи — АКБ и гальванические элементы — ГЭ) [2].

Наиболее простой способ питания маломощных и низковольтных электрических приборов — это питание от химических источников. В этом случае при эксплуатации необходимо вовремя производить зарядку АКБ и смену разрядившихся ГЭ [3]. Поэтому исследования физических, химических, физико-химических и др. процессов, протекающих в химических источниках и прямо или косвенно влияющих на их эксплуатационные характеристики, являются несомненно актуальными.

В данной работе приведены результаты исследований влияния непрерывной (долговременной) резистивной нагрузки (потребителя с постоянным во времени активным электрическим сопротивлением) на характеристики гальванического источника питания (разрядный ток, электродвижущая сила — ЭДС).

Объектом исследования были выбраны щелочные (щелочные) «пальчиковые» (mignon) батарейки марки Libberhaus Energy AA (LR6) с напряжением (ЭДС) 1,5 В. Они долго держат заряд и используются для приборов со стандартным и повышенным энергопотреблением, работающим автономно и не требующим подключения к сети (фотоаппаратов, радиоприёмников, часов, компьютерных мышек, игрушек и мн. др.). Это марганцево-цинковые гальванические элементы с щелочным электролитом, благодаря которому элемент более энергоемкий в сравнении с соляным аналогом. Они надежны и безопасны в использовании: химическая реакция сопровождается минимальным выделением газа, а герметичный корпус исключает протекание электролита. У щелочных

элементов длительный срок хранения: могут храниться без использования и потери эксплуатационных качеств до 5–7 лет. Такими качествами являются, например, устойчивость к воздействию высокой нагрузки и перепадам температуры, стабильность работы в условиях низких температур, равномерность потери заряда и поддержка стабильной мощности при минимальном заряде. К недостаткам можно отнести: высокую стоимость (дороже солевых); необходимость утилизации (специальные методы); больший по сравнению с прочими батарейками вес; невозможность повторной зарядки, что, собственно, относится к подавляющей части батареек других типов.

Основная часть

Исследования проводились с использованием резисторов с номинальным сопротивлением $R_1=10$ кОм и $R_2=5,1$ кОм, включавшихся последовательно с источником питания (две последовательно включенные батарейки, находящиеся в батарейном отсеке). Измерительным устройством служил цифровой мультиметр марки DT-832.

Схема нагружения и измерения силы разрядного (рабочего) тока представлена на фотографии (рис. 1).

Результаты измерений силы разрядного тока представлены в таблице 1.

Из таблицы можно видеть, что уменьшение силы разрядного тока происходит достаточно медленно: за 10 часов работы схемы уменьшение составило около 7 % (для $R_1=10,0$ кОм) и 1 % (для $R_2=5,1$ кОм).

Графически изменение силы разрядного тока при сопротивлении резистора $R_1=10,0$ кОм показано на графике, представленном на рис. 2.

На графике (рис. 2) можно видеть, что разряд идет относительно равномерно. Прямая (рис. 2), отражающая зависимость разрядного тока I_p (мкА) от времени t (час) построена по методу наименьших разрядов, а ее уравнение имеет вид:

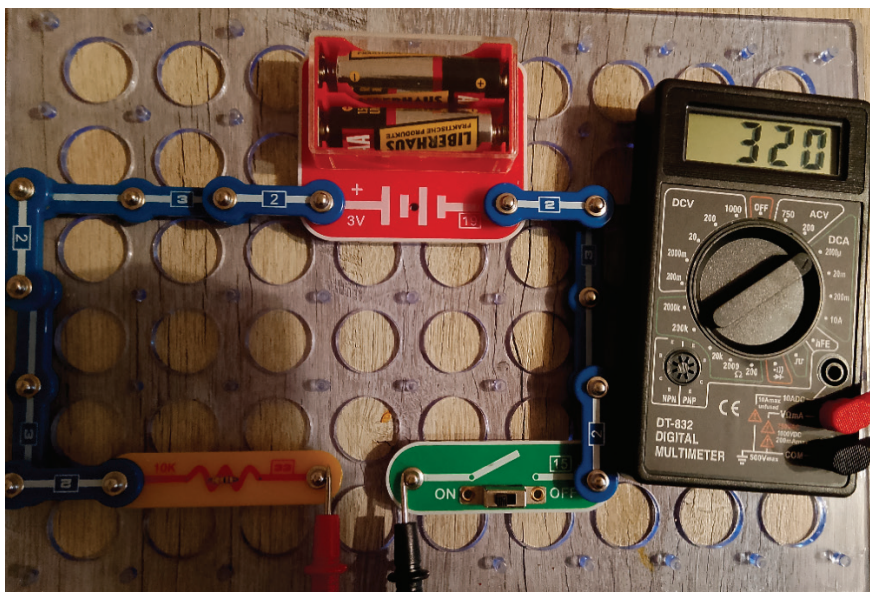


Рис. 1. Схема эксперимента по измерению разрядного тока

Таблица 1. Разрядный ток в зависимости от времени нагружения

$R_1=10.0$ кОм	t , ч	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	I , мкА	346	345	345	343	341	340	339	337	335	335	333
	t , ч	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	
	I , мкА	330	330	329	328	325	325	322	322	321	321	
$R_2=5.1$ кОм	t , ч	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
	I , мкА	640	640	640	640	639	639	639	637	637	637	636
	t , ч	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	
	I , мкА	637	636	636	635	635	635	635	635	635	635	

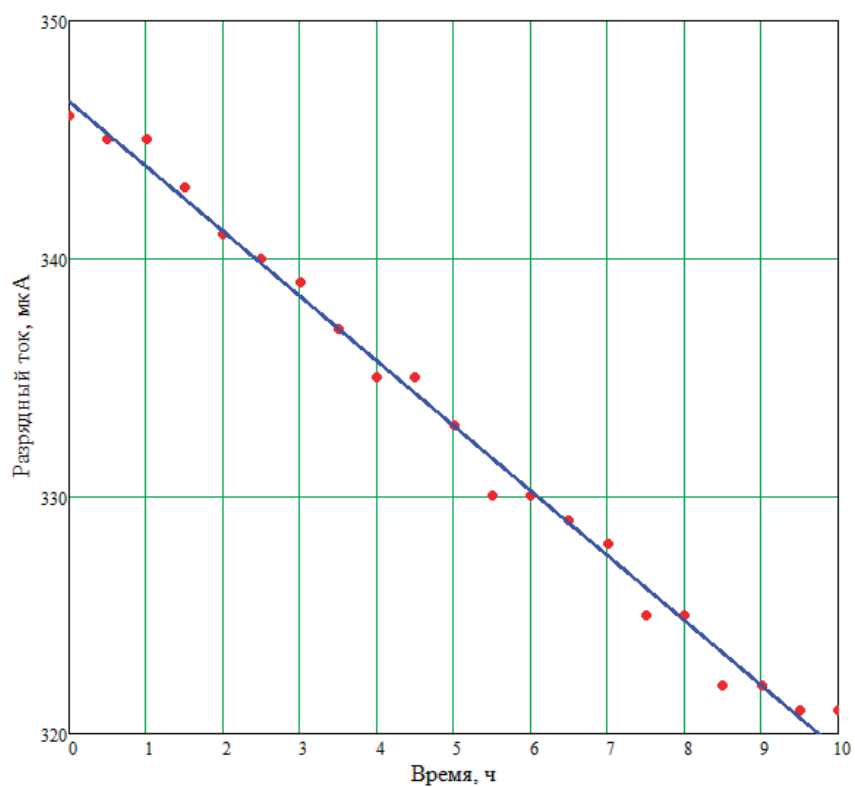


Рис. 2. Зависимость разрядного тока от времени (при сопротивлении 10 кОм)

$$I_p = 346.6 - 2.73 \cdot t.$$

Т. е. в рассматриваемом случае за один час разрядный ток уменьшается приблизительно на 2.7 мкА.

Авторами, при сравнении «поведения» разрядного тока при различных сопротивлениях резистора, ожидалось, что скорость падения разрядного тока будет выше при меньшем сопротивлении. Это ожидание основывалось на том факте, что при меньшем сопротивлении больший ток приведет к более быстрому «истощению» энергии элементов (согласно закона Джоуля-Ленца). Однако на деле этого не произошло. Из таблицы 1 можно видеть, что за 10 часов работы при 10 кОм ток уменьшился на 25 мкА (приблизительно на 7 %), а при 5.1 кОм — всего на 5 мкА (приблизительно на 1 %). Для наглядности зависимости разрядного тока от времени при различных сопротивлениях показаны на графике, представленном на рис. 3.

С чем связано реальное поведение с ожидаемым? Так как эксперименты проводились с разницей во времени около месяца и во всех случаях на «новых» батарейках («из магазина»), то возможно они могли быть из разных партий и иметь разные качества и различающиеся начальные физико-химические характеристики.

Эксперименты с разрядным током проводились одним из соавторов работы, а измерения ЭДС источника (два ГЭ в батарейном отсеке) (рис. 1) выполнялись независимо другим соавтором. Во всех экспериментах использовались «свежие» (другие) пары батареек той же марки (Liberhaus). Первая (сопротивление 10 кОм) и вторая (5.1 кОм) серии измерений проводились с разницей в месяц (на разных

парах элементов). Измерения выполнялись также в течение 10 часов (показания снимались каждые полчаса). Были получены нижеследующие результаты.

При сопротивлении 10 кОм в течение первых пяти часов работы ЭДС не менялось (с точностью до сотых долей вольт) и имело значение 3,22 В; затем значение ЭДС понизилось до 3,20 В и оставалось неизменным в течение следующих пяти часов измерений. Уменьшение ЭДС, произошедшее за 5–10 часов нагружения, составило всего около 0,5–1,0 %.

При сопротивлении 5.1 кОм в течении первых 1,5 часов работы ЭДС не менялось и составляло 3.31 В; затем, начиная со 2-го часа работы и до 5.5 часов, 3.30 В; с 6-го часа по 8,5 часа — 3.29 В; с 9-го часа по 10 час — 3.28 В. Эти показатели уменьшения также укладываются в 0,5–1,0 % как и для большего сопротивления (меньших токов). Этот факт действительно говорит о стабильности электрических показателей (ЭДС и разрядный ток) щелочных элементов при длительном непрерывном режиме их работы.

Заключение

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы.

1) Щелочные ГЭ с номинальным рабочим напряжением (ЭДС) 1,5 В (типа АА) позволяют на токах до 1 мА обеспечить бесперебойную работу потребителей в течение порядка 10 часов. Относительное уменьшение силы тока и ЭДС при этом не превышает 10 %. Это подтвердило заявленное выше достоинство таких ГЭ — они «поддер-

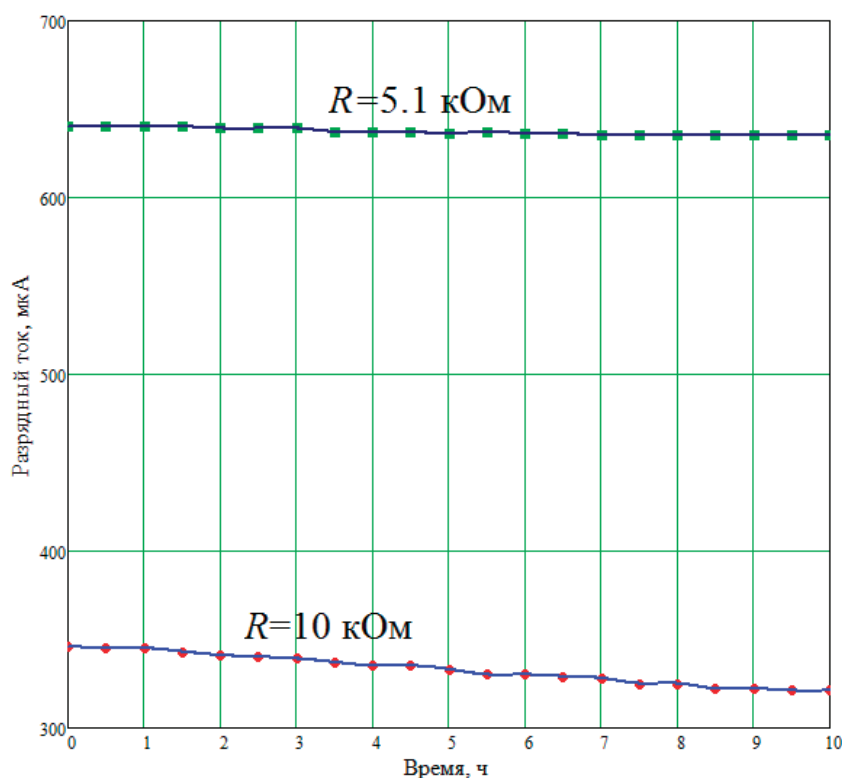


Рис. 3. Зависимость разрядного тока от времени при различных сопротивлениях резистора

живают стабильную мощность». Это главный вывод и достоинство.

2) Подтверждено (также озвученное выше) достоинство щелочных ГЭ о том, что они «равномерно теряют заряд» (рис. 2).

3) Увеличения скорости разряда ГЭ при увеличении разрядного тока не обнаружено (рис. 3). Что тоже положительно характеризует способность щелочных элементов «удерживать» стабильность характеристик прикратно отличающихся нагрузках.

Литература:

1. Коровина Д. В. Перспективы использования солнечной энергии в Сочинском государственном университете. Труды VI региональной межвузовской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: «Молодежь — науке. Актуальные проблемы туризма, спорта и бизнеса». Сочи, 2015, с.177–180.
2. Кириллов, А. М. Электрический ток из газировки / А. М. Кириллов, И. А. Цеменко // Молодой ученый. — 2024. — № 4(503). — С. 1–6. — EDN EPWENU.
3. Горбачева, В. В. Влияние давления в шинах на безопасность движения автотранспортных средств / В. В. Горбачева // Юный ученый. — 2025. — № 1(86). — С. 46–49. — EDN FRJFGT.

ХИМИЯ

Разработка импортозамещающих моторных масел для легковых автомобилей. Часть II

Ганцев Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент;

Чумаков Дмитрий Андреевич, студент магистратуры

Уфимский государственный нефтяной технический университет

В статье описана вторая часть исследовательской работы, направленной на разработку рецептуры линейки современных импортозамещающих моторных масел, приведены результаты проведенных ранее испытаний основных эксплуатационных характеристик образцов моторных масел зарубежных производителей. Во второй части описаны результаты ряда дополнительных исследований, позволивших подтвердить выдвинутые ранее предположения. На основании полученных результатов предложены две рецептуры моторных масел, изготовлены тестовые образцы и проведены их лабораторные испытания, в результате которых были подтверждены необходимые эксплуатационные характеристики масел, изготовленных по предложенным рецептурам. Приведены результаты лабораторных испытаний образцов работавших масел, и дана их оценка.

Ключевые слова: моторное масло, вязкость кинематическая, индекс вязкости, щелочное число, кислотное число, элементный состав, базовые масла, группы базовых масел.

Потребление смазочных масел различными отраслями промышленности и потребительского сектора России в 2024 году превысило 1,7 млн тонн готовой продукции, и по прогнозам экспертов будет расти и далее. Более 370 тысяч тонн смазочных материалов, что превышает долю в 22 %, в объеме российского рынка, поставлялось иностранными компаниями, на сегодняшний день, покинувшими российский рынок. Среди наиболее крупных поставщиков продукции для российской экономики выделялись именитые иностранные производители, покинувшие российский рынок [1].

После того, как ведущие мировые компании по производству смазочных материалов приняли решение об уходе с рынка России, доля рынка, занимаемая ими начала постепенно заполняться продукцией, качество которой вызывает сомнения. Использование подобных смазочных материалов грозит выходом из строя дорогостоящей техники, повышенным износом деталей оборудования. Перед отечественными производителями смазочных материалов резко встала задача обеспечить стратегическую безопасность российской экономики. При этом, важным аспектом в вопросе импортозамещения выступает качество производимой продукции. Разрабатываемые российскими специалистами смазочные материалы не должны уступать по своему качеству и эксплуатационным характеристикам зарубежным аналогам.

Целью настоящей работы является разработка рецептуры импортозамещающих моторных масел, предназначенных для легковых автомобилей и легкой коммерческой техники, оснащаемой бензиновыми двигателями внутреннего сгорания, соответствующих международным спецификациям и стандартам. Лабораторное изучение эксплуатационных характеристик зарубежных смазочных материалов категории SAE 5W-30, API SN, ACEA A3/B4 позволило определить базовый компонентный состав и функциональные присадки эталонных образцов. Комплексный анализ физико-химических параметров, включая элементный и спектральный методы исследования, обеспечил создание альтернативных рецептур моторных масел. Сравнительная оценка разработанных образцов с импортными аналогами подтвердила соответствие ключевых эксплуатационных показателей установленным международным требованиям. Результаты экспериментальных исследований демонстрируют перспективность применения предложенных составов для производства конкурентоспособных отечественных моторных масел.

В первой части описываемого исследования были изучены основные физико-химические свойства трех образцов моторных масел зарубежных производителей [2]. Для целостности картины, авторы считают необходимым привести полученные ранее результаты в таблице 1.

Таблица 1. Основные физико-химические показатели исследуемых образцов масел

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Вязкость кинематическая, мм ² /с			
при 100 °С	9,55	11,57	9,65
при 40 °С	53,39	67,74	55,34
Индекс вязкости	165	167	160
Щелочное число, мг КОН/г	11,15	10,88	9,76
Кислотное число, мг КОН/г	1,71	2,47	2,46
Температура застывания, °С	Минус 38	Минус 46	Минус 42
Температура вспышки в открытом тигле, °С	234	226	228

Для подтверждения выдвинутых ранее предположений, и более точного определения состава исследуемых образцов проведена инфракрасная спектроскопия образцов.

Результаты спектрального анализа образцов подтвердили выдвинутое ранее предположение о том, что при производстве эталонных образцов под номерами 1 и 3 использовано базовое масло III группы по классификации API. Образец 2 представляет собой продукт на основе

смеси базовых масел III и IV групп. По классификации Американского института нефти к IV группе базовых масел относят полиальфаолефиновые (ПАО) масла, полученные в процессе органического синтеза.

В результате элементного анализа сделаны выводы о наличии функциональных присадок, в эталонных образцах. Результаты элементного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты элементного анализа образцов моторных масел

Наименование образца	Концентрация химических элементов, мг/кг				
	Кальций, мг/кг	Магний, мг/кг	Цинк, мг/кг	Фосфор, мг/кг	Бор, мг/кг
Образец 1	3 242	24	865	790	72
Образец 2	3 436	17	1 264	1 134	50
Образец 3	2 733	20	1 146	983	78

Содержание активных элементов в исследуемых образцах дало представление о том, какие функциональные присадки использованы при их производстве. Так, присутствие кальция в образцах обусловлено наличием моющих нейтрализующих присадок. Распространенными моющими присадками являются сульфонаты и салицилаты кальция. Наличие сульфонатов кальция можно косвенно определить по высокому содержанию кальция в товарных маслах (2700–3500 мг/кг). Салицилаты кальция характеризуются содержанием кальция на уровне 1700–2500 мг/кг.

Магний содержится в моющих, нейтрализующих, диспергирующих присадках — сульфонатах и салицилатах магния. Фосфор, содержащийся в образцах, присутствует в составе противоизносных присадки — диалкил дитиофосфат цинка. Так же фосфор входит в состав модификатора трения — дитиофосфата молибдена. Цинк является элементом противоизносной присадки. По присутствию в образцах бора можно судить об использовании беззольного дисперсанта — сукцинимид бора.

Обобщение полученных результатов дало авторам понимание о составе зарубежных образцов. Известно, что важную роль в качестве товарного продукта играет правильный подбор компонентов — базовых масел, и функциональных присадок, обеспечивающих необходимые эксплуатационные свойства готовых смазочных материалов. Авторами был тщательно произведен подбор компонентов, обеспечивающих надлежащие свойства про-

дукта. Поскольку одной из основных задач данной работы является создание моторного масла, состоящего из отечественных компонентов, были предложены две рецептуры моторных масел, отвечающие требованиям стандартов SAE 5W-30, API SN, ACEA A3/B4, сформулированные из компонентов отечественного производства. Для сборки образцов были выбраны базовые масла III группы (изопарафиновое базовое масло, получаемое по технологии гидрокрекинга и гидроизомеризации) и IV группы (полиальфаолефиновое масло — продукт органического синтеза) по классификации API, производимые российскими НПЗ. По результатам анализа российского рынка функциональных присадок был выбран производитель полного комплекса присадок, необходимых для выпуска моторных, гидравлических, трансмиссионных других масел, обладающий собственной научно-исследовательской и производственной базой.

На основе результатов спектрального анализа образцов, показавших, что эталонные образцы 1 и 3 аналогичны по составу базового масла, и изготовлены на основе III группы базовых масел, а образец 2 представляет собой продукт на основе смеси III и IV групп базовых масел, было предложено два варианта рецептур разрабатываемого продукта, различающихся базовыми маслами, составляющими основу смазочной композиции. Образцам, изготовленным в лабораторных условиях, были присвоены, соответственно, обозначения А и Б. Образец А в своем составе содержит изопарафиновое базовое масло,

Таблица 3. Основные физико-химические показатели Образцов А и Б

Наименование показателей, единица измерения	Метод испытания	Результаты испытания	
		образец А	образец Б
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с при 40 °С, мм²/с	ГОСТ 33	9,89	11,72
		53,84	65,72
Индекс вязкости	ГОСТ 25371	173	176
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла	ASTM D 2896	10,25	10,52
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	минус 46	минус 49
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С	ГОСТ 4333	228	223
Массовая доля активных элементов, % кальций цинк	ASTM D 6481	0,31	0,26
		0,08	0,07

Таблица 4. Основные физико-химические показатели образцов

Наименование показателей, единица измерения	Метод испытания	Результаты испытания		
		образец 1	образец 3	образец А
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с при 40 °С, мм²/с	ГОСТ 33	9,55	9,65	9,89
		53,39	55,34	53,84
Индекс вязкости	ГОСТ 25371	165	160	173
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла	ASTM D 2896	11,15	9,76	10,25
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	минус 38	минус 42	минус 46
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С	ГОСТ 4333	234	228	228
Массовая доля активных элементов, % кальций цинк	ASTM D 6481	0,32	0,27	0,31
		0,08	0,11	0,08
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла	ASTM D 2896	11,15	9,76	10,25
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	минус 38	минус 42	минус 46

Таблица 5. Основные физико-химические показатели образцов

Наименование показателей, единица измерения	Метод испытания	Результаты испытания	
		образец 2	образец Б
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с при 100 °С, мм²/с	ГОСТ 33	11,57	11,72
		67,74,34	65,72
Индекс вязкости	ГОСТ 25371	167	176
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла	ASTM D 2896	10,88	10,52
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	минус 46	минус 49
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С	ГОСТ 4333	226	223
Массовая доля активных элементов, % кальций цинк	ASTM D 6481	0,34	0,26
		0,13	0,07

а образец Б — смесь изопарафинового и полиальфаолефинового масел в определенных пропорциях. Процентное содержание сырьевых компонентов определялось экспериментальным методом на основании рекомендаций производителей.

Были проведены анализы основных физико-химических показателей образцов А и Б, изготовленных по предложенным рецептурам. Результаты представлены в таблице 3.

По полученным результатам можно сделать вывод, что предложенные составы моторных масел по своим физико-химическим показателям соответствуют заявленным спецификациям.

Результаты сравнительного анализа эталонных и полученных образцов моторных масел, основные физико-химические показатели эталонных образцов 1 и 3 в сравнении с показателями образца А представлены в таблице 4. Образец А по своим физико-химическим параметрам не уступает эталонным образцам либо превосходит значения эталонного образца.

Основные физико-химические показатели эталонного образца 2 в сравнении с показателями полученного по предложенной рецептуре образца Б представлены в таблице 5.

Образец Б по своим физико-химическим показателям не уступает эталонному образцу 2. Значения сопоставимы и находятся в допустимых пределах, либо превосходят значения эталонного образца.

С целью определения работоспособности масел, изготовленных по предложенным рецептурам, проведены ходовые испытания, проанализированы физико-химические показатели проб работавшего масла и свежего образца. Получены результаты проб работавшего масла. Дана оценка полученным результатам, позволяющая сделать выводы о возможности применения моторных масел, изготовленных по предложенным рецептурам в бензиновых двигателях легковых автомобилей, в которых требуется применять моторные масла вязкостью по SAE 5W-30, уровня эксплуатационных характеристик API SN, ACEA A3/B4.

Литература:

1. Автомобильный портал «5 колесо» [Электронный ресурс] URL: <https://5koleso.ru/avtopark/czeny-rastut-proizvodstvo-padaet-cto-proishodit-s-rynkom-avtomobilnyh-masel-v-rossii/> (Дата обращения: 06.05.2025).
2. Чумаков, Д. А. Разработка импортозамещающих моторных масел для легковых автомобилей / Д. А. Чумаков, Ш. С. Тузбекова // Молодой ученый. — 2024. — № 47(546). — С. 1–4. — EDN DQNWYN.
3. Балтенас, Р., Сафонов, А.С., Ушаков, А.А., Шергалис, В. Моторные масла. — М — СПб.: Альфа-Лаб, 2000. — 272 с.
4. Капустин, В. М., Тонконогов, Б. П., Фукс, И. Г. Технология переработки нефти: Учеб. пособие. В 4-х частях. Часть третья. Производство нефтяных смазочных материалов. — М.: Химия, 2014.- 328 с.
5. Тыщенко, В.А., Агафонов, И.А., Пимерзин, А.А., Томина, Н.Н., Антонов, С.А., Жилкина, Е. О. Технология производства смазочных масел и спецпродуктов: Учебное пособие. — М.: ЛЕНАНД, 2014. — 240 с.
6. Т. Манг, У. Дрезель (ред.) Смазочные материалы. Производство, применение, свойства. Справочник: пер. с англ. 2-го изд. /под ред. В. М. Школьников — СПб.: ЦОП «Профессия», 2015. — 944 с., ил.
7. Л. Р. Рудник. Присадки к смазочным материалам. Свойства и применение: пер. с англ. яз. 2-го изд. под ред. А. М. Данилова, СПб.: ЦОП «Профессии 2013. 928 с.
8. Spectro Scientific [Электронный ресурс]: Инфракрасная спектроскопия URL:<https://spectro.ru/biblioteka/spravochnik-po-analizu-masla/infrakrasnaya-spektroskopiya/> (Дата обращения: 05.03.2025)
9. Spectro Scientific [Электронный ресурс]: Справочник по анализу масел: Элементный анализ URL: <https://spectro.ru/biblioteka/spravochnik-po-analizu-masla/elementnyy-analiz/> (Дата обращения: 05.03.2025)

High-Efficiency Removal of Heavy Metals from Electroplating Wastewater Using Electrocoagulation

Nguyen Thanh Hoa, Doctor of science
Thuyloi University (Hanoi, Vietnam)

The study investigates an electrocoagulation process utilizing an iron electrode to effectively remove copper from electroplating wastewater. Experiments evaluated the influence of pH, current density, electrode spacing, and electrolyte dosage on removal efficiency. Optimal conditions were identified at a pH of 5, an inter-electrode distance of 1 cm, a current density of 100 mA/cm², and a sodium sulfate (Na₂SO₄) electrolyte dosage of 3 g/L. Under these conditions, a copper removal efficiency of 98.4 % was achieved with a low energy consumption of 0.0094 kWh. These findings highlight the process's potential as an energy-efficient and environmentally sustainable solution for treating heavy metal-contaminated wastewater.

Keywords: electrocoagulation, electroplating wastewater, copper, energy consumption

1. Introduction

Electroplating operations significantly contribute to environmental and waterway pollution by generating hazardous wastewater laden with toxic heavy metals, posing severe risks to ecosystems and aquatic life. This wastewater is highly acidic, exhibits strong ionic content, and often contains valuable metals such as gold, silver, copper, nickel, and zinc, necessitating advanced treatment to mitigate environmental harm. Several conventional processes including neutralization followed by precipitation, or physical treatment including ion-exchange, adsorption, filtration, and chemical coagulation and membrane technology are also used for wastewater treatment. Nevertheless, this process results in producing large amounts of precipitated metallic sludge that requires additional handling and cost. Therefore, electrocoagulation process is an alternative promising solution using electricity instead of expensive chemical reagents. The advantages of this processes compared to the other conventional methods is that it uses simple equipment, is easy to operate, shorter time is allowed, and limited chemicals are needed. Moreover, this process provides rapid sedimentation of the electro-generated flocs besides producing less sludge.

The aim of this research was to investigate the possibility of copper removal in electroplating wastewater under different operational variables (pH, current density, inter-electrode distance and the dosage of electrolyte) from the aqueous solution by applying the EC method.

2. Materials and methods

2.1 Chemicals

Electroplating wastewater was collected from Quang Vinh metal plating Co.LTD. NaOH, H₂SO₄, and Na₂SO₄ (Xichlong, China) were used to prepare aqueous solutions for the experiments. The pH of the solutions was adjusted by adding 0,1 M HCl or 0,1 M NaOH.

2.2 Experimental procedures

Laboratory-scale electrocoagulation (EC) experiments were conducted in a 1L glass cell (10 mm width × 12 mm length × 15 mm height) equipped with two parallel monopolar iron electrodes (2 mm × 7 mm × 17 mm) serving as anode and cathode. A digital AC power supply (Itech IT6952A, 0–60 V, 0–10 A, 600 W) provided alternating current to the EC cell. Prior to each experiment, the iron electrodes were cleaned with 0.1 M HCl to remove surface impurities, rinsed with distilled water, dried, and weighed. Experiments were performed at ambient temperature (25–27°C) using 1L of aqueous solution over 20 minutes. Post-treatment, the solution was filtered, the filtrate analyzed for pollutant removal, and the electrodes were dried and reweighed to assess material loss. This setup ensures precise control and reproducibility, making it suitable for evaluating EC's efficacy in treating wastewater contaminants.

2.3 Analytical method

The copper in electroplating wastewater was analyzed using flame atomic absorption spectrometry (AAS) SavantAA Σ, GBC, Australia. pH of solution was conducted by Milwaukee, Poland.

The efficiency of copper removal and electrode consumption were calculated using the following equations:

$$\text{Cu}^{2+} \text{ removal (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \% \quad (\text{Eq.1})$$

Where: C₀: the initial Cu²⁺ concentration (mg/L) and C_t: the mole of Cu²⁺ after treatment (mg/L)

$$\text{Electronical consumption (kWh)} W = U \times \frac{F \times n \times x \times M}{A} \quad (\text{Eq. 2})$$

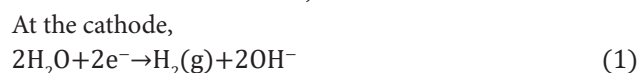
Where: A– is the molecular weight of iron; n- is the number of electron involved, and F is the faraday constant (96485.3 C mol⁻¹); m — the weight of iron dissovle (g)

3. Results and discussion

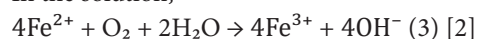
3.1 Effect of pH

To assess its impact, experiments were conducted with a 1 cm electrode gap, using 200 mg/L electroplating wastewater with copper, and initial pH values ranging from 3 to 9. Results from Fig. 1 indicate that copper removal efficiency increased with rising pH, peaking at 90.1 % at pH 7. This enhanced efficiency at higher pH levels is attributed to increased hydrogen generation at the cathode and the release of hydroxide ions from copper hydroxide at pH ≥ 7. However, a pH of 5 was determined to be optimal for this electrocoagulation process, balancing efficiency and operational stability.

When iron is used as anode, the reactions are as follows:



In the solution,



These Fe²⁺ and Fe³⁺ ions react with OH⁻ to form iron hydroxides (Fe(OH)₂ and Fe(OH)₃), which act as coagulants, adsorbing and precipitating heavy metal ions like Cu²⁺ as Cu(OH)₂ or complexes (Cu²⁺ + Fe(OH)₃ → Cu(OH)₂↓ + Fe³⁺), or reducing Cu²⁺ to metallic copper at the cathode (Cu²⁺ + 2e⁻ → Cu↓)

3.2 Effect of current density

The study evaluated current densities at 20, 40, 60, 80, and 100 mA/cm², with results depicted in Figure 2, under conditions of pH 5, a 1 cm inter-electrode distance, and 20 minutes of electrolysis. Figure 2 illustrates that copper removal efficiency rises from 72.1 % to 93.4 % as current density increases from 20 to 100 mA/cm². This enhancement occurs because higher current densities promotes greater anodic dissolution of

iron, producing more hydroxide flocs that effectively capture pollutants. Additionally, increased current density accelerates bubble generation while reducing bubble size, enhancing pollutant removal through improved H_2 flotation.

3.2 Effect of inner- electrode distance

The fig. 3 was illustrated the effect of distance between two electrodes by the experimental conditions: pH 5, current density: 100mA/cm² in 20 min. The results showed the further the distance, the fewer efficiency of copper removal in electroplating wastewater. As the distance between electrodes becomes lower, more electrochemically generated gas bubbles bring about turbulent hydrodynamics, thereby leading to a high mass transfer as well as to a high reaction rate between the coagulant species and pollutants. In addition, inter-electrode gap defines the residence time between the anode and the cathode for a continuous system and the time of treatment for a batch reactor for reaching a desirable EC efficiency [3]

3.3 The effect of electrolyte (Na2SO4)

The removal efficiency for copper was 94.2 to 98.6 % for 1 to 3 of Na_2SO_4 respectively. Because Na_2SO_4 is a strong electrolyte. In electrocoagulation using iron electrodes, Na_2SO_4 is employed as an electrolyte due to its ability to enhance solution conductivity, minimize undesirable side reactions, and support efficient coagulant formation. When dissolved, Na_2SO_4 dissociates into Na^+ and SO_4^{2-} ions, reducing solution resistance and lowering energy consumption during electrolysis. At the iron anode, oxidation produces Fe^{2+} or Fe^{3+} ions, which react with OH^- ions generated at the cathode to form iron hydroxides (e.g., $Fe(OH)_2$ or $Fe(OH)_3$), effective coagulants for pollutant removal. Unlike $NaCl$, Na_2SO_4 avoids producing harmful chlorine gas or chlorinated byproducts, reducing equipment corrosion and environmental risks. Additionally, Na_2SO_4 is cost-effective, environmentally benign, and maintains stable pH conditions, optimizing the coagulation process.

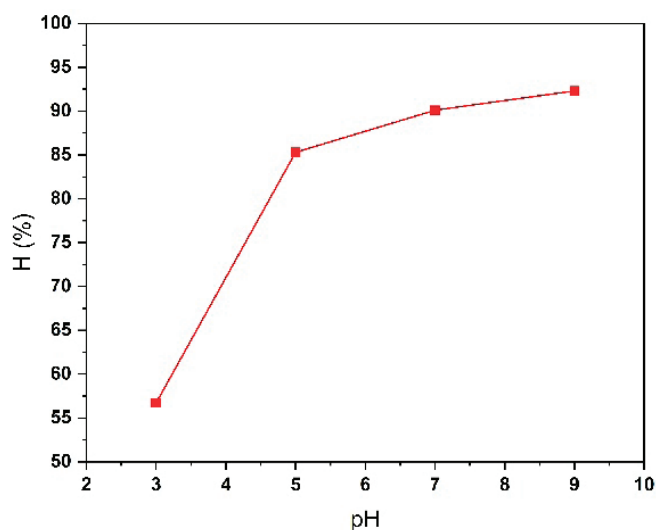


Fig. 1. The effect of pH

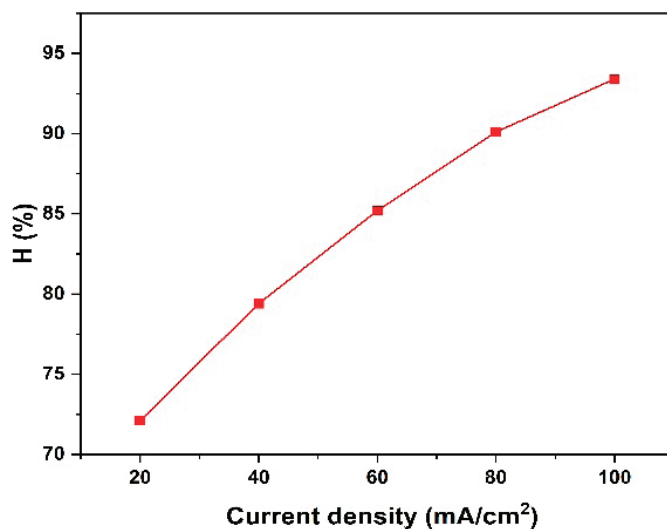


Fig. 2. The effect of current density

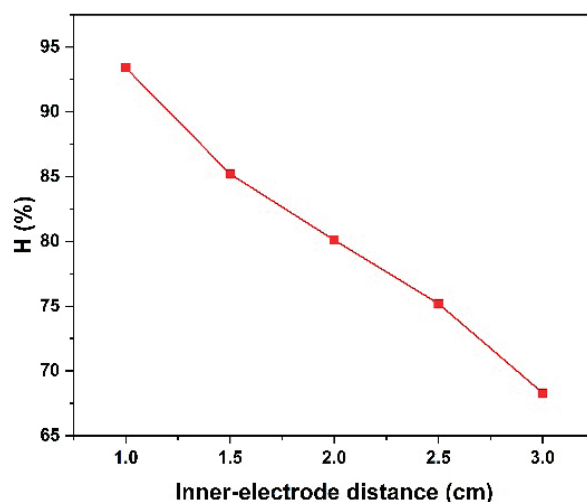


Fig. 3. Effect of inner-electrode distance

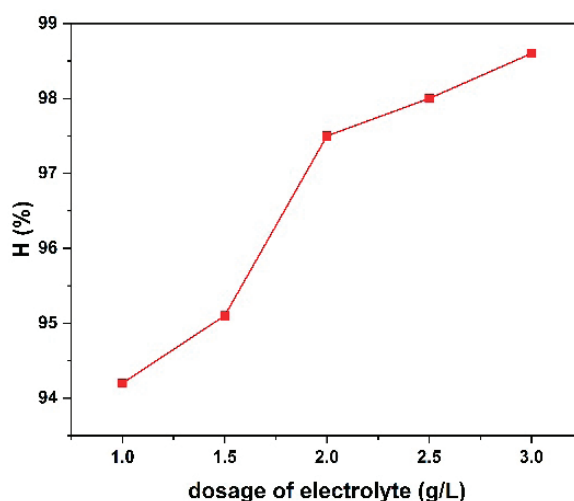


Fig. 4. Effect of the dosage of electrolyte

3.4 The consumption of electricity

When the pH was at 5, the inner electrode distance was 1 cm, the current density was 100 mA/cm², and the mNa₂SO₄ concentration was 3g/L, the copper removal efficiency in electroplating wastewater was 98.4 %. The total iron weight for dissolving was 0.3 g, and the electricity usage was 0.0094 kWh.

Conclusion

The findings indicate that when iron alloy was used as the anode and cathode, the maximum removal efficiency of 98.4 % was attained at a current density of 100 mA/cm², pH of 5, inter-electrode distance of 1 cm, and dosage of Na₂SO₄ 3g/L. Compared to previous studies, the electricity consumption was 9.4 Wh more economical.

References:

1. Y. Yavuz, Ü. B. Ögütveren, Treatment of industrial estate wastewater by the application of electrocoagulation process using iron electrodes, *Journal of Environmental Management*, 207,2018,
2. N. Huda, A.A. A. Raman, M. M. Bello, S. Ramesh, Electrocoagulation treatment of raw landfill leachate using iron-based electrodes: Effects of process parameters and optimization, *Journal of Environmental Management*, 204(1), 2017
3. Aatif Ali Shah, Sunil Walia, Hossein Kazemian, Advancements in combined electrocoagulation processes for sustainable wastewater treatment: A comprehensive review of mechanisms, performance, and emerging applications, *Water Research*, 252,2024,121248
4. Tabash, I., Elnakar, H. & Khan, M. F. Optimization of iron electrocoagulation parameters for enhanced turbidity and chemical oxygen demand removal from laundry greywater. *Sci Rep*, 14, 16468, 2024.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Внедрение автоматизации внеучебной деятельности обучающихся и ее эффективность

Алесин Павел Александрович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В статье рассматривается разработка и внедрение информационной системы «SmartTutor», предназначенной для автоматизации внеучебной (внеурочной) деятельности обучающихся в контексте частной репетиторской практики. Описаны процесс создания системы, ее функциональные возможности, а также проведены анализ эффективности автоматизации и оценка рисков внедрения. В результате внедрения SmartTutor удалось значительно сократить временные затраты на рутинные административные задачи (в сумме около 80 % экономии времени), что эквивалентно пятикратному ускорению по сравнению с традиционным ручным учетом. Анализ потенциальных рисков показал низкую вероятность возникновения критических проблем при эксплуатации системы при условии реализации запланированных мер по их снижению. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения автоматизации в организации внеурочной работы с учащимися и демонстрируют ее эффективность для повышения качества и удобства образовательного процесса.

Ключевые слова: автоматизация внеучебной деятельности, информационная система, репетиторская практика, эффективность, анализ рисков.

Изучение предметной области

В условиях интенсивной цифровизации образования и роста спроса на индивидуальные формы обучения возникает необходимость оптимизации рабочих процессов частных педагогов. Репетиторам приходится постоянно вести расписание занятий, контролировать оплату, отслеживать прогресс учеников и оформлять сопутствующую документацию. Использование традиционных методов (бумажные журналы, электронные таблицы, мессенджеры) не обеспечивает должной системности и эффективности управления учебным процессом. Это приводит к увеличению объема рутинной работы, риску утери важных данных и затрудняет взаимодействие с учащимися.

Одним из эффективных решений данной проблемы является внедрение специализированных информационных систем, автоматизирующих ключевые элементы репетиторской практики. Такие системы позволяют существенно сократить время на административные задачи и повысить качество образовательных услуг за счёт улучшенной организации данных, аналитики и интеграции с цифровыми инструментами. Цифровая трансформация индивидуального обучения открывает новые возможности для персонализации образовательного процесса и повышения общей эффективности работы педагога.

Данная статья посвящена созданию и оценке информационной системы SmartTutor, предназначенной для ав-

томатизации внеурочной деятельности обучающихся (репетиторской работы). В системе реализованы функции планирования расписания, учёта посещаемости и оплат, фиксации результатов занятий и другие возможности, облегчающие повседневную работу преподавателя. В работе представлены ключевые этапы разработки SmartTutor, анализируются достигнутые улучшения эффективности по времени, а также рассматриваются возможные риски при внедрении системы.

Разработка и внедрение системы SmartTutor

Перед разработкой системы был проведен сравнительный анализ существующих решений для организации работы частного преподавателя. В качестве аналогов рассматривались: универсальный инструмент Google Таблицы (Google Sheets) [1], традиционный бумажный ежедневник, мобильное приложение «План недели — Ежедневник» [2], а также специализированный онлайн-сервис TutorBird [3]. Использование Google Sheets предоставляет базовую возможность вести расписание и учет данных в таблицах, однако требует ручной настройки и не имеет узкоспециализированных функций для репетитора (например, отсутствуют автоматические напоминания). Бумажные журналы и ежедневники удобны офлайн, но не позволяют эффективно систематизировать информацию, выполнять поиск по записям или генерировать

отчеты. Приложение «План недели» ориентировано на общее личное планирование и не учитывает специфики образовательной деятельности. Сервис TutorBird обладает широким функционалом (управление расписанием, учет финансов, база учеников, загрузка материалов, генерация отчетов, интеграция с Zoom и Google Calendar) и удобным интерфейсом [3]. Однако TutorBird не имеет русскоязычного интерфейса и ориентирован на зарубежный рынок (высокая стоимость подписки), что затрудняет его использование отечественными преподавателями. Анализ показал, что ни одно из рассмотренных решений полностью не удовлетворяет потребности частного репетитора в комплексной автоматизации внеурочной работы. Это обосновывает необходимость разработки собственной системы SmartTutor, адаптированной под локальные требования.

На основе выявленных проблем и требований пользователя были сформулированы требования к разрабатываемой системе. К основным функциональным требованиям SmartTutor отнесены возможности по управлению расписанием занятий, учёту учеников, контролю оплат, фиксации результатов уроков и ведению отчётности. В числе бизнес-требований ключевым являлось существенное сокращение времени на ведение учета и подготовку отчетов — не менее чем в 5 раз по сравнению с ручными методами. Также были определены нефункциональные требования, например, обеспечение защиты данных от несанкционированного доступа и сохранение накопленной информации в течение длительного времени.

Для полного понимания процессов была выполнена моделировка предметной области. Бизнес-процесс организации внеучебной деятельности обучающихся (работы репетитора) до автоматизации и после нее был описан с помощью диаграмм IDEF0 [4]. Эти модели позволили наглядно отразить поток информации и функций, выявить узкие места и потенциальные выгоды от автоматизации на каждом этапе процесса. Параллельно, в соответствии с методологией UML [5], были построены диаграммы вариантов использования (use case диаграмма) для системы SmartTutor, диаграмма классов, а также спроектирована структура базы данных. Данное проектирование обеспечило проработку архитектуры приложения и логики взаимодействия его компонентов. Архитектура программного решения SmartTutor реализована по принципу клиент-сервер. В качестве клиентской части выступает мобильное приложение для преподавателя (графический интерфейс пользователя), через которое осуществляется вся работа с системой. Серверная часть представляет собой веб-сервис (REST API), разработанный с использованием современного фреймворка на языке Python (FastAPI) в связке с базой данных MySQL. Клиентское приложение взаимодействует с сервером посредством защищенных HTTP-запросов, что позволяет гибко масштабировать систему и обеспечивать доступ с различных устройств. Был реализован и развернут прототип одного из ключевых модулей SmartTutor (модуль управления расписанием и учет

успеваемости) для апробации заложенных решений. Результаты тестирования прототипа подтвердили корректность выполнения основных функций и устойчивую работу системы под тестовой нагрузкой.

Функциональные возможности системы

Разработанная информационная система SmartTutor включает следующий ключевой функционал, покрывающий потребности частного преподавателя в организации внеурочной деятельности:

— **Планирование расписания занятий** — добавление, редактирование и удаление уроков с указанием даты, времени, ученика и темы занятия; отображение расписания в наглядной форме календаря на день/неделю.

— **Управление списком учеников** — добавление новых учеников в базу с сохранением их контактных данных и персональной информации; просмотр профиля ученика с обобщенными данными о его занятиях и достижениях.

— **Учёт оплаты занятий** — фиксация факта оплаты каждого проведенного урока, отметка неоплаченных занятий; контроль задолженностей и суммарных платежей по каждому ученику с возможностью оповещения о долгах.

— **Ведение результатов и прогресса** — запись по каждому занятию дополнительных сведений: заметок о ходе урока, выставленных оценок, домашних заданий; автоматическое накопление статистики успеваемости для отслеживания прогресса ученика за период.

— **Хранение учебных материалов** — прикрепление к урокам или к профилям учеников необходимых учебных материалов (электронные файлы, ссылки на ресурсы, изображения). Материалы структурируются по темам или категориям, что облегчает их поиск и повторное использование.

— **Напоминания и уведомления** — автоматическая генерация напоминаний о предстоящих занятиях для преподавателя (и при необходимости для ученика) через выбранные каналы связи. Система также уведомляет о наличии неоплаченных уроков или других важных событиях, требующих внимания.

— **Отчетность и аналитика** — формирование сводных отчетов по каждому ученику и по всей деятельности: количество проведенных занятий, посещаемость, суммарные оплаты, средние оценки и другие показатели успеваемости. Отчеты позволяют преподавателю анализировать результаты обучения и оперативно вносить коррективы в учебный план.

Перечисленные функциональные возможности были реализованы в прототипе SmartTutor и отражают основные аспекты работы частного преподавателя. Интерфейс приложения разработан с упором на интуитивность: основные разделы (расписание, ученики, материалы, платежи, отчеты) доступны через единое меню навигации. Такой набор функций обеспечивает комплексную поддержку внеучебной деятельности — от планирования занятий до контроля знаний и финансов.



Рис. 1. Главный экран



Рис. 2. Расписание

Анализ эффективности автоматизации

Для количественной оценки выгод от внедрения системы SmartTutor проведено сравнение трудозатрат на основные административные задачи до и после автоматизации. В таблице 1 приведены усредненные данные о временных затратах в месяц при ручном ведении учета (традиционными средствами) и при использовании разработанной информационной системы.

Как видно из таблицы 1, автоматизация позволяет существенно снизить затраты времени на все перечисленные виды работ. В сумме общий объем административной нагрузки для преподавателя уменьшается примерно на 80 %, то есть трудозатраты становятся в пять раз меньше по сравнению с исходным ручным способом. Наиболее заметный эффект достигается в части подготовки отчетности и фиксации результатов занятий — благодаря автоматическому сбору данных экономия времени составляет порядка 85 %. Существенно облегчена организация учебных материалов и ресурсов для занятий (экономия ~80 %), поскольку система хранит их в структурированном виде и предоставляет быстрый доступ. Планирование расписания через SmartTutor занимает на ~78 % меньше времени, чем при использовании бумажных

или разрозненных средств, за счёт удобного интерфейса календаря и автоматических напоминаний. Учет посещаемости и оплат также ускоряется (экономия ~75 %), так как все данные фиксируются в одном месте и частично обрабатываются автоматически (например, подсчет задолженностей). Таким образом, внедрение ИС SmartTutor позволяет частично или полностью устранить ручные операции, ранее занимавшие значительную долю рабочего времени репетитора. Достигнутое сокращение трудозатрат (около пяти раз) соответствует поставленным целевым показателям и свидетельствует о высокой эффективности автоматизации внеурочной деятельности.

Анализ рисков при внедрении

При разработке SmartTutor проведен также анализ потенциальных рисков, связанных с внедрением новой информационной системы в практику преподавателя. Были идентифицированы риски как технического, так и организационного характера, каждый из которых оценен по вероятности возникновения и степени влияния на работу. К техническим рискам отнесены, например, сбои в работе системы или потеря данных вследствие программных ошибок или отказа оборудования. Организационные



Рис. 3. Ученики

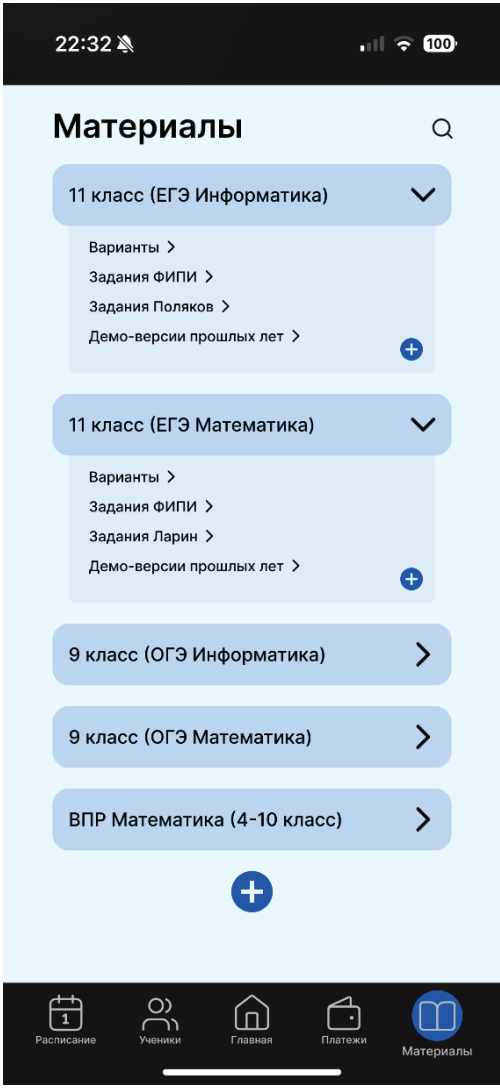


Рис. 4. Материалы

Таблица 1. Результаты оценки эффективности автоматизации SmartTutor

Категория задачи	Ручной способ (мин)	С использованием SmartTutor (мин/мес)	Сокращение времени (%)
Планирование и корректировка расписания	180	40 мин	~78 %
Учёт посещаемости и платежей	120	30 мин	~75 %
Организация учебных материалов	150	30 мин	~80 %
Подготовка отчётности (успеваемость)	150	20 мин	~87 %
Итого	600 мин (~10 часов)	120 мин (~2 часа)	~80 %

(эксплуатационные) риски включают ошибки пользователя при работе с приложением, неполное освоение функционала либо первоначальное сопротивление внедрению новой технологии в рабочий процесс.

Для каждого выявленного риска разработаны мероприятия по снижению его вероятности или смягчению последствий. В частности, для предотвращения потери данных реализовано регулярное резервное копирование базы данных; для обеспечения безопасности

предусмотрена система авторизации пользователей и ограничения доступа к информации. Снижение вероятности сбоев достигается за счет многоэтапного тестирования и контроля качества программного обеспечения. Чтобы минимизировать человеческий фактор, разработан интуитивно понятный интерфейс и проведено обучение пользователя работе с системой, что уменьшает шанс ошибок ввода и повышает доверие к новому инструменту.

Результаты проведенного анализа рисков показали, что при реализации указанных мер уровень остаточного риска является низким. Вероятность критических сбоев или иных серьезных проблем в процессе эксплуатации SmartTutor оценивается как незначительная. Иными словами, ни один из выявленных рисков не представляет угрозы, которая перевешивала бы ожидаемые преимущества от автоматизации. Таким образом, с точки зрения рисков внедрение системы можно считать оправданным и безопасным при условии соблюдения предусмотренных мер предосторожности.

Выводы

Разработана и исследована информационная система SmartTutor, предназначенная для автоматизации внеучебной деятельности обучающихся на примере работы частного репетитора. Проведенный анализ существующих решений подтвердил необходимость создания специализированного инструмента: распространенные универсальные средства не полностью отвечают потребностям индивидуального преподавания. В ходе работы спроектированы бизнес-процессы и архитектура системы, реализован прототип, включающий основные функции (планирование расписания, учет учеников, оплаты, контроль прогресса и др.).

Литература:

1. Google Таблицы (Google Sheets) — Официальный сайт продукта. URL: <https://workspace.google.com/intl/ru/products/sheets/> (дата обращения: 07.02.2025).
2. «План недели — Ежедневник» — страница приложения в App Store. URL: <https://apps.apple.com/ru/app/план-недели-ежедневник/id1187285712> (дата обращения: 07.02.2025).
3. TutorBird — Официальный сайт специализированного сервиса для репетиторов. URL: <https://www.tutorbird.com> (дата обращения: 07.02.2025).
4. Методология функционального моделирования IDEF0 — электронный ресурс. URL: <https://advanced-quality-tools.ru/assets/idef0-rus.pdf> (дата обращения: 14.02.2025).
5. Брусникин Г. Н., Соколова Н. Ю. Разработка UML-моделей при проектировании информационных систем: учебное пособие. — М.: МИЭТ, 2023. — 52 с. (ISBN 978-5-7256-1016-1).

Результаты оценки эффективности внедрения SmartTutor показывают существенное повышение производительности труда педагога. Автоматизация позволила примерно в пять раз сократить время, затрачиваемое на организационно-административные задачи, что высвобождает дополнительные часы для непосредственной учебной работы с учащимися. Одновременно улучшается точность и системность учета: снижается риск ошибок и пропусков, вся информация централизована и легко доступна для анализа. Анализ рисков внедрения не выявил факторов, способных серьезно затормозить или негативно повлиять на использование системы в практике — при соблюдении мер по безопасности и обучении пользователя риски минимальны.

В заключение, внедрение информационной системы SmartTutor демонстрирует высокую эффективность в контексте управления внеурочной деятельностью. Автоматизация рутинных процессов расписания, учета и мониторинга успеваемости позволяет повысить качество организации индивидуального обучения и облегчает работу преподавателя. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейшего развития цифровых инструментов в образовании. В перспективе планируется расширение функционала SmartTutor и проведение пилотного внедрения системы в более широком круге репетиторских практик для накопления дополнительного опыта и данных о ее эффективности.

Искусственный интеллект как новая форма искусства

Бадгиева Элина Рустемовна, студент магистратуры

Научный руководитель: Багдасарян Рафаэль Хачикович, кандидат технических наук, доцент
Краснодарский государственный институт культуры

В современном мире искусственный интеллект стремительно трансформирует творческие процессы, становясь новой формой искусства. В статье рассматривается, как алгоритмы машинного обучения, генеративные модели и нейросети создают произведения, бросающие вызов традиционным представлениям о творчестве и авторстве.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ии-искусство, цифровое искусство, нейросети.

Современная технологическая революция, связанная с развитием искусственного интеллекта (ИИ), не только кардинально меняет социально-экономические от-

ношения, но и трансформирует представления о творческом процессе, расширяя горизонты искусства. Традиционное понимание творчества как исключительно

человеческой деятельности переживает концептуальный кризис в свете достижений генеративных систем искусственного интеллекта, создающих произведения, которые все сложнее отличить от работ человека. Статья посвящена анализу феномена ИИ как принципиально нового вида искусства, выходящего за рамки инструментального подхода и становящегося самостоятельным творческим агентом [4].

Проблематика определения ИИ-искусства как автономного художественного явления лежит на стыке эстетической теории, философии сознания, когнитивистики и технических наук. Конвергенция этих дисциплин позволяет выработать комплексный подход к феномену машинного творчества, учитывающий как технологические аспекты, так и культурологические. Дискуссия о природе ИИ-искусства приобретает особую актуальность в контексте продаж ИИ-произведений на художественных аукционах, проведения специализированных выставок и фестивалей, а также интеграции ИИ-решений в практику современных художников.

Историческая траектория взаимоотношений искусства и технологий демонстрирует постепенное сближение этих сфер. Движение «Искусство и технологии» (Е. А. Т.), основанное в 1967 году инженером Билли Клувером и художником Робертом Раушенбергом, стало первой институционализированной попыткой синтеза технического и художественного мышления.

Эксперименты компьютерного искусства 1970–80-х годов, работы художников-алгоритмистов (Вера Мольнар, Манфред Мор, Фридер Наке) заложили концептуальный фундамент для современного ИИ-искусства. Однако принципиальное отличие нынешнего этапа заключается в растущей автономности искусственного интеллекта как творческого агента [2].

Современные нейросетевые архитектуры, основанные на принципах глубокого обучения, в частности, генеративно-состязательные сети (GAN), диффузионные модели и трансформеры, демонстрируют беспрецедентные возможности в создании визуального, текстового и аудиоконтента. В отличие от традиционных алгоритмических подходов, эти системы обладают способностью к обобщению, интерпретации и генерации новых форм на основе абстрагированных из обучающих данных паттернов, что сближает их функциональность с когнитивными процессами, ассоциируемыми с человеческим творчеством [5].

Знаковым событием в истории ИИ-искусства стала продажа на аукционе Christie's в 2018 году портрета «Эдмонд де Белами», созданного французским коллективом Obvious с помощью GAN-архитектуры. Окончательная цена в \$432,500 указала на формирование рыночного признания ИИ-искусства. В 2022 году произведение «Театр Д'опера Спатиаль», созданное Джейсоном Алленом с использованием Midjourney, выиграло первый приз на Ярмарке искусств штата Колорадо в категории цифрового искусства, вызвав бурную полемику о критериях авторства. Эксперименты художницы Рефик Анадол с использованием больших массивов данных и алгоритмов машин-

ного обучения для создания иммерсивных инсталляций (например, «Machine Hallucinations» в MoMA) демонстрируют потенциал ИИ для радикального пересмотра пространственных и перцептивных аспектов художественной выразительности.

Проект AICAN, разработанный исследователями Ратгерского университета под руководством Ахмеда Эльгамала, представляет собой автономную творческую систему, генерирующую изображения на основе анализа исторической эволюции художественных стилей. Эксперимент по сравнению восприятия работ AICAN и произведений признанных художников современного искусства показал неспособность большинства респондентов (75 %) достоверно идентифицировать авторство. Это свидетельствует о преодолении искусственным интеллектом «эстетического барьера», когда машинное творчество становится неотличимым от человеческого с позиции воспринимающего субъекта [4].

Текстовые модели искусственного интеллекта, такие как GPT-4, Claude и Llama, демонстрируют способность генерировать литературные произведения, имитирующие различные жанры и стили. Российская повесть «Настоящая любовь», написанная нейросетью под руководством группы IT-специалистов и вошедшая в шорт-лист литературной премии «Нацбест» в 2008 году, стала ранним примером интеграции ИИ в художественную литературу. Современные межмодальные системы (DALL-E, Stable Diffusion, Midjourney) трансформируют текстовые описания в визуальные образы, реализуя принцип экфрасиса — перевода между различными семиотическими системами, традиционно считавшийся уникальной способностью человеческого сознания.

Проект Magenta от Google Research демонстрирует возможности ИИ в музыкальной композиции. Созданный в рамках этого проекта инструмент NSynth использует нейросетевые алгоритмы для синтеза новых звуков путем интерполяции акустических характеристик различных музыкальных инструментов. Альбом «Hello World», выпущенный в 2018 году музыкантом Тарином Саузерном в соавторстве с ИИ-системой, стал первым коммерческим релизом, где искусственный интеллект выступил как полноправный соавтор, а не просто инструмент [7].

Концептуализация ИИ как новой формы искусства требует пересмотра фундаментальных категорий эстетической теории, включая понятия авторства, интенциональности, оригинальности и художественной ценности. Дискуссия о статусе машинного творчества распадается на несколько теоретических позиций.

Инструментальный подход рассматривает ИИ как продолжение линии технологического развития художественных инструментов, от кисти до фотокамеры. В этой перспективе искусственный интеллект — сложный медиум, расширяющий возможности человека-творца, но не обладающий самостоятельной творческой субъектностью. Этот взгляд артикулирован в работах медиатеоретика Лева Мановича, рассматривающего ИИ как часть более широкого процесса программирования культуры.

Автономистский подход, развиваемый исследователями из лаборатории компьютерного творчества Симона Колтона, постулирует возможность рассмотрения ИИ как самостоятельного творческого агента. Концепция «творческого триплета» (процесс, создатель, продукт) распространяется на машинное творчество при наличии таких качеств, как новизна, ценность и интенциональность, которая в данном случае понимается как алгоритмическая целенаправленность. Эмпирическим доказательством этого подхода служит система The Painting Fool, демонстрирующая элементы саморефлексии в художественном процессе.

Козволюционный подход, предложенный Артуром Миллером, рассматривает ИИ-искусство как симбиотический феномен, возникающий на стыке человеческого и машинного интеллекта. В этой перспективе происходит взаимное обогащение: человек предоставляет культурный контекст и эстетические критерии, а искусственный интеллект предлагает новые формальные возможности и когнитивные модели.

Принципиальная новизна ИИ-искусства проявляется в трансформации самого творческого процесса. Традиционная модель «вдохновение — концепция — реализация» заменяется циклом «данные — обучение — генерация — кураторство». Художественная практика смещается от создания единичного артефакта к проектированию генеративных систем, способных производить множество потенциальных произведений. Происходит демократизация творческого процесса: текстовые промпты становятся доступной формой художественного высказывания для непрофессионалов [1].

Анализ эстетического восприятия ИИ-произведений демонстрирует интересный парадокс: знание о машинном происхождении работы существенно влияет на её оценку. Исследование Харрауэра и Вербургена (2022) показало значительное снижение эстетической оценки идентичных произведений при указании ИИ-авторства по сравнению с приписыванием их человеку. Это свидетельствует о сохраняющемся эссенциалистском подходе к творчеству, связывающем художественную ценность с человеческим авторством.

Философские импликации ИИ-искусства затрагивают фундаментальные вопросы о природе творчества. Если творчество понимается как комбинаторная деятельность по переработке существующих паттернов (позиция, развиваемая Дугласом Хофштадтером), то современные нейросетевые модели демонстрируют именно этот тип креативности. Нейровизуализационные исследования показывают активацию схожих мозговых структур при человеческом творчестве и при работе с генеративными моделями, что указывает на когнитивный параллелизм между биологическими и искусственными нейронными сетями.

Юридические аспекты ИИ-искусства представляют собой отдельную проблематику. Решение Бюро авторских прав США по делу «Midjourney v. Zarya of the Dawn»

(2023), отказавшее в регистрации авторских прав на ИИ-генерируемые изображения, отражает текущую правовую неопределенность. Параллельно развивается концепция «ассистированного авторства», предложенная юристом Памелой Самуэльсон, признающая вклад человека в создание условий для машинного творчества.

Культурно-исторический контекст ИИ-искусства включает предшествующие художественные направления — концептуализм, алгоритмическое искусство, интерактивные инсталляции. Система AARON, созданная художником Гарольдом Коэном в 1973 году и эволюционировавшая на протяжении нескольких десятилетий, представляет собой промежуточное звено между алгоритмическим и нейросетевым искусством. Эстетика глитча, культивирующая ошибки в цифровых системах как художественный прием, находит продолжение в «халлюцинациях» нейросетей — неожиданных артефактах генерации, обладающих собственной выразительностью [2].

Эстетические характеристики искусства, созданного искусственным интеллектом, обнаруживают ряд уникальных свойств. Во-первых, это особая «гибридность» образов, в которых органически соединяются элементы различных стилей, эпох и культурных контекстов. Во-вторых, присутствует своеобразная «алгоритмическая эстетика», проявляющаяся в математической гармонии композиции и цветовых решений. В-третьих, наблюдается феномен «технологического бессознательного» — непреднамеренных артефактов и искажений, возникающих в процессе генерации, которые придают произведениям особую выразительность.

Когнитивные исследования показывают, что восприятие ИИ-искусства активирует иные нейронные паттерны по сравнению с традиционными произведениями. Зрители демонстрируют повышенное внимание к формальным аспектам и техническим деталям, одновременно проецируя более широкий спектр интерпретаций на содержание. Это свидетельствует о формировании новых модусов эстетического восприятия, адаптированных к алгоритмической природе произведений.

Социокультурное значение ИИ-искусства выходит за рамки чисто эстетических вопросов. Оно становится зеркалом, отражающим коллективные представления, стереотипы и предубеждения, закодированные в данных, на которых обучаются нейросети. Таким образом, искусственный интеллект неожиданно оказывается инструментом культурной рефлексии, позволяющим увидеть невидимые паттерны визуальной культуры и дискурсивных практик.

В последние годы наблюдается интенсивный диалог между художественным сообществом и технологическими компаниями, разрабатывающими генеративные модели. Этот диалог способствует как художественным экспериментам с новыми технологиями, так и техническим инновациям, вдохновленным эстетическими задачами. Формируется новая экосистема искусства, в которой алгоритмическая креативность интегрируется в существующие художественные практики.

Перспективы развития ИИ-искусства связаны с несколькими направлениями. Во-первых, это совершенствование мультимодальных моделей, способных одновременно работать с текстом, изображением, звуком и трехмерными объектами, что открывает возможности для создания иммерсивных синестетических произведений. Во-вторых, развитие интерактивных систем, способных адаптироваться к реакциям зрителя и вступать в диалог с аудиторией. В-третьих, интеграция ИИ с физическими материалами и пространствами через роботизированные системы и технологии дополненной реальности [5].

Критические подходы к ИИ-искусству варьируются от технооптимистических до технопессимистических. Сторонники первого направления видят в нейросетях инструмент демократизации творчества и расширения эстетических возможностей. Критики указывают на риски стандартизации визуального языка, утраты культурного разнообразия и декалфикации художников. Однако наиболее продуктивным представляется диалектический подход, рассматривающий ИИ как амбивалентный феномен, требующий критической рефлексии.

Внедрение искусственного интеллекта в художественную практику порождает глубокую трансформацию представлений о творчестве, авторстве и эстетической

ценности. Традиционное понимание искусства как исключительно человеческой деятельности подвергается серьезному испытанию, когда алгоритмы начинают генерировать произведения, неотличимые от созданных людьми. Это ставит фундаментальный вопрос о природе творчества: является ли оно уникальной способностью человеческого разума или может быть алгоритмизировано и воспроизведено машиной?

Проблема авторства приобретает особую остроту в контексте ИИ-искусства. Когда произведение создается в результате взаимодействия человека и машины, размывается традиционное представление о художнике как единственном создателе. Возникает неопределенность в отношении прав на интеллектуальную собственность и этических аспектов использования ИИ для имитации стилей существующих художников [6].

Таким образом, искусственный интеллект можно рассматривать не только как технологический инструмент для создания искусства, но и как принципиально новую форму искусства со своей эстетикой, феноменологией и культурными импликациями. Эта форма искусства отражает сложный характер взаимоотношений между человеческим и машинным, естественным и искусственным, субъективным и алгоритмическим.

Литература:

1. Proceedings of the 12th International Conference on Security of Information and Networks [Текст]: SIN 2019 / ACM International Conference Proceeding Series. — Нью-Йорк: ACM Press, 2019. — 324 с. — (ACM International Conference Proceeding Series; 3357624).
2. Алиев, Р. Т. Метасимулякр и ИИ-симуляция: человек, медиа, интерфейсы [Текст] / Р. Т. Алиев // Человек. — 2025. — Т. 36, № 1. — С. 102–120.
3. Атрощенко, В. А. Применение искусственного интеллекта в современных технологических процессах [Текст] / В. А. Атрощенко, М. В. Руденко, Р. А. Дьяченко, Р. Х. Багдасарян // Инновационные технологии в науке и образовании. — 2024. — № 2. — С. 45–52.
4. Атрощенко, В. А. Цифровая трансформация и искусственный интеллект в образовательной среде [Текст] / В. А. Атрощенко, М. В. Руденко, Р. А. Дьяченко, Р. Х. Багдасарян // Современные проблемы науки и образования. — 2024. — № 3. — С. 78–85.
5. Габидуллина, Ч. Ф. Влияние искусственного интеллекта на профессии креативных индустрий [Текст] / Ч. Ф. Габидуллина // Общество и государство. — 2024. — № 2(46). — С. 6–11.
6. Горбунова, А. В. Влияние цифровых технологий на современное искусство [Текст] / А. В. Горбунова, С. Ю. Влащенко. — Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2025. — С. 67–68.
7. Инновационные методы в образовательном процессе [Текст] // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 3. — С. 82.
8. Инновационные подходы в космических исследованиях [Текст]: сборник научных статей / Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 52-й годовщине полета Ю. А. Гагарина в космос. — Краснодар: ООО «Издательский Дом — Юг», 2013. — С. 327–331.
9. Информационные технологии в техническом образовании [Текст] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». — 2014. — № 1. — С. 189–197.
10. Меттини, Э. Взаимодействие искусственного интеллекта и человеческой культуры: антропологический подход к технологическому развитию [Текст] / Э. Меттини, Н. Л. Вигель // Научно-исследовательские исследования. — 2024. — № 2. — С. 50–70.
11. Перфилова, Е. Р. Социокультурные трансформации в эпоху цифровизации [Текст] / Е. Р. Перфилова, Р. Х. Багдасарян // Культура и время перемен. — 2021. — № 4 (35). — С. 12–18.
12. Рахманкулов, Б. М. От автоматов к нейросетям: историко-культурологический анализ генеративного искусства [Текст] / Б. М. Рахманкулов // Человек и культура. — 2025. — № 1. — С. 60–69.

13. Цифровые технологии в сельском хозяйстве [Текст] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 101. — С. 2412–2426.

Формирование функциональных требований к автоматизированной системе учета отчетности о техническом обслуживании базовых станций

Ильин Илья Игоревич, аспирант

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В условиях стремительного развития телекоммуникационной отрасли и увеличения количества базовых станций возрастает необходимость эффективного управления техническим обслуживанием. Данная статья посвящена формированию функциональных требований к автоматизированной системе учета отчетности о техническом обслуживании базовых станций. Рассматриваются подходы к выявлению проблем, таких как ручной ввод данных и задержки в обработке информации, и их трансформация в технические требования, включая автоматическую генерацию отчетов и интеграцию с существующими системами. Особое внимание уделяется системному подходу и моделированию бизнес-процессов для обеспечения соответствия системы реальным потребностям бизнеса.

Представлены примеры реализации модулей автоматического сбора и анализа данных, а также обсуждаются перспективы внедрения предиктивного обслуживания. Результаты исследования могут быть полезны для специалистов в области телекоммуникаций и информационных технологий при разработке и внедрении подобных систем.

Ключевые слова: автоматизированная система, базовые станции, отчетность, предиктивное обслуживание, системный подход, техническое обслуживание, функциональные требования.

Введение

Современные телекоммуникационные сети характеризуются высокой плотностью базовых станций, что требует эффективного управления их техническим обслуживанием. Традиционные методы учета и отчетности, основанные на ручном вводе данных, становятся недостаточно эффективными, приводя к задержкам, ошибкам и увеличению затрат. В связи с этим возникает необходимость разработки автоматизированной системы учета отчетности, способной обеспечить своевременное и точное управление процессами технического обслуживания.

Целью данной статьи является формирование функциональных требований к такой системе, основанных на анализе существующих проблем и потребностей бизнеса. Особое внимание уделяется методам преобразования выявленных проблем в технические требования, обеспечивающие автоматизацию и оптимизацию процессов.

Жабицкий М. Г., Любарский А. А., Долина Е. С. и Агарков А. А. в своей статье рассматривают целесообразность внедрения нового этапа при проектировании систем автоматизации производства — построение семантического графа на основе предметной области знаний, применимых к конкретному производству [1].

В исследовании Левченко А. А. и Таратухина В. В. анализируется влияние множества типовых функциональных требований на множество параметров настройки информационных систем на базе облачных технологий [2].

Статья Левченко А. А., Таратухина В. В. и Кравченко Ю. А. посвящена решению задачи создания метода принятия решений при формировании типовых процессов предприятия для внедрения и использования информационных систем на базе облачных технологий, так же известных, как систем, работающих по модели SaaS (Software as a Service, Программное обеспечение как Услуга) [3].

Анализ текущих проблем в учете технического обслуживания

В процессе проведения ТО базовых станций выявлены следующие основные проблемы:

- ручной ввод данных;
- отсутствие интеграции с другими системами;
- недостаточная аналитика.

Эти проблемы негативно сказываются на эффективности технического обслуживания:

- Ручной ввод данных приводит к увеличению времени на обработку информации и повышает риск ошибок.
- Отсутствие интеграции с другими системами затрудняет обмен информацией и координацию между подразделениями.
- Недостаточная аналитика — отсутствие инструментов для анализа и прогнозирования технического состояния оборудования.

Перечисленные проблемы требуют решения через автоматизацию процессов.

Подходы к формированию функциональных требований

Формирование функциональных требований основывается на системном подходе и включает следующие этапы:

- Сбор и анализ требований пользователей. На этом этапе определяются потребности различных подразделений и специалистов.
- Моделирование бизнес-процессов. На этом этапе используются диаграммы и модели для визуализации процессов и выявления узких мест.
- Определение функциональных модулей системы. На этом этапе разрабатывается структура системы, включающая необходимые модули и их взаимодействие.

– Разработка технического задания. На этом этапе происходит формализация требований и подготовка документации для реализации системы.

Применение системного подхода позволяет обеспечить соответствие системы реальным потребностям бизнеса и повысить ее эффективность.

Трансформация проблем в технические требования

Примеры преобразования выявленных проблем в технические требования представлены в таблице 1.

Такая трансформация обеспечивает целенаправленное решение конкретных проблем и повышение эффективности системы.

Таблица 1. Примеры преобразования выявленных проблем в технические требования

Проблема	Техническое требование
Необходимость сократить время на сбор данных.	Разработка модуля автоматического сбора и парсинга отчетов, интегрированного с существующими системами.
Высокий риск ошибок при ручном вводе данных.	Внедрение системы валидации и проверки данных на этапе ввода.
Отсутствие аналитики и прогнозирования.	Разработка аналитического модуля с возможностью предиктивного анализа и визуализации данных.

Реализация модулей автоматизации

Основные модули автоматизированной системы учета отчетности:

- Модуль автоматического сбора данных — обеспечивает интеграцию с оборудованием и системами для получения актуальной информации.
- Модуль обработки и анализа данных — выполняет парсинг, валидацию и анализ полученной информации.
- Модуль отчетности — формирует отчеты в соответствии с установленными шаблонами и требованиями.
- Модуль предиктивного обслуживания — анализирует данные для прогнозирования возможных сбоев и планирования профилактических мероприятий.

Реализация этих модулей способствует автоматизации процессов, снижению ошибок и повышению эффективности технического обслуживания.

Заключение

Формирование функциональных требований к автоматизированной системе учета отчетности о техническом обслуживании базовых станций является ключевым этапом в разработке эффективной системы управления.

Применение системного подхода и моделирования бизнес-процессов позволяет точно определить потребности бизнеса и трансформировать их в технические требования. Реализация модулей автоматизации, включая сбор, обработку, анализ данных и предиктивное обслуживание, обеспечивает повышение эффективности и надежности технического обслуживания. Результаты данного исследования могут быть использованы при разработке и внедрении аналогичных систем в телекоммуникационной отрасли.

Литература:

1. Жабицкий М. Г., Любарский А. А., Долина Е. С., Агарков А. А. Использование семантической сети для выявления функциональных требований при проектировании ИТ-систем автоматизации производства на примере высокоинтенсивного аквабиологического производства // International Journal of Open Information Technologies. 2024. № 8. С. 3–7.
2. Левченко А. А., Таратухин В. В. Анализ влияния типовых функциональных требований на параметры настройки информационной системы на базе облачных технологий с применением метода Dematel // Вестник ВГТУ. 2022. № 1. С. 17–28. DOI: 10.36622/VSTU.2022.18.1.002
3. Левченко А. А., Таратухин В. В., Кравченко Ю. А. Метод принятия решений при формировании моделей типовых процессов для информационных систем на базе облачных технологий // Известия ЮФУ. Технические науки. 2021. № 4 (221). С. 88–104. DOI: 10.18522/2311-3103-2021-4-88-104

Использование теории баз данных в разработке систем учета операционной деятельности телекоммуникационных компаний

Ильин Илья Игоревич, аспирант

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В статье рассматривается применение теоретических основ баз данных при проектировании и создании информационных систем, предназначенных для учета операционной деятельности телекоммуникационных компаний. В условиях цифровизации и стремительного увеличения объема данных критически важным становится построение устойчивых и масштабируемых архитектур, которые позволяют обеспечивать надежную обработку, хранение и анализ информации. В работе подробно исследуется использование реляционной модели, нормализации, ER-моделирования и концепции многослойной архитектуры приложений. Приведены практические рекомендации по организации таблиц, их нормализации, внедрению ограничений целостности и разработке бизнес-логики посредством SQL-конструкций. Обосновывается выбор подхода к репликации и масштабированию системы. Сделан вывод, что применение строгих принципов теории баз данных не только повышает эффективность учетной системы, но и обеспечивает управляемость, отказоустойчивость и производительность. Статья будет полезна разработчикам информационных систем, аспирантам и специалистам в сфере телекоммуникаций.

Ключевые слова: нормализация, операционная деятельность, реляционная СУБД, система учёта, телекоммуникации, теория баз данных.

Введение

В последние десятилетия телекоммуникационная отрасль переживает активную трансформацию, вызванную ростом цифровых услуг, высокой конкуренцией и необходимостью точного учета деятельности клиентов, оборудования и бизнес-процессов. Возникает потребность в автоматизированных системах, способных точно отражать операционные процессы и обеспечивать непрерывную поддержку принятия решений. Ключевую роль в построении таких систем играет теория баз данных.

Применение реляционной модели данных, а также структурных принципов проектирования позволяет разработать системы, обладающие высокой степенью согласованности, надежности и масштабируемости. При этом правильная архитектура хранения и обработки данных позволяет минимизировать избыточность информации, избежать логических аномалий и обеспечить быстрое выполнение запросов.

Настоящая статья направлена на демонстрацию того, как теоретические принципы баз данных могут быть практически реализованы при создании системы учета операционной деятельности телекоммуникационной компании. Основное внимание уделяется вопросам моделирования предметной области, нормализации таблиц, архитектурным особенностям системы, а также интеграции механизмов бизнес-логики в базу данных.

Теоретическая база

Фундаментом построения информационных систем учета является реляционная модель данных, предложенная Э. Коддом. В рамках данной модели все данные представлены в виде отношений (таблиц), каждая из которых состоит из кортежей и атрибутов. Такая структура

позволяет однозначно идентифицировать каждую запись и использовать формальные операции реляционной алгебры для манипуляции данными. Как подчеркивается в ряде современных исследований, «применение реляционной модели позволяет систематизировать данные и упростить механизмы контроля целостности».

Немаловажным элементом проектирования баз данных является построение ER-модели (Entity-Relationship), где отражаются сущности, их атрибуты и связи между ними. Это даёт возможность логически отобразить предметную область ещё до физической реализации схемы. После создания логической модели необходимо провести процесс нормализации — поэтапного приведения структуры таблиц к формам, устраняющим избыточность и аномалии данных.

Моделирование предметной области

В контексте телекоммуникационной компании ключевыми сущностями являются абоненты, номера телефонов, тарифные планы, предоставляемые услуги, оборудование и события обслуживания (например, пополнение счета или списание средств). Каждая из этих сущностей может быть описана соответствующей таблицей с набором атрибутов.

Организация учета должна быть ориентирована на бизнес-процессы компании, что подтверждается в исследовании Шодиева Э. Т. [3].

Например, сущность «Абонент» содержит ФИО, контактную информацию и идентификатор клиента. Сущность «Номер» связана с абонентом отношением «один ко многим» (один абонент может иметь несколько номеров). Услуги могут предоставляться различным номерам, формируя связь «многие ко многим», которая реализуется через промежуточную таблицу «Событие».

ER-модель, построенная на основе анализа бизнес-процессов, отражает структуру взаимосвязей и закладывает основу для последующей нормализации.

Нормализация и управление целостностью

Нормализация данных проводится по классическим этапам: сначала устраняются повторяющиеся группы (1НФ), затем частичные зависимости (2НФ), и, наконец, транзитивные зависимости (3НФ). В результате каждая таблица содержит только ту информацию, которая непосредственно относится к представляемой сущности. Это, в свою очередь, снижает объем дублирующей информации и повышает точность запросов. Ограничения целостности реализуются через первичные и внешние ключи, а также через ограничения типов CHECK, UNIQUE и NOT NULL.

Архитектура системы

Построение архитектуры учетной системы должно учитывать этапы цифровой трансформации, как указывают исследователи Мозговой А. И., Кузина Г. П. и Крылов А. Н. [2].

Разрабатываемая система следует многослойной архитектуре. Внешний уровень отвечает за взаимодействие с пользователями (например, через веб-интерфейс), концептуальный уровень содержит логику приложения, а внутренний — реализует физическое хранение и доступ к данным. Подобная структура, соответствующая ANSI/SPARC-модели, позволяет обеспечить модульность и упрощает поддержку системы. При этом взаимодействие между уровнями осуществляется через контроллеры и API-интерфейсы.

Для повышения отказоустойчивости и масштабируемости используется репликация данных (например, по модели master-slave) и горизонтальное масштабирование (шардирование) по географическому признаку или типу услуги. Масштабируемость системы должна учитывать объем и скорость роста телекоммуникационной инфраструктуры, как, например, указано в работе Шодиева Э. Т. [3].

SQL и процедурная логика

Важным элементом реализации бизнес-логики служат SQL-запросы. Пример конструкций представлен на рисунке 1.

```
INSERT INTO Событие (номер_id, дата, тип, сумма)
VALUES (?, now(), 'пополнение', ?);
```

Рис. 1. Пример конструкции SQL-запроса

Также применяются триггеры, автоматически срабатывающие при добавлении записей в некоторые таблицы или при их обновлении.

Использование индексов по номеру и дате позволяет ускорить выборку транзакций и отчетов. Благодаря внедрению процедурной логики на уровне СУБД достигается надежность и предсказуемость операций.

Землякова С. Н. и Семиколенова М. Н. в своей статье изложили, что внедрение новых технологических решений, включая «...применение технологии блокчейн... в бухгалтерском учете», позволяет повысить прозрачность транзакций [1].

Заключение

В ходе проведенного исследования подтверждена высокая эффективность применения теоретических принципов баз данных при построении систем учета операционной деятельности в телекоммуникационной сфере.

Литература:

1. Землякова С. Н., Семиколенова М. Н. Вопросы применения цифровых информационно-коммуникационных технологий в бухгалтерском учёте // Научный журнал «Управленческий учет». 2021. № 6. С. 172–180.

Использование реляционной модели, нормализации, ER-моделирования и многоуровневой архитектуры обеспечивает надежность, масштабируемость и отказоустойчивость системы. Практическая реализация с использованием современных СУБД позволяет автоматизировать учёт, снизить вероятность ошибок и обеспечить необходимую гибкость при изменении требований бизнеса.

Перспективным направлением дальнейших разработок можно считать внедрение механизмов автоматического масштабирования, модулей предиктивной аналитики и интеграцию с системами машинного обучения, что значительно расширит аналитический потенциал учетных систем. Одним из векторов развития можно считать интеграцию блокчейн-платформ, поскольку они обеспечивают «максимальную прозрачность для органов власти» [1]. Решение проблем цифровой трансформации требует системного подхода: «...проблемы цифровой трансформации... пути их решения» были предметом отдельного анализа Мозгового А. И., Кузиной Г. П. и Крылова А. Н. [2].

2. Мозговой А. И., Кузина Г. П., Крылов А. Н. Организационно-экономические проблемы цифровой трансформации бизнеса российских предприятий и пути их решения // Вестник евразийской науки. 2022. № 5. С. 1–12. DOI: 10.15862/02ECVN522
3. Шодиев Э. Т. Развитие теоретико-методических основ управленческого учета на предприятиях сферы услуг в области телекоммуникаций в Республике Узбекистан // Бюллетень науки и практики. 2020. № 11. С. 288–293.

Автоматизация системы управления закупкам и Департамента образования и науки города Москвы

Петенёва Евгения Степановна, студент магистратуры;

Середа Лилия Сергеевна, студент магистратуры;

Раньжева Мария Александровна, студент магистратуры

Научный руководитель: Дарякин Адель Александрович, кандидат экономических наук, доцент
Московский городской педагогический университет

Статья посвящена исследованию развития системы управления закупками в городе Москве, являющейся подсистемой Единой цифровой платформы (ЕКИС). Рассматривается история создания ЕКИС, её основные цели и задачи, а также подробно анализируется функциональность Сервиса управления закупками (СУЗ) как ключевого инструмента для организации и проведения закупочной деятельности образовательными учреждениями Москвы. Особое внимание уделяется проблемам и перспективам развития СУЗ, а также его интеграции с другими информационными системами в сфере закупок.

Ключевые слова: автоматизация закупок, Департамент образования и науки, Единая цифровая платформа (ЕКИС), Сервис управления закупками (СУЗ), ЕАИСТ, управление закупками, образовательные учреждения, государственные закупки, Москва.

В современных условиях динамично развивающегося информационного общества автоматизация является ключевым фактором повышения эффективности деятельности государственных учреждений, в частности, в сфере управления закупками. Департамент образования и науки города Москвы (далее — ДОНМ) как один из крупнейших заказчиков в столичном регионе, разрабатывает и внедряет уникальные системы для автоматизации процессов закупок. Сложность и масштаб закупочной деятельности, обусловленные большим количеством подведомственных учреждений и разнообразными потребностями в товарах, работах и услугах, требуют комплексного подхода к автоматизации, учитывающего как специфику образовательной отрасли, так и общие тенденции цифровизации государственного управления.

Эффективное управление закупками является одним из ключевых факторов успешного функционирования любой организации, особенно в сфере образования, где рациональное использование бюджетных средств напрямую влияет на качество предоставляемых услуг. Город Москва активно внедряет цифровые технологии для оптимизации закупочной деятельности, и одним из важных этапов этого процесса стало создание и развитие Единой цифровой платформы (ЕКИС) [3]. Данная платформа объединяет различные информационные системы, обеспечивая прозрачность и эффективность управления ресурсами города.

Единая цифровая платформа (ЕКИС) была создана в Москве с целью централизации и автоматизации процессов управления ресурсами города, и представляет собой не просто набор программ и баз данных, а целую экосистему, которая пронизывает все аспекты образовательного процесса в столице. Это как нервная система, обеспечивающая связь между всеми участниками: учениками, родителями, учителями и администрацией. По сути, это платформа, на которой держится вся цифровая инфраструктура московского образования, и ее значение сложно переоценить [4]. В 2019 году на базе единой комплексной информационной системы введена в действие для работы всех образовательных учреждений система управления закупками (СУЗ) — позволяющая с минимальными затратами и в кратчайшие сроки автоматизировать закупочную деятельность образовательных организаций, упростить управление закупками, увеличить эффективность контрактной службы [1]. Идея создания ЕКИС возникла из необходимости повышения прозрачности, эффективности и контроля за использованием бюджетных средств. Основные этапы развития ЕКИС можно представить следующим образом:

2010–2015 годы: Формирование концепции ЕКИС, разработка основных модулей и подсистем. В этот период была создана Единая автоматизированная информационная система торгов (ЕАИСТ) г. Москвы, ставшая основой для автоматизации закупочной деятельности.

2016–2020 годы: Активное внедрение ЕКИС в различных сферах управления городом, расширение функциональности существующих модулей и добавление новых. Особое внимание уделялось интеграции ЕКИС с другими информационными системами и сервисами.

2021–настоящее время: Дальнейшее развитие ЕКИС, направленное на повышение удобства использования, расширение аналитических возможностей и интеграцию с новыми технологиями, такими как искусственный интеллект и машинное обучение.

Сервис управления закупками (СУЗ) является ключевой подсистемой ЕКИС, предназначенной для автоматизации процессов планирования, организации и проведения закупок образовательными учреждениями Москвы. СУЗ обеспечивает:

Формирование электронной дорожной карты Межшкольной торговой площадки (МШТП) и города. Межшкольная торговая площадка (МШТП) — это структура управления закупочной деятельностью на уровне межрайонов. С одной стороны, она регулирует закупки каждой образовательной организации, входящей в состав МШТП, с другой позволяет всем участникам осуществлять закупочную деятельность самостоятельно [2].

Сбор потребностей заказчиков совместной закупки. СУЗ предоставляет заказчикам — образовательным учреждениям города Москвы — инструменты для точного определения и формализации своих потребностей в закупках. Это включает в себя указание наименования требуемого товара/услуги, спецификаций, количества, желаемых сроков поставки и других релевантных параметров. Собранные данные о потребностях подвергаются автоматической категоризации и стандартизации в соответствии с общегородскими классификаторами и номенклатурой закупок. Это обеспечивает унификацию заявок и облегчает процесс консолидации.

Передачу данных о лоте в ЕАИСТ. СУЗ формирует проекты лотов для совместных закупок, учитывая консолидированные потребности заказчиков, требования законодательства и с помощью интеграции позволяет передать сформированный лот закупки в ЕАИСТ.

Формирование заявок на согласование закупок. Главный заказчик вносит информацию о товаре, работе или услуге, включая технические характеристики, спецификации, требования к качеству, объему и другие существенные параметры. Для упрощения и стандартизации процесса создаваемые заявки направляются посредством системы отправлять заявки на согласование.

Анализ эффективности закупочной деятельности

Основные элементы СУЗ:

Кабинет главного заказчика (ГЗ): Отображает закупки, главным заказчиком которых назначена организация.

Планирование закупки: Включает реестр всех закупок организации и аналитическую информацию по эффективности планирования закупок.

Претензионная работа: Отображает контракты, по которым ведется претензионная работа.

Заявки: Позволяет формировать и отслеживать заявки на согласование закупок. Уникальность сервиса согласования целесообразности закупок, в полностью электронном

Дорожная карта закупок ГРБС: Отображает закупки всех организаций, подведомственных ДОНМ, включенные в дорожную карту города.

Дорожная карта закупок МШТП: Включает реестр всех закупок МШТП и аналитическую информацию по эффективности планирования закупок МШТП.

Преимущества использования СУЗ для образовательных учреждений Москвы

Внедрение СУЗ в образовательных учреждениях Москвы позволило достичь значительных улучшений в сфере управления закупками:

Повышение прозрачности закупочной деятельности: СУЗ обеспечивает централизованный доступ к информации о закупках, что позволяет контролировать процесс на каждом этапе.

Увеличение эффективности использования бюджетных средств: СУЗ позволяет проводить анализ предстоящих закупок, объединять несколько закупок в одну по однородным и однотипным типам товаров, работ и услуг.

Сокращение времени на проведение закупок: Автоматизация процессов планирования и организации закупок позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на эти операции.

Улучшение взаимодействия между участниками закупочного процесса: СУЗ обеспечивает удобный интерфейс для взаимодействия между заказчиками и контролирующими органами.

Снижение риска ошибок и нарушений: Автоматизированные проверки и контроли позволяют минимизировать риск ошибок и нарушений в процессе закупок.

Оперативность и прозрачность принятия решений, с помощью подсистемы согласования целесообразности закупок, которая обусловлена полной цифровизацией процессов, включая межведомственное взаимодействие, что.

Проблемы и перспективы развития СУЗ

Несмотря на значительные успехи, в процессе использования СУЗ выявились и некоторые проблемы, требующие решения:

Технические ограничения: Отсутствие некоторых функциональных возможностей, таких как запрос ценовых предложений после консолидации потребностей заказчиков.

Интеграция с другими системами: Необходимость улучшения интеграции СУЗ с другими информационными системами, такими как ЕАИСТ и системы бухгалтерского учета.

Недостаточная квалификация персонала: Необходимость повышения квалификации персонала образовательных учреждений в области использования СУЗ и других цифровых инструментов управления закупками.

Перспективы развития СУЗ связаны с расширением функциональности, улучшением интеграции с другими системами и повышением квалификации персонала. В частности, планируется:

Внедрение новых модулей и подсистем, обеспечивающих поддержку новых видов закупок и закупочных процедур.

Разработка инструментов аналитики, позволяющих проводить более глубокий анализ закупочной деятельности и выявлять возможности для повышения эффективности.

Внедрение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации рутинных операций и принятия решений на основе анализа больших данных.

Интеграция СУЗ с ЕАИСТ

Интеграция СУЗ с Единой автоматизированной информационной системой торгов (ЕАИСТ) является важным аспектом развития системы управления закупками в Москве. Интеграция позволяет обеспечить:

Автоматическую передачу данных о закупках из СУЗ в ЕАИСТ для размещения информации о закупках в открытом доступе.

Использование данных из ЕАИСТ для анализа цен и формирования НМЦК в СУЗ.

Автоматическое формирование отчетности о закупках на основе данных из СУЗ и ЕАИСТ.

Однако, как отмечалось ранее, существуют и проблемы в интеграции СУЗ и ЕАИСТ, связанные с техническими ограничениями и необходимостью улучшения обмена данными между системами.

В заключение, проведенное исследование системы управления закупками в городе Москве, являющейся подсистемой Единой цифровой платформы (ЕКИС), позволяет сделать вывод о значительных успехах, достигнутых

в области автоматизации и оптимизации закупочной деятельности образовательных учреждений. Создание и развитие ЕКИС и, в частности, Сервиса управления закупками (СУЗ), позволило повысить прозрачность закупок, увеличить эффективность использования бюджетных средств, сократить время на проведение закупок, улучшить взаимодействие между участниками закупочного процесса и снизить риск ошибок и нарушений.

Несмотря на достигнутые результаты, в процессе эксплуатации СУЗ выявились некоторые проблемы, требующие решения, такие как технические ограничения, необходимость улучшения интеграции с другими системами (ЕАИСТ) и недостаточная квалификация персонала. Решение этих проблем является важным условием для дальнейшего развития системы управления закупками и повышения ее эффективности.

Перспективы развития СУЗ связаны с расширением функциональности, улучшением интеграции с другими системами, внедрением технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, а также повышением квалификации персонала. Реализация этих перспектив позволит создать еще более эффективную и удобную систему управления закупками, способствующую повышению качества образования в городе Москве.

В целом, можно констатировать, что автоматизация закупочной деятельности в Департаменте образования и науки города Москвы является важным направлением развития системы государственного управления, которое способствует повышению эффективности использования бюджетных средств и улучшению качества предоставляемых услуг. Дальнейшие исследования и разработки в этой области позволят создать еще более совершенные инструменты для управления закупками, отвечающие современным требованиям и вызовам.

Литература:

1. Демурчева, М. В. Цифровое управление закупками в работе межшкольной торговой площадки / М. В. Демурчева // Управление изменениями в формировании профессиональных компетенций кадров в сфере закупок для реализации задач цифровой экономики: Сборник статей / Отв. ред. И. П. Гладилина. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2020. — С. 46–50. — EDN RTGRUN.
2. Демурчева, М. В. Московский опыт деятельности межшкольных торговых площадок как фактор совершенствования управления закупками / М. В. Демурчева // Государственные закупки в развитии столичного мегаполиса: Сборник научных докладов / Ответственный редактор Гладилина Ирина Петровна. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс», 2021. — С. 18–24. — EDN LDQQJK.
3. <https://center.educom.ru/oauth/auth?code=4b6cf8f73015ab456e246844a4b19967127122cbd7d074&sr=aHR0cHM6Ly9la2lzLm1vc2Nvdj9saw==>
4. <https://telegra.ph/CHto-takoe-Ekis-EKIS-Serdce-cifrovoj-ehkosistemy-moskovskogo-obrazovaniya-01-31>

Разработка и реализация веб-приложения для решения задач дискретной оптимизации

Смирнова Юлия Александровна, студент
Российский государственный гуманитарный университет (г. Москва)

В статье рассматривается разработка прикладного программного продукта для автоматизированного решения задач дискретной оптимизации. Представлены структура и архитектура веб-приложения, особенности реализации модулей задачи о назначениях, транспортной задачи и задачи поиска кратчайшего пути. Особое внимание уделено визуализации алгоритмов и хранению истории решений как элементам образовательной направленности системы.

Ключевые слова: дискретная оптимизация, веб-приложение, визуализация алгоритмов, Венгерский метод, алгоритм Дейкстры, метод потенциалов, транспортная задача, поиск кратчайшего пути, задача о назначениях, Flask, Cytoscape.js, Python, SQLite.

Development and implementation of a web application for solving discrete optimization problems

Smirnova Yulia Aleksandrovna, student
Russian State University for the Humanities (Moscow)

The article discusses the development of an application software product for solving discrete optimization problems. The structure and architecture of the web application are presented, as well as implementation features of modules for the assignment problem, transportation problem, and shortest path search. Particular attention is paid to the visualization of algorithms and storing the history of solutions as tools for educational use.

Keywords: discrete optimization, web application, algorithm visualization, Hungarian method, Dijkstra's algorithm, potential method, transportation problem, shortest path search, assignment problem, Flask, Cytoscape.js, Python, SQLite.

Введение

Дискретная оптимизация — это область математического программирования, нацеленная на поиск экстремумов целевых функций при условии, что переменные принимают дискретные значения. К числу типичных задач относятся задача о назначениях, транспортная задача, задача коммивояжёра и поиск кратчайшего пути. Они имеют широкое применение в логистике, производственном планировании, информационных системах и образовании [1].

Разработка специализированных программных средств для решения таких задач позволяет автоматизировать вычисления, обеспечить удобство использования и создать платформу для обучения алгоритмическим методам. Особенно актуальны решения с открытой архитектурой и визуализацией.

Настоящая статья посвящена описанию веб-приложения, реализующего решение трёх базовых задач дискретной оптимизации: задачи о назначениях (с использованием Венгерского метода), транспортной задачи (метод потенциалов), задачи поиска кратчайшего пути (алгоритм Дейкстры). В работе рассмотрены архитектура системы, интерфейс, алгоритмы, используемые библиотеки, а также преимущества реализованного подхода.

Основная часть 1. Архитектура и компоненты веб-приложения

Разрабатываемая система построена по модульной архитектуре с использованием подхода Model–View–Controller (MVC), что обеспечивает расширяемость, читаемость и тестируемость кода [2]. Архитектура включает три уровня:

Model — отвечает за хранение и обработку данных, реализуется средствами СУБД SQLite;

View — визуальное отображение пользовательского интерфейса, построенное с использованием HTML, Tailwind CSS и библиотеки Cytoscape.js;

Controller — бизнес-логика и маршрутизация, реализуемые на сервере с использованием микрофреймворка Flask на языке Python.

Вся логика приложения разбита на независимые модули:

- assignment — модуль решения задачи о назначениях;
- transport — модуль транспортной задачи;
- dijkstra — модуль поиска кратчайшего пути;
- history — хранение и отображение истории решений;
- core — навигация и базовые маршруты.

Каждый модуль включает обработку пользовательского ввода, выполнение алгоритма и визуализацию результата.

2. Выбор технологий и библиотек

Выбор технологий был обусловлен следующими требованиями:

- кроссплатформенность;
- простота развертывания;
- высокая скорость разработки;
- наличие открытых библиотек.

Серверная часть:

Python — основной язык реализации, обладающий богатой системой библиотек для математических расчётов [3];

Flask — веб-фреймворк, позволяющий гибко управлять логикой приложения [4];

SQLite — встроенная база данных, не требующая отдельного сервера.

Клиентская часть:

HTML5 + Tailwind CSS — быстрая стилизация интерфейса через утилитарные классы [5];

JavaScript — интерактивность, динамическое управление DOM;

Cytoscape.js — визуализация графов в браузере, используется в модуле кратчайшего пути для ввода графа [6].

Алгоритмы:

Венгерский метод + `scipy.optimize.linear_sum_assignment` — решение задачи о назначениях;

алгоритм Дейкстры — реализация с приоритетной очередью (heapq) для решения задачи поиска кратчайшего пути;

метод потенциалов — для решения транспортной задачи.

3. Реализация модулей

Поиск кратчайшего пути

Работа модуля поиска кратчайшего пути, представленная на рисунке 1, начинается с того, что пользователь вручную формирует граф на веб-интерфейсе с помощью библиотеки Cytoscape.js. Он добавляет вершины и рёбра, при необходимости задаёт веса, и указывает начальную и целевую вершины. После нажатия кнопки «Рассчитать» граф автоматически преобразуется в сериализованный JSON, в котором хранится информация о структуре и весах рёбер.

Этот JSON отправляется на серверное приложение, реализованное на Flask. На сервере данные обрабатываются: из них строится список смежности, пригодный для выполнения алгоритма Дейкстры. Алгоритм реализован вручную: используется приоритетная очередь, массивы расстояний и предков для трассировки кратчайших путей.

После завершения вычислений формируется результат: это кратчайшее расстояние от начальной до це-

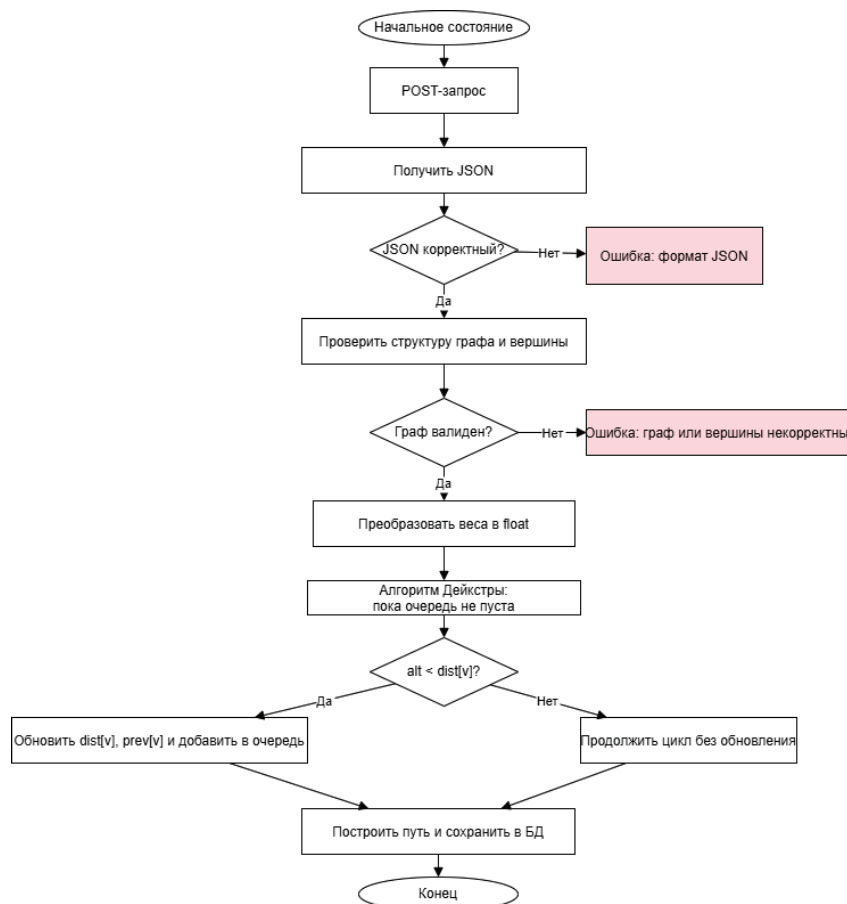


Рис. 1. Блок-схема модуля решения задачи поиска кратчайшего пути

левой вершины, а также сам путь, представленный в виде последовательности вершин. Результат возвращается обратно в браузер, где визуализируется: на исходном графе выделяется кратчайший путь (цветом и толщиной рёбер), а также отображается таблица со всеми расстояниями от начальной вершины до остальных.

Задача о назначениях

Модуль задачи о назначениях начинается с ручного ввода пользователем квадратной или прямоугольной матрицы стоимости, где строки представляют исполнителей, а столбцы — задачи. Пользователь может редактировать значения прямо в таблице на странице. После ввода и запуска алгоритма происходит передача матрицы на сервер.

На серверной части используется функция `linear_sum_assignment` из библиотеки `scipy.optimize`, реализую

щая Венгерский метод [7]. Однако, помимо получения конечного результата, в системе предусмотрен вывод пошаговых преобразований: изначально проводится вычитание минимальных значений по строкам, затем по столбцам. Построенная нулевая матрица используется для поиска допустимых назначений — с вычёркиванием строк и столбцов, покрытием минимальным числом линий и определением следующего шага.

Если оптимальное назначение ещё не найдено, то производится коррекция матрицы: от непокрытых элементов вычитается минимум, к элементам на пересечении — прибавляется. Процесс повторяется, пока не получится разбиение с нужным количеством назначений. Затем формируется результат: список пар «исполнитель–задача», итоговая стоимость и визуализация всех шагов на интерактивной матрице, где цветом выделяются нули, вычеркнутые элементы и финальные связи.

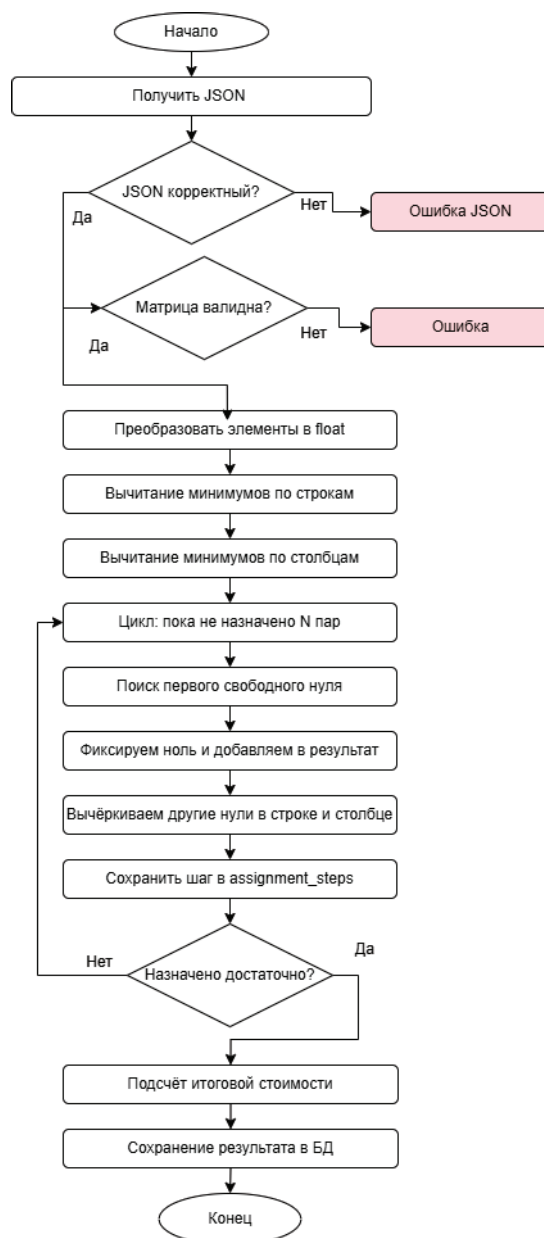


Рис. 2. Блок-схема модуля решения задачи о назначениях

Транспортная задача

Работа модуля транспортной задачи начинается с ввода пользователем таблицы затрат между поставщиками и потребителями, а также объёмов поставок и потребления. Если суммарные объёмы не равны, система автоматически балансирует задачу, добавляя фиктивного участника (поставщика или потребителя).

На следующем этапе строится начальный опорный план с помощью метода северо-западного угла: начинается заполнение ячеек таблицы с левого верхнего угла, с постепенным вычитанием объёмов. Полученная базисная структура сохраняется и подаётся на оптимизацию методом потенциалов.

Метод потенциалов предполагает расчёт потенциалов строк (u) и столбцов (v), на основе которых определяется оценка для каждой небазисной ячейки. Если хотя бы в одной ячейке оценка отрицательная, план не оптимален. В этом случае производится построение замкнутого цикла, пересчёт значений и обновление перевозок.

Когда все оценки неотрицательны, решение считается оптимальным. Программа формирует итоговую таблицу перевозок, в которой указаны объёмы перемещений по маршрутам и суммарная стоимость. Отдельно отображаются базисные клетки, потенциалы, оценки и шаги корректировки в табличном формате.

4. Визуализация и образовательная направленность

Одной из ключевых особенностей разработанного веб-приложения является визуализированная реализация вычислительных алгоритмов. Это отличает продукт от большинства существующих решений, в которых результаты представляются в виде финальных чисел, без раскрытия логики вычислений.

Визуализация служит двум основным целям:

Повышение наглядности и доверия к результатам — пользователю демонстрируется весь ход алгоритма: от вычитания минимумов в матрице до финального сопоставления исполнителей и задач.

Образовательная ценность — пошаговое выполнение алгоритмов делает систему подходящей для использования в учебных курсах по дискретной математике, исследованию операций, теории графов и оптимизации.

Примеры визуализированных элементов:

Подсветка выбранных нулей и вычеркнутых элементов в матрице (задача о назначениях);

Таблицы потенциалов, базисных ячеек и оценок (транспортная задача);

Интерактивный граф с выделением кратчайшего пути, трассировочной таблицей и шагами пересчёта (поиск пути).

Интерфейс поддерживает работу в браузерах Google Chrome, Mozilla Firefox и Opera. Отдельный модуль ис-

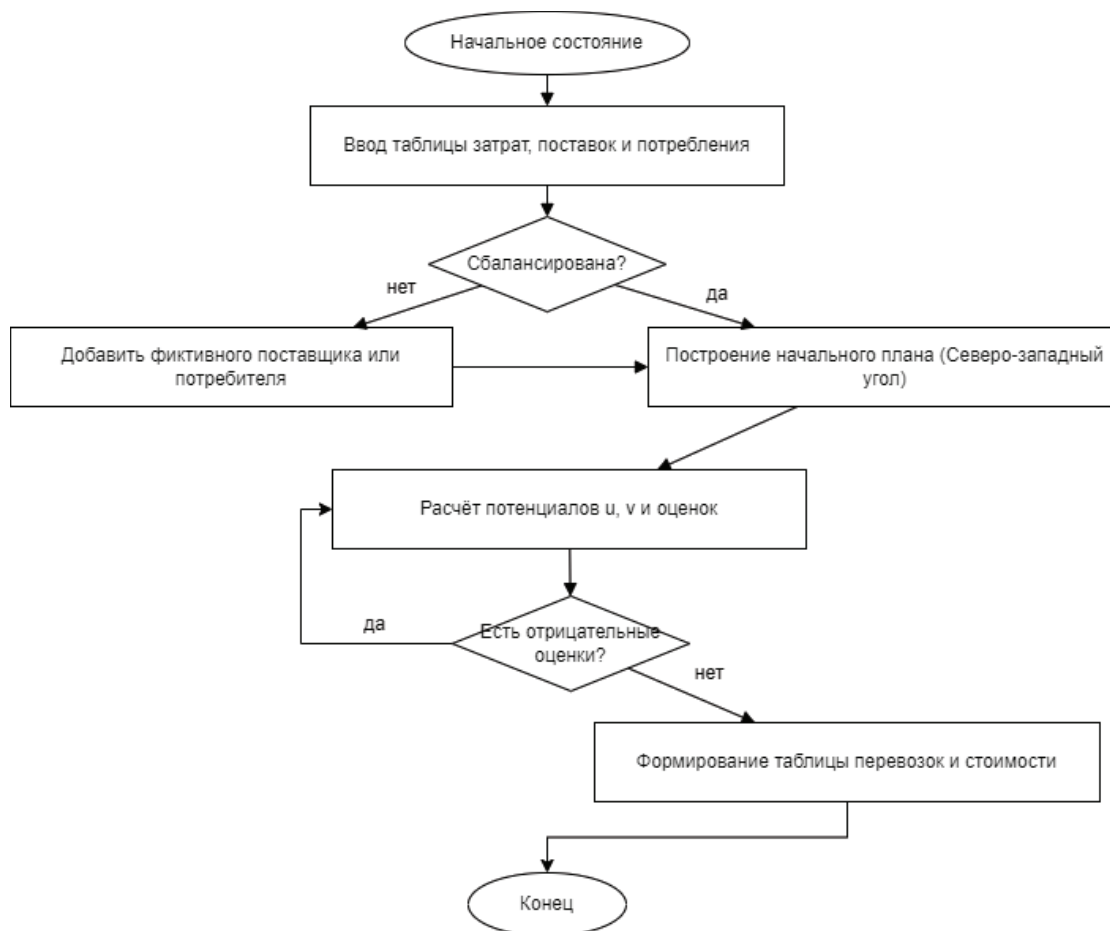


Рис. 3. Блок-схема модуля решения транспортной задачи

тории позволяет сохранить и повторно проанализировать каждый расчёт, что важно при обучении и повторном тестировании.

Заключение

Разработанное веб-приложение демонстрирует возможности интеграции классических методов дискретной оптимизации с современными веб-технологиями. Продукт реализует три ключевые задачи — о назначениях, транспортную и поиск кратчайшего пути — с упором на:

- модульность архитектуры (MVC, Flask Blueprint),
- наглядность интерфейса (Tailwind CSS, Cytoscape.js),
- образовательную ценность (пошаговые алгоритмы, история решений).

Система является кроссплатформенной, автономной и легко масштабируемой: в будущем возможно добавление новых типов задач, расширение аналитики, интеграция с LMS и другими платформами.

Проект может быть использован в учебных целях как интерактивное средство изучения методов оптимизации.

Литература:

1. Хилльер Ф., Либерман Г. Введение в исследование операций. — М.: Вильямс, 2005. — 1088 с.
2. Гамма Э. и др. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. — СПб.: Питер, 2018. — 368 с.
3. Лутц М. Изучаем Python. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 1216 с.
4. Grinberg M. Flask Web Development. — O'Reilly Media, 2018.
5. Tailwind Labs. Tailwind CSS Documentation. <https://tailwindcss.com/docs>
6. Cytoscape.js. <https://js.cytoscape.org/>
7. SciPy. Optimize: linear_sum_assignment. <https://docs.scipy.org/>
8. Дьяконов В. П. Методы и средства дискретной оптимизации. — М.: Радио и связь, 2002.
9. Алексеев П. О. Universum: технические науки. — 2025. — № 4(133). — С. 26–33.

Перенос проекта с платы EP4CE622 на плату AX7035B

Сорокин Семен Сергеевич, студент

Научный руководитель: Аверченко Артем Павлович, старший преподаватель
Омский государственный технический университет

Статья посвящена вопросам переноса проектов, разработанных для микросхем Altera (Intel), в среду разработки Xilinx с акцентом на замену пинов. Рассмотрены основные этапы адаптации проектных файлов, включая анализ исходной конфигурации пинов в Altera Quartus, создание нового проекта в Xilinx Vivado и формирование файла ограничений (XDC) для корректного назначения пинов. Статья будет полезна для инженеров и разработчиков, сталкивающихся с необходимостью миграции проектов между платформами Altera и Xilinx.

Ключевые слова: ПЛИС, FPGA, Xilinx, Altera, пиновая группа.

Введение

В современной электронной промышленности проектирование цифровых устройств на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) является важным этапом разработки. Две ведущие компании в этой области — Xilinx и Altera — предлагают свои инструменты, отладочные платы, среды разработки для создания проектов. Однако из-за высокой стоимости не всегда можно позволить себе иметь много подобных микросхем.

Постановка задачи

На занятиях по проектированию логических интегральных схем мы работали в программе Deeds (Digital Electronics Education and Design Suite), которая позволяет

выбрать, из имеющегося списка плат семейства Altera Cyclone II, IV, и подготовить VHDL код по собранной схеме [1]. Но появилась потребность рассматривать проекты на платах Xilinx, которые в свою очередь имеют очень много отличий от проектов которые мы делали ранее. **В связи с этим возникает вопрос, а возможно ли имея проект на плате от Altera, конвертировать его для работы с Xilinx.** В данной статье мы рассмотрим одно из возможных решений данной задачи с помощью анализа технической документации и поиска пересечений и схожестей.

Выбор микросхем

Наилучшим вариантом будет выбрать платы разных производителей, у которых будет много свободных пинов, чтобы можно обеспечить подключение двух микросхем.

У Xilinx возьмем AX7035B — это очень удобная, компактная плата, она сочетает в себе высокую производительность, и доступную цену, что делает ее отличным выбором для студентов, инженеров и исследователей. Благодаря широкому набору интерфейсов и поддержке современных инструментов разработки, плата AX7035B открывает широкие возможности для реализации самых разнообразных проектов.

Для выбора микросхемы от компании Altera, мы выбираем наиболее внешнее похожую, без ненужной периферии. EP4CE6E22 Basic Board — отличный вариант для нас, имеет большое количество свободных пинов, схожие разъемы. На рисунке 1 представлено визуальное сравнение выбранных нами плат, для удобства в дальнейшем обозначим важные группы пинов цифрами от 1 до 5.

Анализ технической документации

Начнем с анализа технической документации AX7035B [2]. После изучения можно сказать, что для корректной конвертации нам необходимо перенести пины отвечающие за индикацию на семисегментнике, разъемы J9 (4), J10 (5), KEY1-KEY4, RESET, LED1-LED4 (Light Emitting Diode — излучающий свет диод).

Для анализа платы EP4CE6E22 Basic Board, воспользуемся программой Deeds. Там мы можем посмотреть сколько пинов свободно или занято. Получаем, что в 1–3 пинных группах из 98 пинов свободно 80. Посмотрев qsf файл проекта можно увидеть, что PIN28, PIN30-PIN32, отвечают за лампочки на плате. Получается, что мы можем параллельно соединить индикаторы LED с платы AX7035B с индикаторами LED с EP4CE6E22 Basic Board.

Схематично изобразим пиновые группы с их полным наименованием и нумерацией.

Замена возможных пинов

В 1 группы подключим пины отвечающие за кнопки и индикацию на семисегментнике, в 2 группу подключим 4 группу, а в 3 группу соединяем 5 группу соответственно. Покажем возможное подключение пинов на рисунке 3.

Заключение

В данной статье я показал возможное подключение пинов с платы AX7035B к плате EP4CE6E22 Basic Board, это доказывает, что конвертация возможна, в дальнейших работах планируется показать на практике возможность работы двух плат разных производителей.

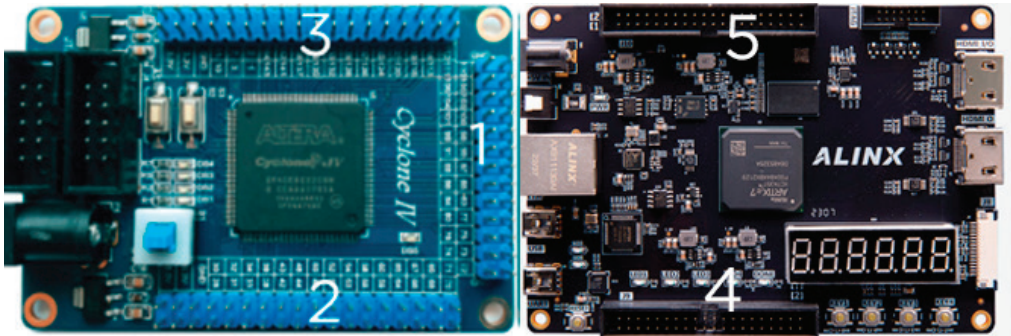


Рис. 1. Визуальное сравнение EP4CE6E22 Basic Board и AX7035B

EP4CE6E22 BASIC BOARD												AX7035B									
1												4									
GND (1)	IO_110 (2)	VCC 5.0 (1)	VCC 5.0 (2)	VCC 5.0 (1)	VCC 5.0 (2)	GND (1)	+5V (2)	GND (1)	+5V (2)												
IO_106 (3)	IO_105 (4)	VCC 3.3 (3)	VCC 3.3 (4)	VCC 3.3 (3)	VCC 3.3 (4)	IO_106 (3)	E16 (4)	D16 (3)	E16 (4)												
IO_104 (5)	IO_103 (6)	GND (5)	GND (6)	GND (5)	GND (6)	F14 (5)	F13 (6)	F14 (5)	F13 (6)												
IO_101 (7)	IO_100 (8)	IO_28 (7)	IO_30 (8)	IO_10 (7)	IO_11 (8)	E14 (7)	E13 (8)	E14 (7)	E13 (8)												
IO_99 (9)	IO_98 (10)	IO_31 (9)	IO_32 (10)	IO_9 (9)	IO_7 (10)	D15 (9)	D14 (10)	D15 (9)	D14 (10)												
IO_91 (11)	IO_90 (12)	IO_33 (11)	IO_34 (12)	IO_1 (11)	IO_2 (12)	B13 (11)	C13 (12)	B13 (11)	C13 (12)												
IO_89 (13)	IO_87 (14)	IO_38 (13)	IO_39 (14)	IO_143 (13)	IO_144 (14)	A14 (13)	A13 (14)	A14 (13)	A13 (14)												
IO_86 (15)	IO_85 (16)	IO_42 (15)	IO_43 (16)	IO_141 (15)	IO_142 (16)	C15 (15)	C14 (16)	C15 (15)	C14 (16)												
IO_84 (17)	IO_83 (18)	IO_44 (17)	IO_46 (18)	IO_137 (17)	IO_138 (18)	A16 (17)	A15 (18)	A16 (17)	A15 (18)												
IO_80 (19)	IO_77 (20)	IO_49 (19)	IO_50 (20)	IO_135 (19)	IO_136 (20)	B16 (19)	B15 (20)	B16 (19)	B15 (20)												
IO_76 (21)	IO_75 (22)	IO_51 (21)	IO_52 (22)	IO_132 (21)	IO_133 (22)	B18 (21)	B17 (22)	B18 (21)	B17 (22)												
IO_74 (23)	IO_73 (24)	IO_53 (23)	IO_54 (24)	IO_128 (23)	IO_129 (24)	A19 (23)	A18 (24)	A19 (23)	A18 (24)												
GND (25)	IO_72 (26)	IO_55 (25)	IO_58 (26)	IO_126 (25)	IO_127 (26)	C19 (25)	C18 (26)	C19 (25)	C18 (26)												
		IO_59 (27)	IO_60 (28)	IO_124 (27)	IO_125 (28)	A20 (27)	B20 (28)	A20 (27)	B20 (28)												
		IO_64 (29)	IO_65 (30)	IO_120 (29)	IO_121 (30)	V19 (29)	D17 (30)	V19 (29)	D17 (30)												
		IO_66 (31)	IO_67 (32)	IO_115 (31)	IO_119 (32)	E17 (31)	F18 (32)	E17 (31)	F18 (32)												
		IO_68 (33)	IO_69 (34)	IO_113 (33)	IO_114 (34)																
		IO_70 (35)	IO_71 (36)	IO_111 (35)	IO_112 (36)	GND (37)	GND (38)	GND (37)	GND (38)												
						+3.3 V (39)	+3.3 V (40)	+3.3 V (39)	+3.3 V (40)												

1		2		3	
GND(1)		VCC 5.0 (1)		VCC 5.0 (1)	
io_110(2)	M13	VCC 5.0 (1)		VCC 5.0 (1)	
io_106(3)	K14	VCC 3.3 (3)		VCC 3.3 (3)	
io_105(4)	K13	VCC 3.3 (4)		VCC 3.3 (4)	
io_104(5)	L13	GND(5)		GND(5)	
io_103(6)	F20	GND(6)		GND(6)	
io_101(7)		io_28(7)	F19	io_10(7)	R17
io_100(8)	J5	io_30(8)	E21	io_11(8)	N17
io_99(9)	M3	io_31(9)	D20	io_3(9)	R19
io_98(10)	J3	io_32(10)	C20	io_7(10)	P19
io_91(11)		io_33(11)	D16	io_1(11)	T18
io_90(12)		io_34(12)	E16	io_2(12)	R18
io_89(13)		io_38(13)	F14	io_143(13)	U21
io_87(14)	H5	io_39(14)	F13	io_144(14)	T21
io_86(15)	G4	io_42(15)	E14	io_141(15)	V22
io_85(16)	K6	io_43(16)	E13	io_142(16)	U22
io_84(17)	K3	io_44(17)	D15	io_137(17)	V20
io_83(18)	H4	io_46(18)	D14	io_138(18)	U20
io_80(19)	M2	io_49(19)	B13	io_135(19)	W22
io_77(20)	M2	io_50(20)	C13	io_136(20)	W21
io_76(21)	L5	io_51(21)	A14	io_132(21)	Y22
io_75(22)	L4	io_52(22)	A13	io_133(22)	Y21
io_74(23)	M16	io_53(23)	C15	io_128(23)	AA21
io_73(24)	M17	io_54(24)	C14	io_129(24)	AA20
GND(25)		io_55(25)	A16	io_126(25)	AB22
io_72(26)		io_58(26)	A15	io_127(26)	AB21
		io_59(27)	B16	io_124(27)	AB20
		io_60(28)	B15	io_125(28)	AA19
		io_64(29)	B18	io_120(29)	W20
		io_65(30)	B17	io_121(30)	W19
		io_66(31)	A19	io_115(31)	AB18
		io_67(32)	A18	io_119(32)	AA18
		io_68(33)	C19	io_113(33)	V19
		io_69(34)	C18	io_114(34)	V18
		io_70(35)	A20	io_111(35)	W17
		io_71(36)	B20	io_112(36)	V17

Рис. 3. Возможное подключение пинов

Литература:

1. Поляков А. К. DEEDS — Учебная система моделирования и проектирования цифровой аппаратуры // Журнал. Современная Электроника № 1. г. 2018, С.86–87.
2. ARTIX-7FPGA Development Board AX7035. User Manual / Alinx; [сост. Rachel Zhou]. — 2019. — 42 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Анализ налипаний минеральных удобрений в производстве на внутренних стенках оборудования с использованием технологий лидара, сканеров и искусственного интеллекта перед проведением технологических чисток аппаратов

Андреев Дмитрий Алексеевич, студент магистратуры
Череповецкий государственный университет

Современные технологии предлагают новые возможности обработки и анализа больших объемов цифровых данных, что позволяет эффективно выявлять риски, связанные с повышением уровня травматизма персонала подрядных организаций, выполняющих технологические чистки. В данной статье рассматривается, как за счет внедрения искусственного интеллекта в программное обеспечение автоматически анализировать данные, полученные при полевых работах с лидаром, выявлять отклонения между паспортными характеристиками оборудования и фактическими результатами, полученными в ходе сканирования, что позволяет определить толщину налипаний на внутренних стенках, выявить участки, наиболее подверженные риску повреждения при технологической чистке, и принять соответствующие меры по предотвращению случаев травматизма на производстве.

Ключевые слова: лидар, искусственный интеллект, риск, технологические чистки.

Введение

Контроль за состоянием технологического оборудования, его своевременное обслуживание и ремонт являются важными составляющими системы управления промышленной безопасностью предприятия. Качественно выстроенная система позволяет существенно снизить риск аварий и инцидентов, что, в свою очередь, обеспечивает более эффективную работу предприятия.

Использование минеральных удобрений является важным условием успешности современного сельского хозяйства, позволяет повышать урожайность и качество плодовых и зерновых культур. Однако при производстве удобрений возникают определенные проблемы, связанные с их налипанием на внутренние стенки аппаратов для изготовления и смешивания. Это приводит к снижению эффективности производства удобрений, увеличению расходов и техническим неполадкам. Для поддержания высокой производительности и необходимого уровня безопасности, а также снижения энергозатрат и повышения эффективности необходимо проведение технологической чистки аппаратов.

Лидар и искусственный интеллект: на что они способны

Лидар — это технология дистанционного зондирования, позволяющая измерять расстояние с помощью

активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах.

Применение лидаров, работающих на разных длинах волн, помогает отличить минеральные удобрения от других материалов и объектов благодаря различиям в их спектральных характеристиках. Лидары, оснащенные системой выбора длины волны или обеспечивающие возможность мультиспектральной и гиперспектральной съемки, способны анализировать отраженные сигналы на разных длинах волн.

Искусственный интеллект представляет собой мощный инструмент для работы с большими объемами цифровых данных, позволяя автоматизировать процессы сбора, очистки, анализа и визуализации информации. Алгоритмы машинного обучения способны обрабатывать огромные объемы информации, что дает возможность выявлять скрытые взаимосвязи между, казалось бы, несвязанными переменными и создавать более точные прогнозные модели. Для решения конкретной задачи по распознаванию налипаний можно эффективно использовать библиотеки OpenCV, TensorFlow и Keras, а также применять предварительно обученные модели, такие как EfficientNetB0 (обучена на наборе данных ImageNet). Эти инструменты, адаптируясь под специфические требования и задачи, позволяют значительно улучшить качество распознавания налипаний.

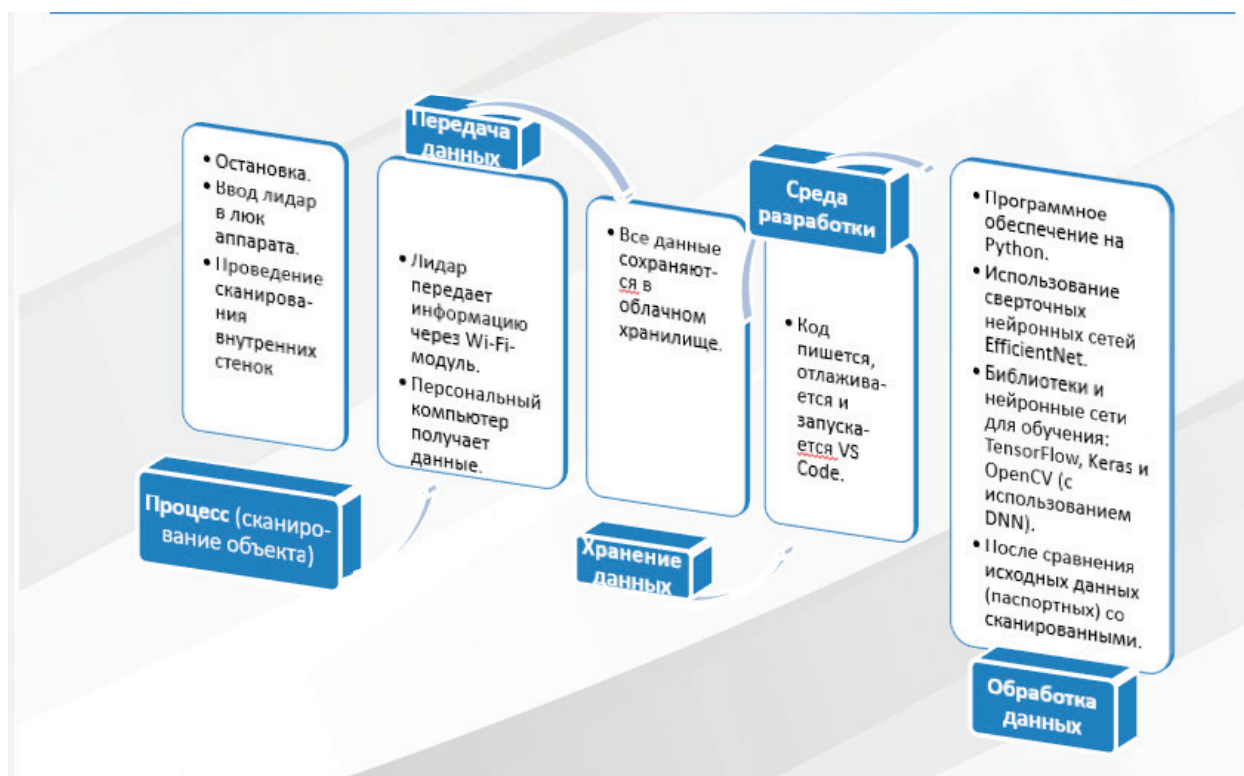


Рис. 1. Схема анализа с помощью ИИ

Внедрение искусственного интеллекта в программный комплекс лидара для определения наличия налипаний на внутренних стенках оборудования

Полученные изображения загружаются в ПО, связанное с ИИ, для распознавания и обработки данных с лидаров. В систему вводятся паспортные данные и характеристики ранее установленного или вновь монтируемого оборудования. Затем осуществляется сопоставление реальной толщины стен с паспортными данными и возможными отклонениями. Программа предлагает известные ей безопасные методы технологической очистки на основе проведенного анализа.

Для обучения модели использовались сверточные нейронные сети (CNN), такие как EfficientNet, которые хорошо зарекомендовали себя благодаря своей способности

эффективно обрабатывать текстуры и мелкие детали изображения.

Выводы

Использование лидара в сочетании с искусственным интеллектом для выявления налипаний минеральных удобрений внутри сельскохозяйственного оборудования перед его технологической чисткой является эффективным и перспективным, позволяет предотвратить возможные проблемы и обеспечивает более эффективную работу предприятия.

Применение описанной технологии перед проведением технологической чистки — действенный способ обеспечения безопасности персонала и предотвращения возможных несчастных случаев и аварийных ситуаций.

Литература:

1. Системы искусственного интеллекта / И. А. Бессмертный, А. Е. Авдюшина, А. В. Кугаевских [и др.]. — СПб : Университет ИТМО, 2024. — 81 с.
2. Шустова, Е. П. Введение в анализ изображений на Python / Е. П. Шустова. — Казань : Казан. ун-т, 2020. — 88 с.
3. Dawson-Howe, K. A Practical Introduction to Computer Vision with Open CV / K. Dawson-Howe. — John Wiley & Sons Limited, 2014. — 218 p.
4. Вьюгин, В. В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования / В. В. Вьюгин. — М., 2013. — 391 с.
5. Рашка, С. Python и машинное обучение / С. Рашка. — М. : ДМК-Пресс, 2017. — 418 с.
6. Саттон, Р. С. Обучение с подкреплением / Р. С. Саттон, Э. Г. Барто. — М. : ДМК-Пресс, 2002. — 402 с.
7. Padari, A. Lidar system for coke oven chimney monitoring / A. Padari, K. Taavi // EPJ Web of Conferences. — 2018. — Vol. 185. — P. 09010.

8. Fiamma, M. Portable ground-based LiDAR measurements for characterizing vertical distribution of size-segregated aerosol concentrations in the atmospheric boundary layer / M. Fiamma, [et al.] // Atmospheric Measurement Techniques. — 2018. — Vol. 11 (10). — Pp. 5879–5893.

Улучшение обслуживания электропоездов путём увеличения ремонтных мощностей

Гнедин Леонид Юрьевич, студент;
Ефимченко Максим Витальевич, студент;
Киселев Ярослав Артемович, студент;
Крючков Иван Сергеевич, студент

Научный руководитель: Григорьев Павел Сергеевич, кандидат технических наук, доцент
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье авторы исследуют причины ухудшения ремонта пригородных поездов, а также предлагают способ их устранения.

Ключевые слова: депо, реконструкция, электропоезда, обслуживание и ремонт, депо Москва-2.

В настоящее время пригородное сообщение в России очень активно развивается как в Московском регионе, так и в других областях. Чаще всего это развитие происходит неравномерно: километры железнодорожных путей и парк поездов растут быстрее, чем места проведения обслуживания и ремонта ПС (депо, ПТО и т. д.). На фоне этого ремонтный персонал чисто физически не успевает проводить ТО (ТР) в том объёме, в котором этого требуют нормативные документы. Как следствие — техническое состояние подвижного состава оставляет желать лучшего. Данная проблема влияет не только на комфорт поездки, но и на безопасность движения. В статье мы более подробно рассмотрим причины и предложим возможные пути решения данной проблемы.

Носителем и заказчиком проблемы являются дирекции моторвагонного подвижного состава.

Пользователями нашего продукта являются пассажиры пригородных электропоездов, локомотивные бригады, ремонтный, а также руководящий и инженерно-технический персонал (рисунок 1).

В качестве экспертов выступает профессорско-преподавательский состав и аспиранты кафедры «Электропоезда и локомотивы», преподаватель по дисциплине «Проектная деятельность» Григорьев П. С.

Наш продукт также может быть интересен другим филиалам ОАО «РЖД», таким, например, как дирекция тяги, различным дочерним компаниям (пр. — ФПК), а также частным компаниям-перевозчикам («ЦППК», «Балт-ТрансСервис», «Аэроэкспресс», «Гранд-сервис экспресс» и так далее).

Заинтересованными в нашем проекте являются пассажиры, так как решение поставленной проблемы по-

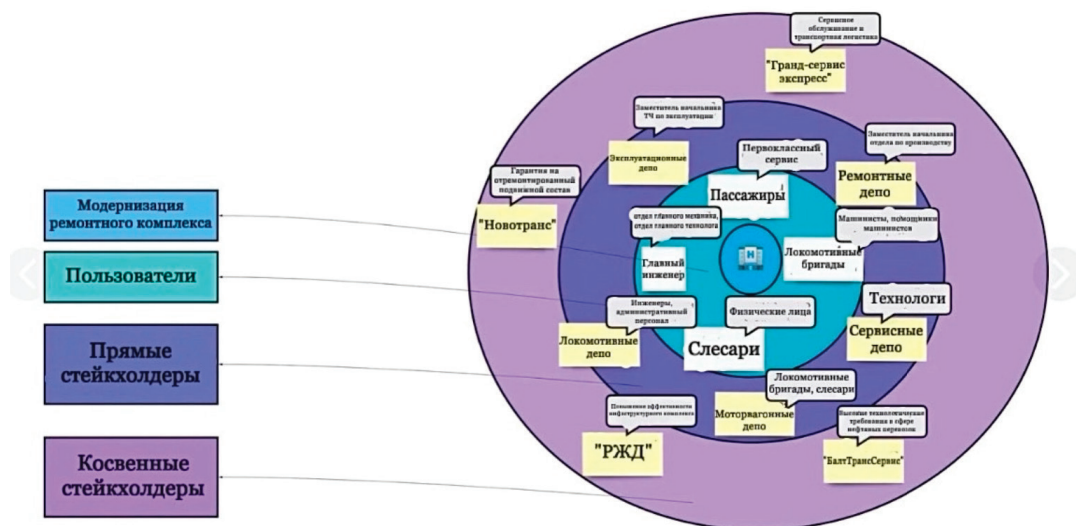


Рис. 1. Карта стейкхолдеров

зволит повысить комфорт и безопасность поездок, ремонтный персонал, коим будет проще обслуживать ПС при имеющихся необходимых для этого мощностях, поставщики различных запчастей и оборудования, а также частные компании, занимающиеся перевозкой и обслуживанием ПС.

В настоящей статье будем рассматривать проблему и способы её решения на примере Московского ЖД узла (конкретно — направления, проходящие через Москву).

За последний десяток лет пригородное сообщение в Москве очень преобразилось: начиная с 2014 года началось обновление парка поездов силами компании-перевозчика «ЦППК», старые поезда серии ЭР, ЭД заменили новыми поездами ЭД4М 400ой и 500ой серий. С 2016 года также в обновлении принимают участие поезда ЭП2Д. С 2019 года в Москве открываются Московские центральные диаметры, строятся новые участки путей, а также дополнительные пути на уже существующих участках. К 2025 году в столице официально запущено уже 4 диаметра, ПС обновлён примерно на 70 %.

Описанное развитие пригородного сообщения происходило очень стремительно, и, к сожалению, внесло отрицательную лепту в такую составляющую, как ремонт ПС. Приведем пример: после открытия 5 главного пути «Москва-Мытищи» число единиц подвижного состава депо Москва-2 увеличилось на около десятка единиц (с +50 до +60). Однако при всем этом, существующие мощности депо остались прежними, а потому ремонтный персонал был вынужден обслуживать большее число поездов за то же время.

Так, например, из-за неудовлетворительного качества обслуживания электропоездов, общее опоздание электропоездов за февраль 2024 года составило 515 часов (данные

взяты с портала РЖД). Если спроецировать это время на один условный маршрут, получится, что он простоял без дела 21 сутки.

У старых поездов полных отмен не так много, но некоторые вагоны из-за неисправности приходится выцеплять. Как следствие — э/п вместо 11 вагонов выходит на линию в 9, 10 вагонов, места для пассажиров становится меньше — возникают опоздания.

Основными причинами отказов, по которым отцепляются вагоны, являются неисправность тягового оборудования (50 % всех случаев) и механической части (44 % случаев).

Итак, решением нашей проблемы можно считать: пересмотр программы развития пригородного сообщения с заделом на ремонт, то есть, условно говоря, все проекты по развитию пригородного сообщения должны подстраиваться под мощности ремонтных комплексов — очевидно, такой вариант нам не подходит, поскольку все проекты утверждаются на уровне города, а их основная задача — идти в ногу со временем, добавлять комфорт и скорость в поездки. Ещё один из возможных вариантов — обновить ПС со старого на новый, чтобы сократить затраты на его обслуживание. Но сделать это везде и сразу не получится, поэтому остаётся лишь один возможный вариант — увеличение ремонтных мощностей депо. Разумеется, в условиях увеличения числа единиц техники, это невозможно без увеличения физической площади депо.

Пример нашего решения покажем на моторвагонном депо Москва-2 Ярославская. Депо находится в Москве по адресу Мытищинский проезд, 5. Открыто в 1929 году вместе с запуском первой электрички Москва-Мытищи. Депо имеет суммарную площадь цехов порядка 18400 м² (рисунок 2), включает 2 канавы для проведения ТО-3,

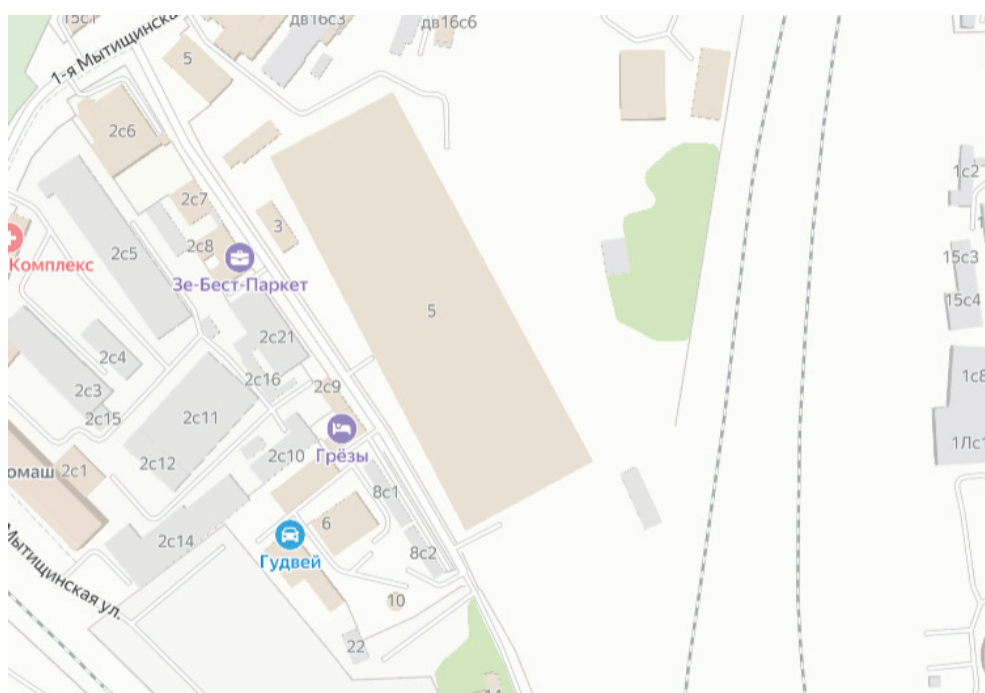


Рис. 2. Расположение депо Москва-2

одну для ТР-1, остальные цехи предназначены для подъёмного ремонта ТР-2 и ТР-3, а также обточки колёсных пар ТО-4.

По большому счету, депо с момента своего открытия глобальных реконструкций не видело (рисунки 3, 4), ка-

навы для ТО-3, ТР-1 как были построены с расчетом на 8 вагонов, так и сейчас остаются таковыми. Но пригородные поезда уже давным-давно ездят в 11 или 10 вагонов. Все это порождает дополнительные расцепки и сцепки вагонов при проведении почти любого вида ТО.



Рис. 3. Депо Москва-2 в 1965 году



Рис. 4. Депо Москва-2, XXI век

С начала XX века число маршрутов, поездов и путей на данном направлении существенно выросло, с 2009 года в состав депо вошло ранее самостоятельное депо Пушкино, находящееся в одноимённом городе.

Однако оно не может проводить крупные виды ремонта, да и площадь у него тоже не очень большая. Следствие всего перечисленного — в выходные дни, когда поездов курсирует меньше, поезда отстаиваются не в депо, а на станциях, таких как Болшево, Лосиноостровская, парк станции Москва-Ярославская. Разумеется, депо нужно увеличивать и расширять ремонтные цеха.

Депо находится в Москве и окружено со всех сторон другими сооружениями, однако, наш вариант развития, следующий:

Поскольку вагонное депо было построено и открыто существенно позже, то именно его и предлагается перенести на другую сторону железной дороги, объединив с парком отстоя (рисунок 5). На той же стороне находится лесная часть парка Сокольники, и при необходимости можно небольшую её часть отдать также под пути вагонного депо (при согласовании с городом).

В свою очередь, пригородное депо ТЧ-10 станет занимать и зеленую и черную зону, станет почти в 3 раза больше.

В черной зоне предлагается разместить 4 канавы для ТО-3, и 2 для ТР-1, а оставшееся место будет тракционными путями, где электропоезда смогут просто отстаиваться. Старую часть депо (зеленая зона) предлагается пе-

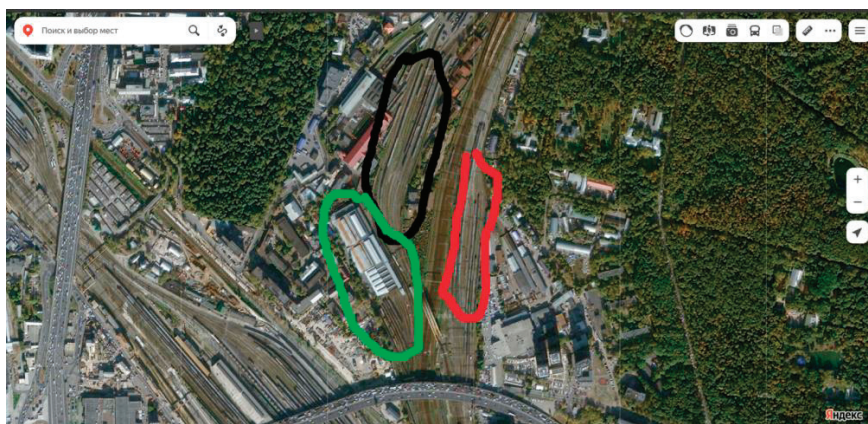


Рис. 5. Со спутника: зелёное — депо Москва-2, чёрное — вагонное депо Москва Ярославская, красное — парк отстоя станции

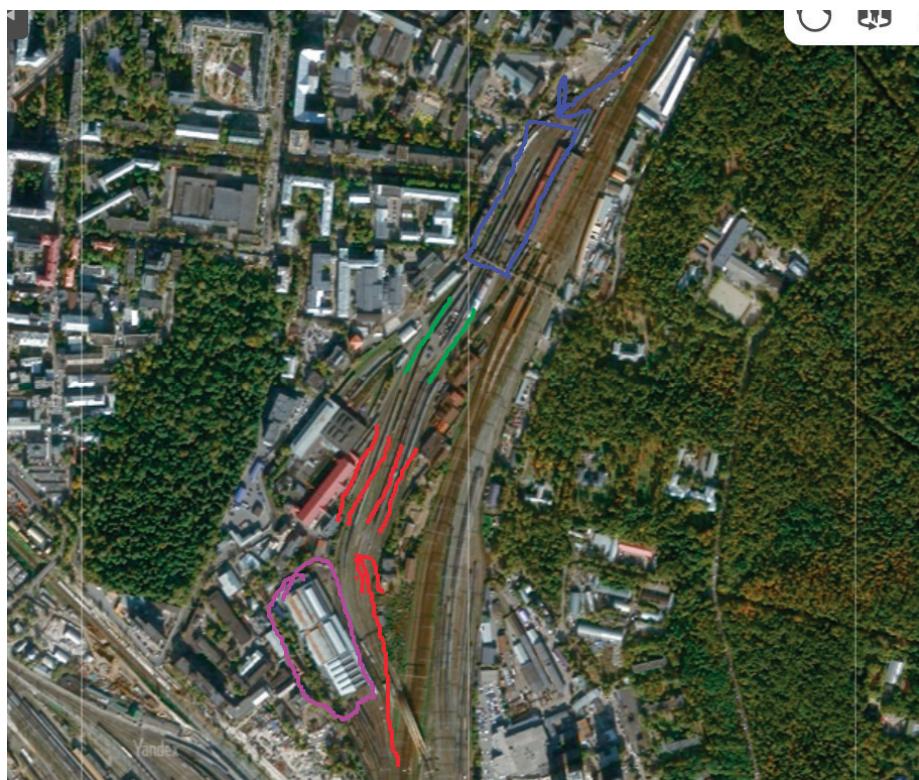


Рис. 6. Структура предполагаемого депо после реконструкции

реоборудовать полностью под крупные виды ремонта: от ТР-2 и выше (рисунок 5).

Таким образом, крупный ремонт сможет проходить в 2,5 раза больше вагонов, а ТО-3 и ТР-1 — в полтора раза (за сутки). Наглядно: сейчас в сутки ТО-3 проходит 4 электропоезда, станет 6–7, ТР-1 — сейчас проходит 1 электропоезд в сутки, станет 2–3. На ТР-2,3 сейчас могут одновременно находится 2 электропоезда, а станет 4–5. Разумеется, потребуется техническое оснащение, персонал и новые запчасти, но при подобном раскладе мощности увеличатся более чем в 2 раза, что даст нам абсолютно реальные возможности для запуска и открытия МЦД-5.

Цеха по ремонту предлагается расположить следующим образом: В фиолетовой зоне — старая часть депо:

цеха ТР-2, ТР-3, станки по обточке колесных пар ТО-4. Красные — 4 канавы под ТО-3, зеленым — 2 канавы для ТР-1 и, наконец, синяя зона — тракционные пути для отстоя электропоездов. Заезд в ремонтные цеха осуществляется со стороны Москвы (красная стрелка), на тракционные пути — со стороны области (синяя стрелка) (рисунок 6).

Таким образом, все увеличение мощностей депо упирается физически в его размеры. Депо Железнодорожная уже начали реконструировать и увеличивать, однако это было сделано несколько позже открытия МЦД-4. Аналогичные модернизации могут быть проведены и в депо Домодедово, где также в ближайшее время будет обновляться подвижной состав и увеличиваться его количество.

Литература:

1. Суворов А. С. История железных дорог России: Подарочные издания, коллекционирования, 2024–240 с.
2. Пегов Д. В., Шеремет Д. М., Пономаренко С. А. и др. Электропоезда постоянного тока ЭД2Т, ЭТ2М, ЭД4М, ЭР2Т, ЭТ2: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ Под ред. Пегова Д. В. — М.: Центр коммерческих разработок, 2008 г. — 192 с.

Сравнительный анализ норм проектирования при расчете на продавливание плиты перекрытия торцевым участком стены

Колкин Сергей Артемович, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Статья посвящена анализу расчета на продавливание плит перекрытий в монолитных железобетонных зданиях в зоне сопряжения с торцом стены. Проведен сравнительный обзор методик, представленных в нормативных документах: СП 63.13330.2018, СП 430.1325800.2018, Eurocode 2, ACI 318–19. Установлено, что большинство стандартов не содержит прямых рекомендаций к расчету. Для оценки точности расчетных моделей использованы результаты натурального эксперимента. Результаты показали существенные расхождения между расчетной и фактической несущей способностью. Сделан вывод о необходимости корректировки существующих нормативных подходов при расчете на продавливание в зоне торца стены.

Ключевые слова: продавливание плит перекрытий, торец стены, сравнительный анализ, монолитный железобетон.

В современном строительстве зданий из монолитного железобетона чаще всего используется каркасная конструктивная система. Вертикальными несущими элементами в таких системах выступают пилоны или простенки небольшой толщины, которые в сочетании с кладкой из штучных материалов обеспечивают гибкость объемно-планировочных решений. Такое решение также позволяет сократить сроки строительства и повысить эффективность использования материалов. Однако в каркасной конструктивной системе плиты перекрытий подвержены такой пространственной форме разрушения, как продавливание. Оно возникает мгновенно, без предварительного развития больших деформаций, что делает невозможным принятие соответствующих мер для эвакуации людей. Именно поэтому расчет на продавливание является очень важным и зачастую определяющим при назначении толщины плиты перекрытия.

Подход к оценке прочности при продавливании в отечественных и зарубежных нормативных документах [1–4] сводится к проверке общего условия:

$$F \leq F_b, \quad (1)$$

где F — продавливающая сила;

F_b — предельная сила, воспринимаемая расчетным сечением плиты.

В рамках статьи выполнен сравнительный анализ расчетных методик по определению предельной продавливающей силы на основе четырех нормативных документов [1–4].

СП 63.13330.2018

Предельное усилие при продавливании плиты при отсутствии поперечного армирования, согласно СП 63.13330.2018 [1], определяется по формуле:

$$F_b = R_{bt} \cdot A_b, \quad (2)$$

где R_{bt} — расчетное сопротивление бетона растяжению;

A_b — площадь расчётного поперечного сечения, расположенного на расстоянии $h_0/2$ от границы площади приложения сосредоточенной силы F с рабочей высотой сечения h_0 .

Площадь A_b определяется по формуле:

$$A_b = u \cdot h_0, \quad (3)$$

где u — периметр контура расчетного поперечного сечения;

h_0 — рабочая высота элемента, равная среднеарифметическому значению рабочих высот для продольной арматуры в направлении осей X и Y .

Подставив выражение (3) в формулу (2), получаем:

$$F_b = R_{bt} \cdot u \cdot h_0 \quad (4)$$

Как видно из формулы (4) прочность плиты при продавливании, определяемая по методике СП 63.13330.2018 [1] зависит только от рабочей высоты сечения плиты и периметра расчетного контура. Дополнительные указания по ограничению размеров периметра расчетного контура или дополнительные коэффициенты, учитывающие геометрические размеры площадки приложения сосредоточенной силы, отсутствуют.

СП 430.13330.2018

В нормативном документе СП 430.1325800.2018 [2] расчёт плиты при продавливании торцевым участком стены рекомендуется выполнять согласно СП 63.13330.2018 [1], при этом расчетный контур поперечного сечения следует принимать, расположенным у торца стены на расстоянии $h_0/2$ от контура поперечного сечения стены и состоящего из трёх участков: первый расположен параллельно торцу стены, а два других участка расположены параллельно длинной стороне стены и равны длине участка, параллельного торцу стены (рисунок 2). Расчёт следует выполнять согласно методике, приведенной в п. 8.1.46 СП 63.13330.2018 [1], при этом величину сосредоточенной продавливающей силы принимают равной равнодействующей всех поперечных сил, действующих по длине рассматриваемого контура, а сосредоточенный момент учитывают только в направлении Y (из плоскости стены).

С учетом данных по определению расчетного контура формулу (4) для торца стены можно записать в следующем виде:

$$F_b = R_{bt} \cdot u_{red} \cdot h_0, \quad (5)$$

где u_{red} — редуцированный периметр расчетного контура, определяемый по формуле:

$$u_{red} = 3 \left(a + \frac{h_0}{2} \right), \quad (6)$$

где a — толщина стены.

Дополнительной информации о том, при каком соотношении сторон опорной конструкции необходимо применять данную методику в нормативном документе нет. Однако п. 5.1.8 СП 430.13330.2018 [2] говорит о том, что вертикальные

элементы с соотношением сторон $\frac{b}{a} > 4$ (b — большая сторона поперечного сечения, a — меньшая) следует относить к

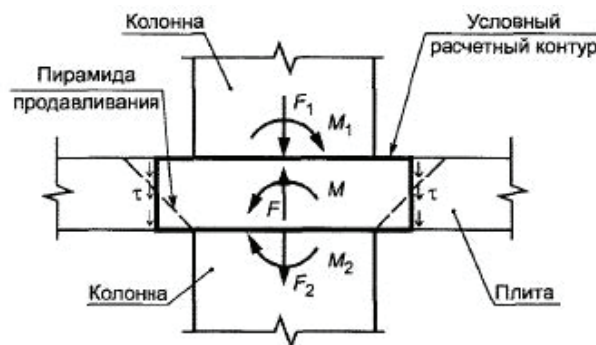


Рис. 1. Условная расчетная модель для расчета на продавливание по методике [2]

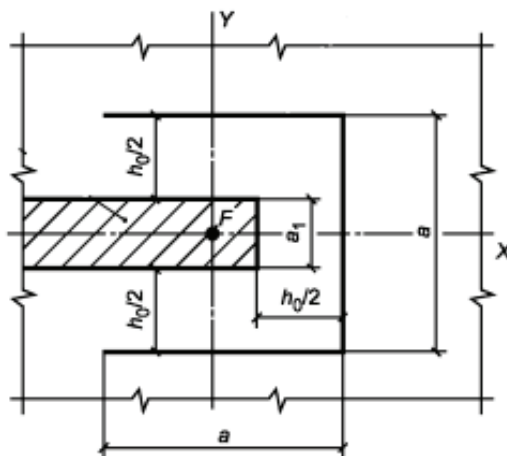


Рис. 2. Расчетный контур при продавливании около торца стены согласно СП 430.1325800.2018 [2]

стенам. Логично предположить, что именно для этих элементов нормативный документ и рекомендует выполнять расчет как для торца стены.

Eurocode 2

Согласно методике, приведенной в европейских нормах [2], предельное сопротивление плиты продавливанию при отсутствии поперечного армирования следует определять по формуле:

$$\beta \cdot \frac{F_b}{u \cdot d} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_l \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_l \cdot \sigma_{cp}), \quad (7)$$

где f_{ck} — цилиндрическая прочность бетона на сжатие, выраженная в МПа;

d — рабочая высота сечения, принимаемая по аналогии с СП 63.13330.2018 [1], выраженная в мм;

u — периметр расчетного контура, расположенный на расстоянии $2d$ от границы площадки приложения нагрузки;

β — коэффициент приращения нагрузки для учета асимметричного распределения поперечной силы в пределах расчетного контура;

$C_{Rd,c}$ — безразмерный коэффициент равный отношению $\frac{0,18}{\gamma_c}$;

γ_c — частный коэффициент для бетона;

k — коэффициент, учитывающий влияние рабочей высоты сечения d , и вычисляется по формуле:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,$$

k_l — безразмерный коэффициент, равный 0,1;

σ_{cp} — напряжение сжатие в бетоне при наличии продольного усилия или предварительного напряжения;

v_{min} — минимальное напряжение, воспринимаемое сечением, определяемое по формуле:

$$v_{min} = 0,0035 \cdot \sqrt[3]{k^2} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (9)$$

ρ_l — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние продольного армирования и определяемый по формуле:

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq 0,02, \quad (10)$$

где ρ_{lx} и ρ_{ly} — коэффициенты продольного армирования плиты в направлении x и y соответственно.

Указания по ограничению расчетного контура для торцов стен в нормах Eurocode 2 [3] отсутствуют. При этом стоит отметить, что такие ограничения присутствуют для крайних и угловых колонн (рисунок 3).

ACI 318-19

Расчет несущей способности плиты без поперечного армирования на продавливание по американским нормам [4], производится путем определения минимального из 3-х значений:

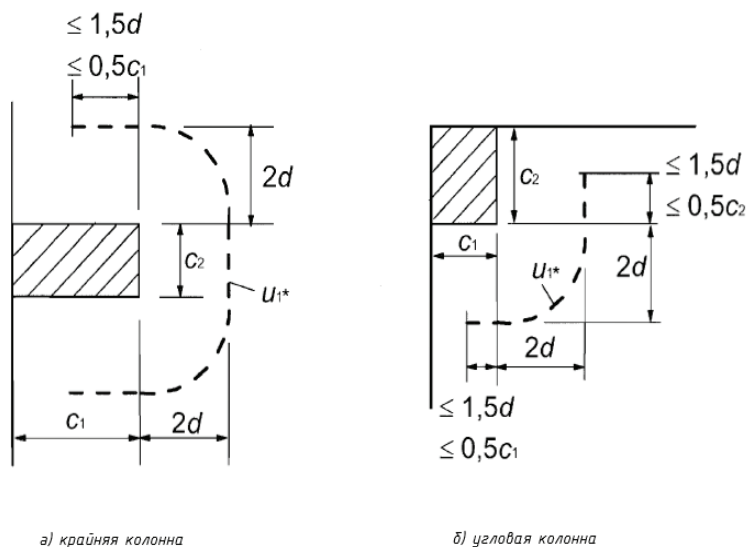


Рис. 3. Редуцированный расчетный периметр для крайней (а) и угловой (б) колонны

$$\frac{F_b}{b_0 \cdot d} = 4\lambda_s \lambda \sqrt{f'_c} \quad (11)$$

$$\frac{F_b}{b_0 \cdot d} = \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c} \quad (12)$$

$$\frac{F_b}{b_0 \cdot d} = \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0}\right) \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c}, \quad (13)$$

где $\sqrt{f'_c}$ — квадратный корень из цилиндрической проч-ности бетона на сжатие. При вычислении предельной продавливающей силы по формулам (11–13) значение $\sqrt{f'_c}$ не должно превышать 100 psi (что соответствует приблизительно 0,689 МПа);

β — коэффициент, равный отношению длинной грани сечения опорной конструкции c_{\max} к короткой c_{\min} .

d — рабочая высота сечения, принимаемая по аналогии с СП 63.13330.2018 [1];

b_0 — периметр расчетного контура, расположенный на расстоянии $d/2$ от контура приложения нагрузки;

λ — коэффициент, принимаемый равным 1 для конструкций из тяжелого бетона;

λ_s — масштабный коэффициент, основанный на механике разрушения железобетона, определяемый по формуле:

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d}{10}}} \leq 1 \quad (14)$$

α_s — коэффициент, принимаемый равным 40, 30, 20 для средних, крайних и угловых колонн соответственно;

В нормах ACI 318–19 [4] отсутствуют специальные рекомендации по ограничению расчетного контура в зоне торца стены. При этом американский нормативный документ учитывает понижающий коэффициент β , который, в свою очередь, зависит от соотношения сторон опорной конструкции.

Приведенный анализ нормативных документов позволяет сделать промежуточные выводы:

1. Расчет на продавливание в зоне торца стены не регламентируется ни американскими, ни европейскими нормативными документами [3, 4]. также такие рекомендации отсутствуют в отечественном нормативном документе [1].

2. Методика, предложенная в СП 430.1325800.2018 [2] основана на теоретических предпосылках, аналогичных тем, что применяются для расчета на продавливание в зоне сосредоточенных опор.

Для оценки применимости рассматриваемых методик к расчету на продавливание в зоне торца стены был проведен сравнительный анализ, основанный на результатах натурного эксперимента [5]. Основная задача анализа заключалась в определении соответствия расчетных значений прочности на продавливание фактическим значениям.

В качестве исходных данных (геометрические параметры, прочность бетона на сжатие и растяжение, класс арматуры и т. д.) были приняты следующие значения:

Конструкция представляет собой фрагмент сопряжения плита — стена. Геометрические параметры приведены на Рисунке 4.

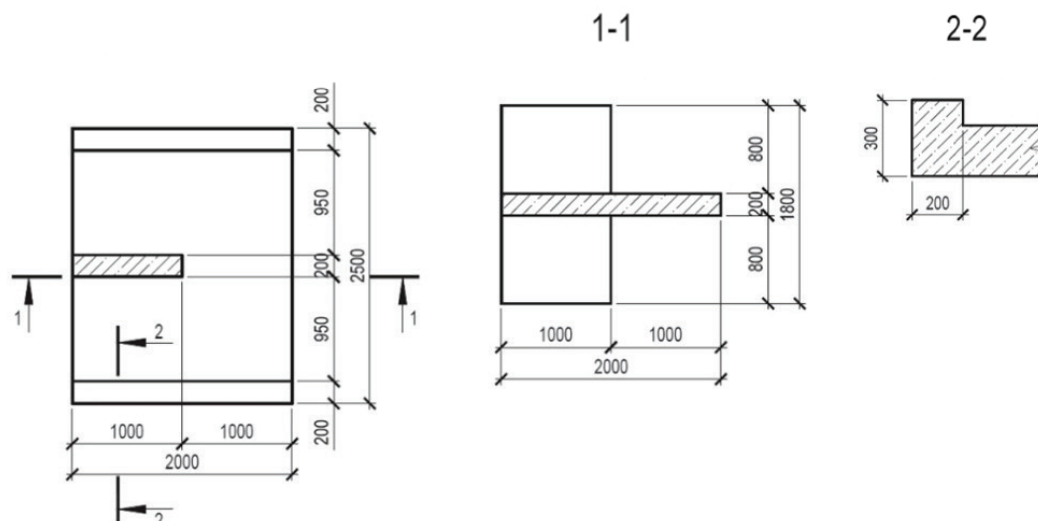


Рис. 4. Геометрические параметры

Прочностные характеристики бетона были получены по результатам испытаний [5] и равные следующим значениям:

Средняя кубиковая прочность бетона $R_m = 37.2 \text{ МПа}$;

Средняя прочность бетона на осевое растяжение $R_{btm} = 2,72 \text{ МПа}$.

Переход от кубиковой прочности к цилиндрической был выполнен по формуле:

$$R_b = R_m (0,77 - 0,001 R_m) \quad (15)$$

Продольное армирование плиты было выполнено из плоских вязанных каркасов. Верхняя сетка была выполнена из стержней класса А500 диаметром 20 мм с шагом 100 мм, нижняя сетка — из стержней класса А500 диаметром 10 мм с шагом 200 мм. Величина защитного слоя в обоих случаях составляла 25 мм. Поперечное армирование в зоне продавливания отсутствовало. Простенки были заармированы вертикальными стержнями класса А500 диаметром 10 с шагом 220 мм.

Разрушающая нагрузка была принята как для образца ПО — 1 [5] и составила 372 кН.

Результаты сравнительного анализа сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа

Нормы проектирования	Теоретическая несущая способность F_b , кН	Разрушающая нагрузка (эксперимент) F_{crc} , кН	$\frac{F_b}{F_{crc}}$
СП 63.13330.2018	1058	372	2,84
СП 430.1325800.2018	449	372	1,21
Eurocode 2	248 (584)	372	0,67 (1,57)
ACI 318–19	751	372	2,02

Выводы:

Результаты сравнительного анализа показали, что наибольший запас по прочности при продавливании имеет Eurocode 2 ($\frac{F_b}{F_{crc}} = 0,67$). Однако, если не учитывать редуцирование расчетного периметра, которое нормативный документ рекомендует применять только для угловых и краевых колонн, то европейский стандарт переоценивает прочность сечения ($\frac{F_b}{F_{crc}} = 1,57$). Отечественный нормативный документ СП 430.1325800.2018 также показал переоценку несущей способности ($\frac{F_b}{F_{crc}} = 1,21$). Это свидетельствует о том, что методика, заложенная в нормах проектирования [2], требует соответствующей доработки.

Литература:

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. — АО «Кодекс». — URL <https://docs.cntd.ru/document/554403082> (дата обращения 20.03.2023)
2. СП 430.1325800.2018. Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования. — АО «Кодекс». — URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820823> (дата обращения 20.03.2023)
3. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318–19) and Commentary. — Farmington Hills, MI: American Concrete Institute, 2019. — 624 p.
4. Eurocode 2. Design of concrete structures — Part 1–1: General rules and rules for buildings (EN 1992–1–1:2004+A1:2014). — Brussels: European Committee for Standardization, 2014. — 225 p.
5. Зенин, С. А., Болгов, А. Н., Сокуров, А. З., Кудинов, О. В. Прочность на продавливание плоских плит перекрытий в зонах опирания на торцы стен / С. А. Зенин, А. Н. Болгов, А. З. Сокуров, О. В. Кудинов // Бетон и железобетон. — 2022. — № 2 (610). — С. 35–40.

Беспилотные летательные аппараты как негативный фактор использования воздушного пространства. Варианты его устранения

Лысенко Максим Дмитриевич, курсант;

Савлюков Иван Александрович, курсант

Научный руководитель: Кравчук Татьяна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент
Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»,
филиал в г. Челябинске

Введение

В последние годы беспилотные летательные аппараты (БпЛА) стали неотъемлемой частью современной авиации. Их применение охватывает широкий спектр задач: от коммерческих перевозок и сельскохозяйственных операций до спасательных миссий и научных исследований. Однако наряду с преимуществами, использование БпЛА создает значительные вызовы для безопасности воздушного пространства. Рост числа дронов, их доступность и разнообразие функций привели к увеличению инцидентов, связанных с их эксплуатацией, что требует глубокого анализа и разработки эффективных мер управления.

Целью данного исследования является изучение негативного влияния БпЛА на безопасность воздушного пространства, определение основных угроз и разработка рекомендаций по их устранению. Для достижения этой цели исследование ставит задачи анализа текущей ситуации, определения типов угроз, связанных с использованием БпЛА, изучения существующих законодательных и регуляторных рамок, а также разработки предложений по улучшению контроля и управления в данной области.

Анализ угроз, связанных с использованием БпЛА в воздушном пространстве

В последние годы наблюдается значительный рост числа беспилотных летательных аппаратов (БпЛА), что обусловлено их широким применением в различных

сферах. Согласно данным Федерального управления гражданской авиации США (FAA), к 2022 году зарегистрировано более 850 000 дронов, из которых около 300 000 используются для коммерческих целей. Основными причинами такого увеличения являются доступность технологий, снижение стоимости производства и расширение возможностей использования БпЛА в коммерческих, научных и развлекательных целях. Эти факторы способствуют росту популярности дронов среди частных пользователей и организаций, что, в свою очередь, приводит к увеличению их количества в воздушном пространстве.

Увеличение количества БпЛА в воздушном пространстве вызывает серьезные опасения относительно безопасности. Примером является инцидент в 2018 году в Великобритании, когда использование дронов вблизи аэропорта Гатвик привело к отмене более 1000 рейсов и затронуло около 140 000 пассажиров. Такие случаи демонстрируют, как неконтролируемое использование БпЛА может нарушить работу аэропортов, создать угрозу столкновений с пилотируемыми воздушными судами и повлиять на безопасность пассажиров и экипажей, а так же может нарушить функционирование ключевых объектов инфраструктуры. Вместе с тем, проблема усугубляется сложностью идентификации и отслеживания дронов, что подчеркивает необходимость разработки технологий для мониторинга и предотвращения подобных нарушений, разработки и внедрения эффективных мер регулирования и контроля за использованием дронов.

Типы угроз: столкновения, нарушения воздушного пространства и киберугрозы

Одной из наиболее значимых угроз, связанных с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), является вероятность их столкновения с пилотируемыми воздушными судами. В 2020 году Федеральное управление гражданской авиации США (FAA) зафиксировало более 1800 инцидентов, связанных с БПЛА и пилотируемыми воздушными судами. Эти инциденты происходят из-за недостаточного контроля за движением дронов и нехватки знаний у операторов БПЛА о правилах воздушного движения. Столкновения могут иметь серьезные последствия, включая повреждения самолетов и угрозу жизни пассажиров. Это подчеркивает необходимость разработки и внедрения строгих правил для управления движением БПЛА вблизи аэропортов и других зон интенсивного воздушного движения.

Помимо физических угроз, БПЛА также становятся объектами киберугроз. Исследование 2021 года показало, что 60 % инцидентов с БПЛА связаны с уязвимостями в их программном обеспечении. Эти уязвимости могут быть использованы злоумышленниками для захвата контроля над дронами, что создает риск для безопасности как на земле, так и в воздухе. Например, дроны могут быть использованы для шпионажа, доставки запрещенных предметов или даже для атак на стратегически важные объекты. Таким образом, обеспечение кибербезопасности БПЛА должно стать приоритетом для разработчиков и регуляторов.

Рекомендации по устранению угроз, связанных с БПЛА

Рост числа беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в воздушном пространстве требует разработки новых законодательных инициатив для обеспечения безопасности и контроля. По информации Федерального управления гражданской авиации США (FAA), к 2021 году количество зарегистрированных дронов в США превысило 1,7 миллиона. Этот факт подчеркивает необходимость регулирования их использования. Быстрый рост индустрии беспилотных авиационных систем (БАС) создает острую необходимость в координации процессов. Без четко установленных правил возрастает риск инцидентов, связанных с несанкционированным использованием дронов, что может негативно сказаться на безопасности авиации и общественной инфраструктуры. Новые законы должны учитывать специфику применения БПЛА в различных сферах, таких как коммерческая, любительская и государственная деятельность, а также обеспечивать комплексный подход к регулированию.

Международные стандарты, разработанные для использования БПЛА, предоставляют основу для национального регулирования, однако требуют адаптации к специфике каждой страны. Например, Европейский

Союз в 2018 году принял Регламент 2018/1139, устанавливающий единые правила эксплуатации дронов, включая обязательное лицензирование операторов. Эти меры способствуют унификации подходов к безопасности и облегчают международное сотрудничество в области мониторинга воздушного пространства. Однако, для эффективного применения, каждая страна должна учитывать свои особенности, такие как плотность воздушного движения, географические условия и уровень технологического развития.

Установление ответственности операторов и производителей БПЛА является ключевым элементом законодательных инициатив. В России в 2020 году был принят закон, обязывающий владельцев БПЛА весом более 250 граммов регистрировать свои устройства, что стало важным шагом к улучшению контроля за их использованием. Ответственность включает не только соблюдение правил эксплуатации, но и обеспечение безопасности конструкций самих устройств. Производители должны гарантировать соответствие своей продукции стандартам безопасности, в то время как операторы обязаны проходить обучение и сертификацию для управления дронами. Это позволит снизить вероятность инцидентов и повысить общий уровень безопасности. С другой стороны, «особенности беспроводных самоорганизующихся сетей на основе БЛА осложняют реализацию функций безопасности при их практическом применении и создают необходимость детального и точного анализа проблем обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности циркулирующей в них информации» [3]. Таким образом, комплексный подход к ответственности и безопасности является необходимым для эффективного регулирования использования БПЛА.

Создание систем мониторинга и контроля за БПЛА

Технологические решения для мониторинга беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) играют ключевую роль в обеспечении безопасности воздушного пространства. Современные системы мониторинга используют радиочастотные сенсоры, камеры и другие технологии для обнаружения, идентификации и отслеживания дронов в реальном времени. Например, компания Dedrone разработала систему, эффективно комбинирующую радиочастотные сенсоры и камеры для отслеживания БПЛА. Эти технологии позволяют оперативно реагировать на появление дронов в запрещенных зонах, что минимизирует риск инцидентов. Использование таких моделей значительно повышает точность обнаружения и классификации дронов, что, в свою очередь, способствует улучшению безопасности воздушного пространства. Как отмечает Клековкин, применение современных технологий в этой области позволяет значительно повысить эффективность мониторинга.

Для предотвращения несанкционированного использования БПЛА применяются различные методы контроля.

В их числе создание ограничений для полётов в определённых зонах, таких как аэропорты и стратегически важные объекты, а также использование технологий подавления сигналов управления дронами. Инцидент в аэропорту Гатвик в 2018 году, когда из-за БПЛА было отменено более 1000 рейсов, демонстрирует необходимость таких мер. Внедрение систем активного контроля позволяет предотвращать потенциально опасные ситуации, связанные с использованием дронов. Основная задача беспилотных летательных аппаратов заключается в проведении разведки труднодоступных районов, где получение информации обычными средствами, включая авиаразведку, затруднено или может угрожать здоровью и жизни людей. Это подчеркивает важность комплексного подхода к контролю за использованием дронов, который учитывает как безопасность полетов, так и функциональные возможности беспилотников.

Интеграция систем мониторинга БПЛА в существующую инфраструктуру воздушного движения представляет собой важный шаг к повышению безопасности. Эти системы должны быть совместимы с действующими технологиями управления воздушным движением для обеспечения их эффективного функционирования. Учитывая, что в 2020 году было зарегистрировано более 1,7 миллиона дронов, необходимость интеграции таких систем становится всё более актуальной. Это позволит улучшить координацию между различными участниками воздушного пространства и предотвратить возможные инциденты. Таким образом, интеграция систем мониторинга

БПЛА не только способствует повышению безопасности, но и минимизирует риски, связанные с отклонениями от нормального функционирования.

Заключение

В ходе проведенного исследования была проанализирована проблема использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в воздушном пространстве и связанные с этим угрозы. Рассмотрены последствия увеличения числа БПЛА, включая рост вероятности столкновений с пилотируемыми воздушными судами, нарушения воздушного пространства и киберугрозы. Были изучены рекомендации по устранению выявленных угроз. Выводы исследования подчеркивают важность комплексного подхода к решению данной проблемы, внедрение систем мониторинга и использование инновационных технологий, что способствует повышению безопасности воздушного пространства.

Дальнейшие исследования могут быть сосредоточены на разработке новых методов интеграции БПЛА в существующие системы управления воздушным движением, а также на создании более эффективных технологий мониторинга и предотвращения инцидентов. Также перспективным направлением является исследование социальных и экономических аспектов использования БПЛА, что позволит учесть интересы всех участников воздушного движения и обеспечить устойчивое развитие данной сферы.

Литература:

1. Божко Н. А., Баховчук А. М., Мытько Л. Р. Применение беспилотных летательных аппаратов при проектировании и содержании автомобильных дорог // Белорусский национальный технический университет.
2. Клековкин В. А. Детектирование объектов воздушного пространства на изображениях с использованием сверточных нейронных сетей YOLOV5
3. Кулагин Г. И. Анализ проблем обеспечения безопасности беспроводных самоорганизующихся сетей на основе беспилотных летательных аппаратов // Политехнический молодежный журнал. — 2022. — № 03. — С. 1–2.
4. Кунай Е. Ю., Шаведдинова К. В. Нормативные и технологические принципы организации воздушного пространства и управления трафиком беспилотных летательных аппаратов в перспективной UAM системе: конкурсная работа / Е. Ю. Кунай, К. В. Шаведдинова. — Минск, 2021. — 34 с.
5. Остапченко Ю. Б. Модели и средства подготовки персонала наземных служб гражданской авиации к принятию решений по выходу из нештатных ситуаций с применением комплексной автоматизированной системы: Дис.... канд. техн. наук. — Санкт-Петербург, 2017.
6. Ящук Г. С., Писаров А. А. Создание беспилотного летательного аппарата для контроля и наблюдения за состоянием линейных объектов транспорта нефти и газа с изменяемым вектором тяги (Project GEO-1) // Сборник научных трудов. — Томск: Томский политехнический университет, [б. г.]. — 276 с.

Энергосберегающий профиль наклонно направленных скважин

Омарова Айтан Шамсаддин гызы, диссертант

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

В статье рассматривается алгоритм проектирования оптимального профиля в условиях минимизации энергозатрат на преодоление сопротивления при перемещении бурового и обсадного оборудования в скважинах с заданными начальной и конечной точками. В качестве модели выбрано движение материальной точки, изначально находящейся в состоянии покоя, под действием силы тяжести и трения, возникающего при движении по траектории, которая заранее неизвестна и определяется в процессе решения задачи. Решение задачи перемещения было сформулировано как принцип вариации за весьма малое время и относится ко второму нелинейному дифференциальному уравнению.

Точная аналитическая форма искомой кривой задаётся в неявном параметрическом виде и представляется в виде известных обобщённых формул брахистохроны.

Предлагается пример расчёта профиля скважины, построенного на основе предложенной модели с использованием данных месторождения.

Представляется оценка полученного экономического эффекта.

Ключевые слова: профиль, зенитный угол, траектория, обсадная колонна, ротор, циклоид.

Введение

Бурение наклонных эксплуатационных скважин, в основном, выполняется по пятиинтервальному профилю, включающему начальный вертикальный участок, интервал набора зенитного угла в заданном азимуте, прямолинейный участок стабилизации зенитного угла, интервал дальнейшего набора зенитного угла и выход на конечный горизонтальный участок.

При строительстве нагнетательных скважин после интервала стабилизации в некоторых случаях зенитный угол, набор, снижается и реализуется вход в продуктивный пласт вертикальным стволом.

Практика буровых работ показала, что при значительных горизонтальных отклонениях забоев скважин от устья и, как следствие этого, при больших зенитных углах, поддерживать прямолинейность наклонного интервала стабилизации на достаточно протяжённых участках и одновременно сохранять неизменность азимута довольно сложно [1].

Из-за резкого увеличения сил сопротивления и в связи с этим возрастания крутящего момента на роторе при бурении интервала стабилизации дальнейшее углубление скважины сильно усложняется, а спуск обсадных колонн на проектную глубину в ряде случаев становится в принципе невозможным.

Итак, на основе анализа промыслового материала по пробуренным глубоким наклонно направленным скважинам можно сформулировать основные технологические требования к проектируемым профилям скважин. Профиль скважины должен обеспечить:

- значительное уменьшение сил сопротивления при бурении и спуске обсадных колонн на проектную глубину;
- предотвращение истирания обсадных колонн в приустьевой части скважины;
- экономию энергетических затрат и сокращение времени на бурение.

В качестве простой теоретической модели, адекватно описывающей процесс перемещения колонны бурильных или обсадных труб в скважине, выберем движение первоначально покоящейся материальной частицы вдоль неизвестной заранее траектории с заданными начальной и конечной точками (соответственно устьем и забоем). Геометрическая форма линии движения определяется в результате решения математической задачи, исходя из принципа минимизации времени прохождения траектории. В нашем случае движение материальной частицы происходит под действием собственного веса и сил сопротивления.

Методы исследования

Расчёт траектории наибо́льшего спуска материальной частицы под действием гравитации и кулоновского трения. Найдём плоскую кривую, соединяющую две заданные точки A и B , при движении вдоль которой материальная частица, первоначально находившаяся в точке A в состоянии покоя и перемещающаяся под действием силы тяжести с учётом трения скольжения по закону Кулона — Амонтона, достигнет точки B за наименьшее время

$$t_{AB} = \int_A^B \frac{ds}{v} \rightarrow \min,$$

где s — путь движения точки; v — скорость движения.

Введём декартову систему координат XU , где ось X направлена по горизонтали вправо, а ось U — вертикально вниз (рис. 1). Начало координат ($x = y = 0$) поместим в точку A . Единичные векторы (орты) вдоль обеих осей обозначим как

x и y . Тогда тангенциальный T и нормальный N единичные векторы в каждой точке линии AB , направленные соответственно по касательной и по нормали к траектории движения частицы, можно разложить на составляющие по координатным осям.

Компоненты сил, направленные вдоль траектории движения материальной частицы, определяют величину ускорения a , с которым частица перемещается из точки A в точку B в соответствии со вторым законом Ньютона

$$ma = m \frac{dv}{dt} = (PT) + (FT) = mg \left(\frac{dy}{ds} - \mu \frac{dx}{ds} \right)$$

где m — масса частицы; μ — безразмерный коэффициент трения; g — ускорение свободного падения.

Учитывая, что $ds = vdt$, преобразуем уравнение движения следующим образом:

$$\frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{ds} = \frac{1}{2} \frac{d}{ds} (v^2) = g \left(\frac{dy}{ds} - \mu \frac{dx}{ds} \right) v^2 = 2g(y - \mu x) + \text{const}$$

Полученное выражение представляет собой закон сохранения энергии. По условию задачи в начальной точке A ($x = y = 0$) частица находится в состоянии покоя, т. е. её начальная скорость равна нулю ($v = 0$). Таким образом, $\text{const} = 0$, а полное время движения вдоль линии AB равно

$$t_{AB} = \int_A^B \frac{ds}{v} = \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_A^B \sqrt{\frac{1 + (y')^2}{y - \mu x}} dx$$

Величину этого функционала необходимо минимизировать.

В качестве варьируемой функции используем подинтегральное выражение из формулы для t_{AB} .

Применяя классическое уравнение вариационного исчисления Эйлера-Лагранжа [2,3], получаем для искомой траектории $y(x)$ следующее равенство:

$$[1 + (y')^2](1 + \mu y') + 2(y - \mu x)y'' = 0$$

Это — обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка. Оно допускает вычисление первого интеграла, который будет иметь вид

$$\frac{1 + (y')^2}{(1 + \mu y')^2} = \frac{H}{y - \mu x + H\mu^2}$$

где H — произвольная постоянная, определяемая из заданных граничных условий.

Общего решения рассматриваемой задачи в явном виде не существует. Поэтому, вводя для удобства безразмерный параметр θ и выражая через него текущий угол наклона траектории AB к горизонтали $y' = \text{ctg}(\theta/2)$, можно записать решение поставленной задачи в параметрической форме

$$x = \frac{H}{2} [\theta - \sin\theta + \mu(1 - \cos\theta)],$$

$$y = \frac{H}{2} [1 - \cos\theta + \mu(z + \sin\theta)], \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$

Заметим, что при $\mu = 0$ найденные формулы (1) описывают хорошо известную кривую брахистохрону.

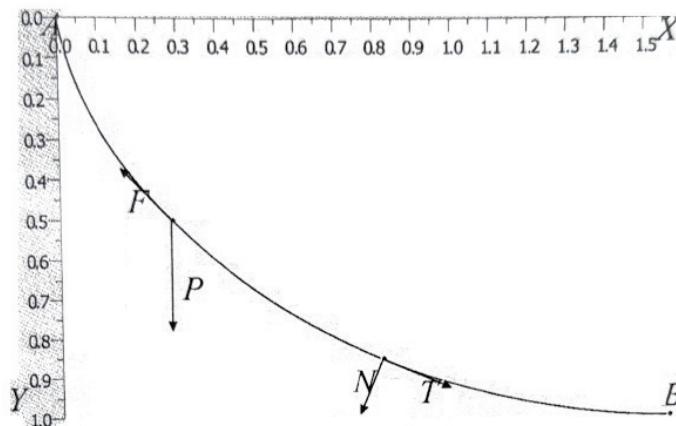


Рис. 1. Схема механических сил, действующих на движущуюся частицу

х и у. Тогда тангенциальный T и нормальный N единичные векторы в каждой точке линии AB , направленные соответственно по касательной и по нормали к траектории движения частицы, можно разложить на составляющие по координатным осям.

Компоненты сил, направленные вдоль траектории движения материальной частицы, определяют величину ускорения a , с которым частица перемещается из точки A в точку B в соответствии со вторым законом Ньютона

$$ma = m \frac{dv}{dt} = (PT) + (FT) = mg \left(\frac{dy}{ds} - \mu \frac{dx}{ds} \right)$$

где m — масса частицы; μ — безразмерный коэффициент трения; g — ускорение свободного падения.

Учитывая, что $ds = vdt$, преобразуем уравнение движения следующим образом:

$$\frac{dv}{dt} = v \frac{dv}{ds} = \frac{1}{2} \frac{d}{ds} (v^2) = g \left(\frac{dy}{ds} - \mu \frac{dx}{ds} \right) v^2 = 2g(y - \mu x) + const$$

Полученное выражение представляет собой закон сохранения энергии. По условию задачи в начальной точке A ($x = y = 0$) частица находится в состоянии покоя, т. е. её начальная скорость равна нулю ($v = 0$). Таким образом, $const = 0$, а полное время движения вдоль линии AB равно

$$t_{AB} = \int_A^B \frac{ds}{v} = \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_A^B \sqrt{\frac{1 + (y')^2}{y - \mu x}} dx$$

Величину этого функционала необходимо минимизировать.

В качестве варьируемой функции используем подинтегральное выражение из формулы для t_{AB} .

Применяя классическое уравнение вариационного исчисления Эйлера-Лагранжа [2,3], получаем для искомой траектории $y(x)$ следующее равенство:

$$[1 + (y')^2](1 + \mu y') + 2(y - \mu x)y'' = 0$$

Это — обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка. Оно допускает вычисление первого интеграла, который будет иметь вид

$$\frac{1 + (y')^2}{(1 + \mu y')^2} = \frac{H}{y - \mu x + H\mu^2}$$

где H — произвольная постоянная, определяемая из заданных граничных условий.

Общего решения рассматриваемой задачи в явном виде не существует. Поэтому, вводя для удобства безразмерный параметр θ и выражая через него текущий угол наклона траектории AB к горизонтали $y' = ctg(\theta/2)$, можно записать решение поставленной задачи в параметрической форме

$$x = \frac{H}{2} [\theta - \sin\theta + \mu(1 - \cos\theta)],$$

$$y = \frac{H}{2} [1 - \cos\theta + \mu(z + \sin\theta)], \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$

Заметим, что при $\mu = 0$ найденные формулы (1) описывают хорошо известную кривую брахистохрону.

Использование результатов полученных решения

Рассмотрим оптимальную траекторию скважины. Принимаем h — длину прямолинейного вертикального участка; a — глубина скважины по вертикали, считая от точки зарезки ствола b — отклонение забоя от вертикали; $L_{\text{верт.}}$ — глубина скважины по вертикали ($L_{\text{верт.}} = h + a$).

В начале определим значение H из второго уравнения (1)

$$\text{при } \theta = \pi \quad H = \frac{2a}{2 + \mu\pi}$$

Тогда

$$a = \frac{a}{2 + \mu\pi} [\theta - \sin\theta + \mu(1 - \cos\theta)]$$

$$b = \frac{a}{2 + \mu\pi} [1 - \cos\theta + \mu(\theta + \sin\theta)] \quad (2)$$

Построенная по формулам (2) траектория скважины (первая циклоида) соответствует значению $\theta = \pi$ и отклонения забоя $b = ak$, $k = \frac{\pi + 2\mu}{2 + \mu\pi}$. Если забой скважины расположен левее перкой циклоиды, т. е. $b_1 < ak$, то траектория её будет иметь форму укороченной циклоиды, которая пересекает горизонтальную линию забоя в точке забоя.

Если же забой скважины расположен правее точки b , т. е. $b_2 > ak$, то следует рассматривать вторую циклоиду, далее третью и т. д.

Допустим, что задано условие $b < b_2 < b'$, т. е. $ak < b_2 < 2ak$. В этом случае необходимо построить вторую циклоиду, координаты которой изменяются в пределах $0-2a$ и $0-2ak$. Если b_2 находится в пределах $2ak < b_2 < 3ak$, то следует строить третью циклоиду с координатами $0-3a$, $0-3ak$ и т. д.

Тогда уравнения траектории, проходящей через любую точку забоя скважины, можно записать в виде

$$x = \frac{na[\theta - \sin\theta + \mu(1 - \cos\theta)]}{1 - \cos\theta_k + \mu(\theta_k + \sin\theta_k)} \quad (3)$$

$$ny = \frac{-a[1 - \cos\theta + \mu(\theta + \sin\theta)]}{1 - \cos\theta_k + \mu(\theta_k + \sin\theta_k)} - h,$$

где n — коэффициент, равный соответственно для первой циклоиды $n = 1$, для второй $n = 2$, третьей $n = 3$ и т. д.

Значение наибольшего угла θ_k определяется из решения следующего трансцендентного уравнения:

$$1 - \cos\theta_k + \mu(\theta_k + \sin\theta_k) = \frac{na}{b} [\theta_k - \sin\theta_k + \mu(1 - \cos\theta_k)]$$

Определив θ_k , можно вычислить значение масштабного коэффициента

$$H = \frac{na}{1 - \cos\theta_k + \mu(\theta_k + \sin\theta_k)} \quad (4)$$

Длина скважины по стволу определяется как

$$l = h + \frac{2H_{max}}{n} \int_0^{\theta} \left(\sin \frac{\theta}{2} + \mu \cos \frac{\theta}{2} \right) \sqrt{n^2 \sin^2 \frac{\theta}{2} + \cos^2 \frac{\theta}{2}} d\theta \quad (5)$$

Усилие, действующее на колонну в точке зарезки ствола при её подъёме, определяется из выражения

$$P_{HH} = q \frac{4H_{max}}{n^2} \int_0^{\theta} \left(\sin \frac{\theta}{2} + \mu \cos \frac{\theta}{2} \right) \sqrt{n^2 \sin^2 \frac{\theta}{2} + \cos^2 \frac{\theta}{2}}^3 \left[\mu \left(2 \sin \frac{\theta}{2} - 1 \right) + \cos \frac{\theta}{2} \right] d\theta \quad (6)$$

В табл. 1, 2 приводятся полученные с использованием компьютерных программ Mathcad 14 параметры траектории и величины P_{HH} для криволинейного интервала скважины в зависимости от отношения b/a и $\mu = 0,3$.

Практический пример расчёта. Рассчитать параметры криволинейного профиля скважины и бурильную колонну при бурении забойным двигателем при следующих данных: глубина скважины по вертикали — 1800, глубина зарезки — 300 м, отклонение забоя от вертикали $b = 3000$ м, перепад давления в забойном двигателе $p_n = 7$ МПа, плотность раствора $\rho = 1200$ кг/м³. Бурильная колонна одномерная, составлена из труб 140х9 мм ($q = 0,368$ кН/м).

Таблица 1

b/a	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Значения k							
$\mu = 0,3$	1,04	1,15	1,51	1,89	2,35	3,27	4,23

Таблица 2

b/a	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
θ_k , рад.	0,867	1,593	2,699	2,2	2,699	2,699	2,699
a_k , град.	24,8	45,6	77,3	63	77,3	77,3	77,3
$H(\theta_k)$, ха	1,19	0,56	0,35	0,8	0,7	1,06	1,41
$L(\theta_k)$, ха	1,04	1,15	1,51	1,89	2,35	3,27	4,23
P_{HH} , qa	0,84	0,96	1,15	1,52	1,75	2,42	3,12

Из табл. 1 и 2 для соотношения $b/a = 3000/(1800 - 300) = 2$ и коэффициента трения $\mu = 0,3$ определяем следующие показатели траектории скважины:

максимальный зенитный угол на забое скважины $a = 77,3^\circ$ ($\theta_k = 2,699$ рад);

протяжённость ствола скважины $L = 300 + 2,35a = 300 + 2,35 \cdot 1500 = 3825$ м;

масштабный коэффициент траектории скважины $H = 0,7a = 0,7 \cdot 1500 = 1050$ м.

Выполним следующие предварительные расчёты:

при $\mu = 0,3k = \frac{\pi+2\mu}{2+\mu\pi} = 1,272$, $a = 1500$ м, $b = 3000$ м, $b/a = 2,0$, так как $ak = 1908$ м $< b < 2ak = 3816$ м, величину n в формуле (3) принимаем равной 2.

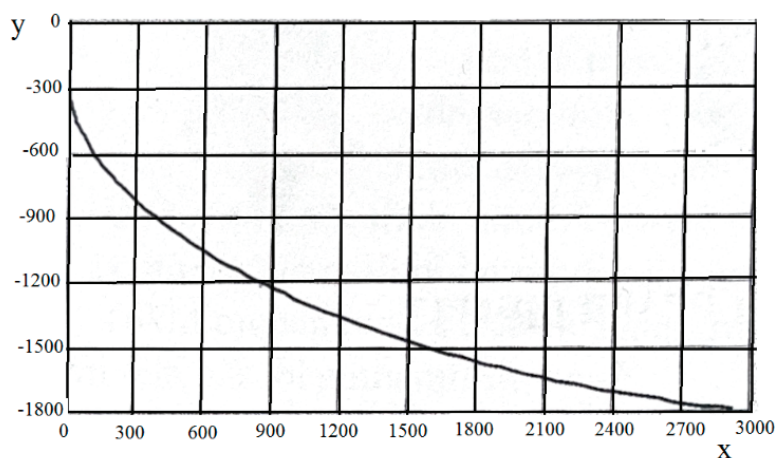


Рис. 2. Профиль скважины

Таблица 3

$y(\theta)$, м	$x(\theta)$, м	90/π	$R(\theta)$, м	$L(\theta)$, м	$P_{\text{нн}}(\theta)$, кг
-1659	2157	65,7	14264	2976	89471
-1671	2211	66,5	14472	3031	90800
-1683	2265	67,3	14675	3087	92119
-1694	2320	68	14872	3143	93425
-1705	2375	68,8	15062	3199	94719
-1715	2431	69,6	15245	3255	95999
-1726	2486	70,4	15421	3312	97264
-1735	2542	71,1	15590	3369	98514
-1745	2599	71,9	15751	3426	99747
-1754	2656	72,7	15905	3483	100962
-1763	2712	73,5	16050	3541	102160
-1771	2770	74,2	16187	3599	103338
-1779	2827	75	16315	3657	104497
-1786	2884	75,8	16435	3715	105634
-1793	2942	76,5	16545	3773	106750
...

Тогда параметрическое уравнение профиля будет иметь вид

$$x = \frac{1050}{2} [\theta - \sin\theta + \mu(1 - \cos\theta)],$$

$$y = \frac{1050}{2} [1 - \cos\theta + \mu(z + \sin\theta)]$$

$$(0 < \theta < 2,699)$$

Траектория скважины приводится на рис. 2, а фрагмент расчёта параметров профиля в интервале 1659–1800 м — в табл.3.

Усилие на устье при подъёме буровой колонны

$$P_{\text{нн}} = qh + q \cdot 2,35a = 0,368(300 + 2,35 \cdot 1500) = 1408 \text{ кН}$$

Общее усилие у устья скважины с учётом потери массы колонны в буровом растворе и перепада давления в забойном двигателе определится из выражения

$$P = kP_{\text{нн}} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) + 0,1F_{\text{нн}}\rho_{\text{н}} = 1,1 \cdot 1408 \left(1 - \frac{1200}{7850}\right) + 0,1 \cdot 7 \cdot 80 = 1368 \text{ кН}$$

а напряжение

$$\sigma = \frac{P}{0,1F} = \frac{1368}{0,1 \cdot 36,9} = 3714 \text{ кН/м}^2$$

Коэффициент запаса прочности для труб группы прочности Е равен

$$n = 2030/1368 = 1,48 \text{ что выше допустимого } 1,35.$$

Коэффициент запаса прочности в клиновом захвате

$$n = \frac{2030}{kP_{HH}(1 - \frac{\rho_0}{\rho})} = \frac{2030}{1,1 \cdot 1408(1 - \frac{1200}{7850})} = 1,55$$

что выше допустимого $n = 1,15$.

Таким образом, по пробуренным скважинам, криволинейные профили которых были рассчитаны в соответствии с изложенным алгоритмом, получены следующие результаты

уменьшение сил сопротивления при спускоподъёмных операциях примерно на 10 снижение вращающего момента на роторе на 20 % и суммарная экономия энергетический затрат при вращении бурильной колонны в 20–25 %;

снижение количества затяжек и постиг при бурении и спуске обсадных колонн.

сокращение времени на бурение на 5–7 %

На разработанный профиль скважины получен патент РФ № 2370620, приоритет изобретения от 05 июня 2008 г., регистрация в Государственном реестре РФ 20.10.09.

Литература:

1. Чан Суан Дао, Ширин-заде С. А. Новые профили наклонно направленных скважин на месторождениях Белый Тигр и Дракон // Азербайджанское нефтяное хозяйство. — 1999. — № 1.- с.10–15.
2. Ректорис К. Вариационные методы и математической физике и технике. –М.: Мир, 1985.
3. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. — М.: Эдиториал УРСС, 2000.
4. Мирзаджанзаде А. Х., Крылов В. И., Аветисов А. Г. Теоретические вопросы скважин в поглощающих пластах. М., ВНИИОЭНГ, 1973, 81 с.
5. Мирзаджанзаде А. Х., Сидоров Н. А., Ширинзаде С. А. Анализ и проектирование показателей бурения. М., Недра, 1976.
6. Белонин М. Д., Славин В. И., Чилингар Д. В. Аномально высокие пластовые давления. Происхождение, прогноз, проблемы освоения залежей углеводородов: монография. СПб.: Недра, 2005. 324 с.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Эффективные способы подачи бетонной смеси при производстве монолитных работ в жилом строительстве

Дунаева Вероника Павловна, студент
Самарский государственный технический университет

В статье рассмотрены методы подачи бетонной смеси при производстве монолитных работ. Рассмотрены традиционные и инновационные решения, на основании анализа которых проведена сравнительная оценка эффективности, качества и экономической целесообразности каждого из методов.

Ключевые слова: монолитное строительство, роботизированные системы, автоматизация строительных процессов, 3D-печать в строительстве, качество бетона

Монолитное строительство занимает важное место в современном жилом строительстве благодаря своим преимуществам, таким как высокая прочность, долговечность и возможность реализации сложных архитектурных форм. Однако качество и эффективность выполнения монолитных работ во многом зависят от правильного выбора метода подачи бетонной смеси, который оказывает значительное влияние на конечные характеристики конструкций. В условиях растущего спроса на качественное и экономически эффективное строительство вопрос оптимизации технологических процессов становится особенно актуальным.

Целью данной статьи является анализ существующих методов подачи бетонной смеси в монолитном строительстве и выявление наиболее эффективных решений для их применения. Для достижения этой цели необходимо рассмотреть, как традиционные, так и инновационные технологии, а также провести их сравнительный анализ по ключевым критериям.

Традиционные методы подачи бетонной смеси

Ручная подача бетонной смеси остается одним из самых традиционных методов транспортировки бетона на строительной площадке. Этот способ включает переноску бетонной смеси рабочими с использованием тачек, ведер или других подручных средств. Ручная подача актуальна при малых объемах бетонирования и применение механизированных средств нецелесообразно с экономической точки зрения. Данный метод имеет свои недостатки, такие как высокая трудоемкость и ограниченная производительность, что делает его менее подходящим для крупных строительных объектов.

Бетононасосы начали использоваться в строительстве с середины XX века и с тех пор зарекомендовали себя

как эффективное средство подачи бетонной смеси. Существует два основных типа бетононасосов: стационарные и автобетононасосы. Стационарные насосы обычно применяются на строительных площадках, где требуется подача бетонной смеси на большие расстояния как по горизонтали, так и по вертикали. Автобетононасосы, обеспечивая мобильность и удобство транспортировки, становятся незаменимыми для объектов, строительство которых ведется в стесненных условиях. Использование бетононасосов позволяет значительно сократить время подачи бетона и улучшить качество укладки благодаря равномерному распределению смеси.

Вибролотки и гравитационные системы подачи бетона представляют собой механизированные методы, используемые в строительстве. Вибролотки обеспечивают уплотнение бетона за счет вибрации, что способствует улучшению его однородности и структурной прочности. Гравитационные системы, использующие силу тяжести для подачи смеси, эффективны на небольших высотах и отличаются экономической выгодой. Эти методы часто комбинируются с другими технологиями, что позволяет оптимизировать процесс подачи бетона в зависимости от условий строительства.

Традиционные методы подачи бетонной смеси обладают как преимуществами, так и недостатками, которые необходимо учитывать при выборе оптимального способа. Таким образом, выбор метода подачи должен основываться на анализе специфики строительного объекта и требований к качеству работ.

Инновационные технологии и их применение

Современные технологии подачи бетонной смеси представляют собой комплекс решений, направленных

на автоматизацию и повышение точности строительных процессов. Одной из таких технологий является использование роботизированных систем, обеспечивающих высокую точность подачи и распределения бетонной смеси, а также выполнение арматурных работ. Ярким примером использования роботов и искусственного интеллекта в строительстве являются два автономных робота, созданных компанией Advanced Construction Robotics (ACR). Робот IronBOT собирает, удерживает и пространственно размещает арматуру в заданном проекте порядке, а робот TyBOT автономно выполняет обвязочные работы. Такие роботы позволяют значительно ускорить арматурные работы, тем самым сократить срок строительства, решить вопрос с нехваткой кадров и использованием ручного труда, а также минимизировать вероятность допущения ошибок, вызванных «человеческим фактором». Такие роботы уже успешно используются в коммерческих проектах в США.

Помимо автоматизации арматурных работ также применяются и автоматизированные системы для укладки бетона, что также позволяет ускорить процесс строительства, повысить точность и качество, а также безопасность монолитных работ. Примерами таких систем являются мобильные работы и автоматизированные бетононасосы, которые автоматически перемещаются по строительной площадке и заливают бетон в вертикальные и горизонтальные конструкции (крупные компании-разработчики роботизированных систем: BEUMER Group, Robotic Concrete Pumping и Zhengzhou Yutong). Такие системы были применены при строительстве высотных зданий в Гонконге и Дубае, что позволило увеличить скорость заливки бетона на 30 %, обеспечить высокое качество и точность выполняемых работ.

Помимо роботизированных систем популярность набирают строительные 3D-принтеры — это автоматизированные системы, которые используют технологию послойного нанесения материалов для возведения строительных конструкций. В отличие от традиционных методов, они позволяют быстро создавать стены, фасады и даже внутренние элементы зданий с минимальным участием человека. В основу использования данной технологии ложится цифровая модель здания (BIM-модель), которая загружается в качестве исходных данных для строительства. Примером многоэтажного строительства с использованием 3D-принтера является 4-х этажное здание в Дубае (высота 12 м). На данный момент эта технология не позволяет возводить высотные здания, так как габариты такого принтера ограничены по размеру, однако в будущем технологии позволят возводить здания, достигающие 20–30 этажей и выше.

Несмотря на многочисленные преимущества, инновационные технологии подачи бетонной смеси имеют свои ограничения. Одним из основных факторов является высокая стоимость оборудования и его обслуживания, что может стать препятствием для внедрения в малых и средних строительных проектах. Также важно учиты-

вать необходимость специального обучения персонала для работы с такими системами, что требует дополнительных временных и финансовых затрат.

Сравнение методов по критериям качества, эффективности и экономической целесообразности

Качество и эффективность подачи бетонной смеси в строительстве определяются рядом ключевых критериев. Качество включает в себя такие аспекты, как однородность смеси, отсутствие расслоения и сохранение свойств при транспортировке. Эффективность, в свою очередь, характеризуется скоростью подачи, минимизацией потерь материала и снижением трудозатрат. Эти критерии позволяют оценить, насколько технология подачи соответствует требованиям современного строительства.

Традиционные методы обеспечивают приемлемое качество смеси, но часто сопровождаются проблемами, связанными с неоднородностью и потерями материала. Инновационные технологии, автоматизированные системы подачи и роботизированные установки, значительно повышают качество за счет точного контроля процесса и минимизации расслоения смеси. Это делает их предпочтительными для проектов, где важны высокие стандарты качества.

С точки зрения эффективности, традиционные методы уступают инновационным. Автоматизированные системы и 3D-принтеры позволяют значительно сократить время и трудовые ресурсы, что подтверждается практическими примерами внедрения этих технологий в строительстве. Это свидетельствует о высокой эффективности современных решений.

Экономическая эффективность при выборе метода производства монолитных работ определяется соотношением затрат на реализацию и достигнутых результатов. Основная цель заключается в минимизации ресурсов, сокращении времени на выполнение работ, снижение затрат на оборудование и рабочую силу, а также уменьшение перерасхода материалов и минимизацию ошибок. Существенным аспектом является снижение трудоемкости и повышение производительности труда, что возможно благодаря внедрению индустриальных технологий.

Традиционные методы подачи бетонной смеси, такие как использование бадей, требуют значительных затрат на рабочую силу и больше времени на выполнение работ. Использование автобетононасосов позволяют сократить время подачи смеси на 30 % и снизить отходы на 12 %, что делает их более выгодными в долгосрочной перспективе.

Использование роботизированных систем по сравнению с автобетононасосами позволяет повысить однородность подачи бетонной смеси, минимизировать вероятность брака, а также сократить время производства монолитных работ до 30 %. Несмотря на то, что затраты на оборудование при использовании роботизированных систем выше традиционных на 30–40 %, совокупная оценка

полученного результата, качества работ, сокращение трудозатрат и скорости строительства оправдывает использование данного метода.

Скрытые затраты, такие как увеличение времени на устранение ошибок или простой оборудования, часто недооцениваются при первоначальной оценке. Однако они могут значительно увеличить общие расходы на проект,

особенно при использовании менее эффективных технологий. Использование современных методов, снижающих вероятность ошибок, помогает избежать дополнительных расходов на исправление дефектов.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика методов на основании критериев качества, эффективности и экономичности.

Таблица 1

Параметр	Традиционные методы	Инновационные методы	Сравнение в % отношении
Качество	Зависит от опыта и квалификации рабочих	Высокая точность и однородность укладки за счет автоматизации процесса	Улучшение качества до 30 %
Эффективность	Средняя, зависит от человеческого фактора	Высокая, за счет автоматизации процесса и скорости производства работ	Повышение эффективности до 25–30 %
Безопасность	Риски травм, опасные условия работы на высоте	Меньше рисков для человека, за счет минимального участия непосредственно в месте производства работ	Вероятность аварийных ситуаций и травм ниже на 40–50 %
Сроки строительства	Длительные, зависимость от трудовых ресурсов	Быстрые, возможна непрерывная круглосуточная работа, минимальные задержки	Сокращение сроков выполнения монолитных работ до 30 %
Экономика	Высокие затраты на рабочую силу, возможны дефекты и доп. затраты на их исправление	Высокие затраты на оборудование на первоначальном этапе, экономия в долгосрочной перспективе за счет ускорения сроков строительства, качества и минимизацию рабочей силы	Первоначальные затраты выше на 30–40 %
Гибкость дизайна	Ограничена технологиями и формами	Высокая, возможность создания сложных структур	Использование BIM технологий, 3D-печати позволяют создавать сложные структуры, что примерно на 50–100 % упрощают реализацию сложных и уникальных проектов
Экологичность	Высокий уровень отходов и потребление энергии	Низкий уровень отходов	Снижение отходов на 10–20 %

На основании проведенного сравнения можно сделать вывод, что инновационные технологии, такие как автоматизированные системы подачи и роботизированные устройства, обладают значительным потенциалом для по-

вышения производительности и снижения затрат. Однако традиционные методы остаются актуальными в определенных условиях, особенно при ограниченных ресурсах и специфике объекта.

Литература:

1. Бигдай О. Б. Вестник СевКавГТИ: выпуск 9 / О. Б. Бигдай. — Ставрополь: НОУ «СевКавГТИ», 2009. — 70 с.
2. Воронкова О. В. Перспективы науки // Журнал «Перспективы науки». — 2019. — № 6(117).
3. Голубев Н. М. Себестоимость и трудоемкость работ при возведении монолитных конструкций в зависимости от применяемых средств механизации.
4. Кузнецова Е. В. Эффективные технологии возведения многоэтажных зданий // Оренбургский государственный университет.
5. Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции / под ред. Коллектива авторов. — Стерлитамак: АМИ, 2018. — 162 с.
6. Сборник статей Международной научно-практической конференции «Прорывные научные исследования как двигатель науки» / под ред. Сукиасян А. А. — Саранск: МЦИИ «ОМЕГА САЙНС», 2016. — 220 с.

7. Современные условия интеграционных процессов в науке и образовании: сборник статей Международной научно-практической конференции/Коллектив авторов. — Пенза: OMEGA SCIENCE, 2019. — 302 с.
8. Сукиасян А. А. Новые информационные технологии в науке: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 апреля 2017 г.) / А. А. Сукиасян. — Уфа: МЦИИ «ОМЕГА САЙНС», 2017. — 261 с.

3Д-моделирование здания государственного архива

Кольцов Андрей Евгеньевич, студент магистратуры
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

В статье автор рассматривает процесс проектирования здания архива в программе Renga.

Ключевые слова: государственный архив, BIM, Renga.

Строительная отрасль не стоит на месте и постоянно развивается. За последние 40 лет проектирование зданий кардинально изменилось, появилась возможность выполнять чертежи не от руки, а в специализированных программах.

В последние годы широко распространилось 3Д проектирование. Так использование информационного моделирования значительно облегчает и ускоряет процесс проектирования. Благодаря BIM специалисты могут создавать точные цифровые модели, которые позволяют проводить разнообразные анализы и расчеты на всех стадиях проектирования.

Рассмотрим процесс моделирования здания архива в программе Renga.

Создание осей

Первым этапом моделирования любого здания в программе является — создание координационных осей и уровней. Для создания осей в программе Renga воспользуемся инструментом ось.

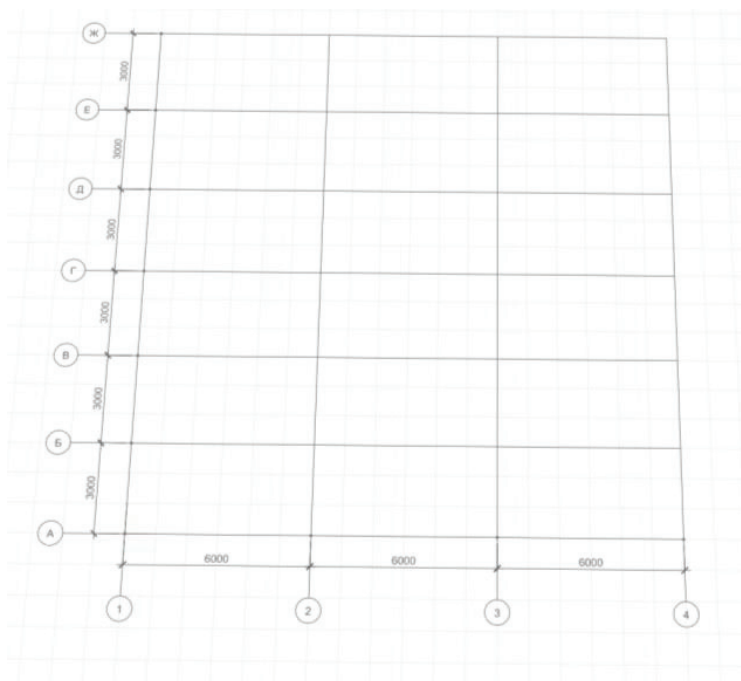


Рис. 1. Координационные оси здания архива

Колонны

Колонны моделируются в Renga инструментом **колонна**. Для данной модели сечение колонн выбрано 400 x 400 мм. Материал — бетон В25. Разместим колонны 1-го этажа в точках пересечения координационных осей.

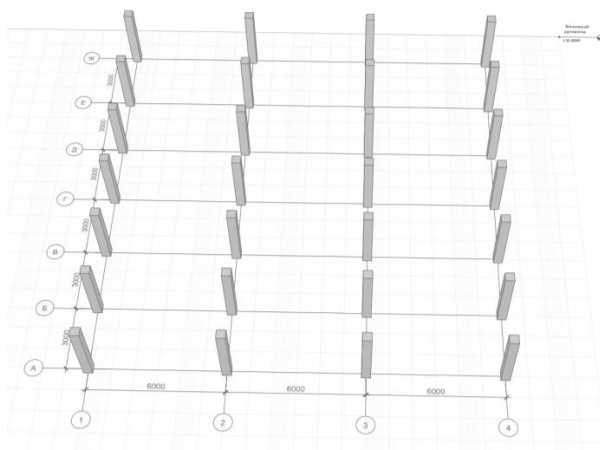


Рис. 2. Колонны 1-го этажа здания архива

Стены

Стены в Renga моделируются инструментом **стена**.
Разместим наружные стены 1-го этажа.

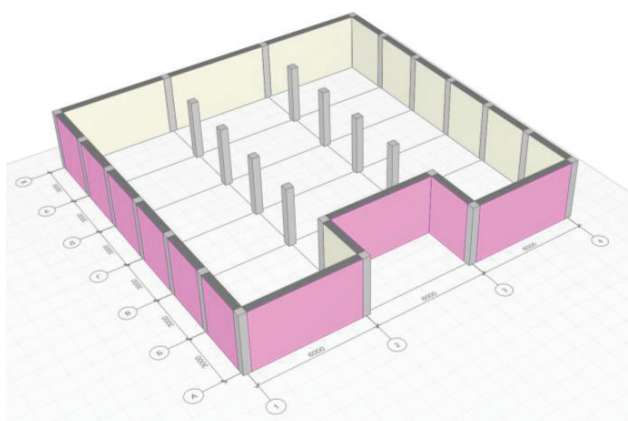


Рис. 3. Наружные стены 1-го этажа здания архива

Аналогичным образом выполним внутренние стены и перегородки.

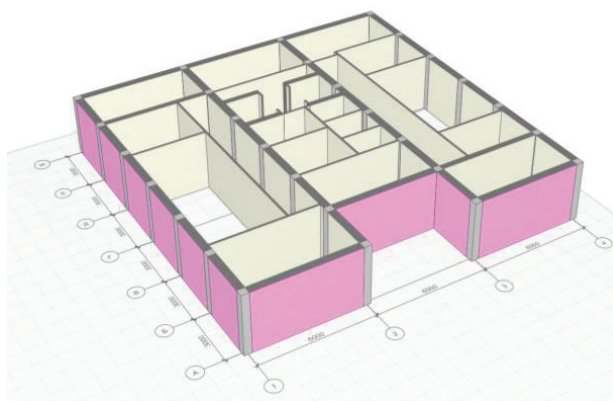


Рис. 4. Стены и перегородки 1-го этажа здания архива

Окна и двери

Окна моделируются инструментом окно. Окно можно создать только в стене. Форма проема окон здания архива — прямоугольная. В проекте окна приняты и алюминиевого профиля с двухкамерными стеклопакетами.

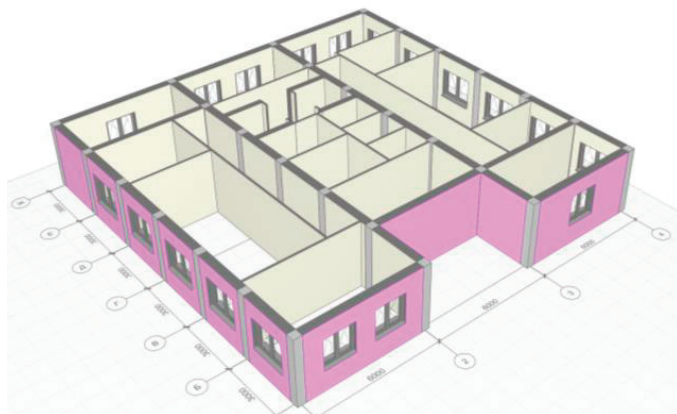


Рис. 5. Окна 1-го этажа здания архива

Двери моделируются инструментом дверь. Дверь также, как и окно можно создать только в стене. Форма проема дверей здания архива — прямоугольная. В проекте приняты 4 различных типа дверей: входная с фрамужой, однопольная распашная, двупольная распашная и созданы двери лифта.



Рис. 6. Типы дверей, используемых в проекте



Рис. 7. Двери 1-го этажа здания архива

Лестницы

Лестницы моделируются с помощью инструмента лестница. В проекте лестницы приняты железобетонными.

В проекте предусмотрено две лестничные клетки, которые обеспечивают доступ рабочему персоналу, и посетителям архива ко всем уровням здания.

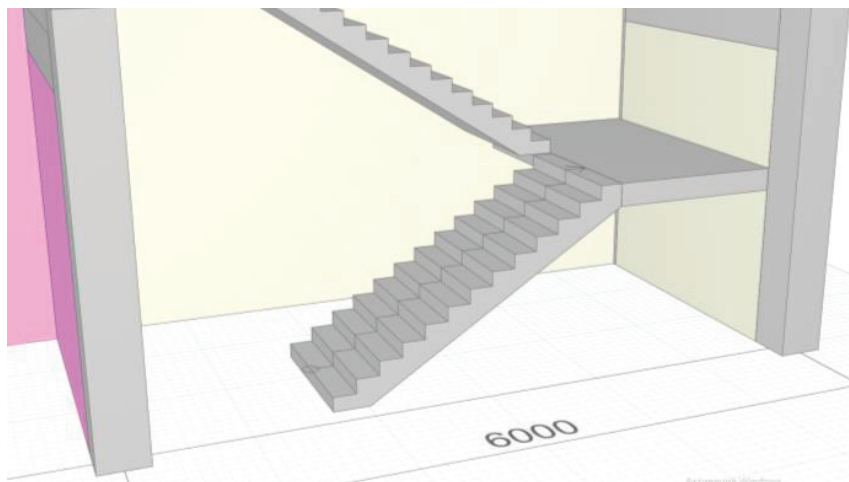


Рис. 8. Лестницы 1-го этажа здания архива

Перекрытие и полы

Перекрытие моделируется инструментом перекрытие. В проекте плиты перекрытия — монолитные железобетонные с армированием. Конструкция перекрытия ригельная с дополнительным армированием в местах концентрации напряжений в приопорной части колонн и примыкания ригелей перекрытия

Не забудем также добавить проемы в перекрытии в местах расположения лестничных клеток и лифтовых шахт. Для моделирования проёмов в перекрытии используем инструмент проем.



Рис. 9. Перекрытие 1-го этажа здания архива

Также инструментом перекрытие выполним моделирование пола первого этажа. Для этого создадим новый многослойный материал. Пол первого этажа состоит из керамогранитных плит, клея, грунтовки, и цементно-песчаной стяжки. Его толщина 55 мм.



Рис. 10. Пол 1-го этажа здания архива

В итоге был создан первый этаж будущей модели здания архива, аналогичным образом используя ранее рассмотренные инструменты создадим остальные этажи.

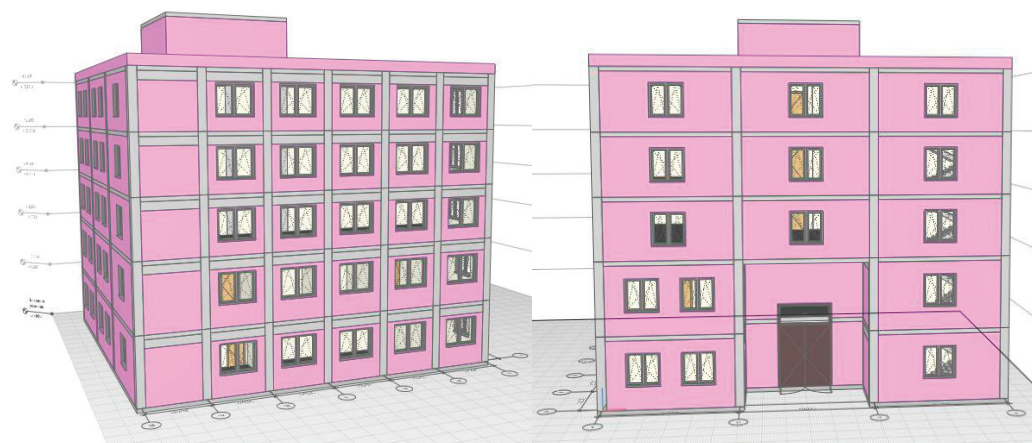


Рис. 11. 3Д-виды здания архива

В данной статье был представлен порядок архитектурного моделирования здания архива. Общее время моделирования заняло менее трех часов. Далее необходимо оформить чертежи и проект готов. Практика показала, что использование 3Д-моделирования, по сравнению с 2Д, позволяет значительно ускорить процесс и снизить затраты на него.

Литература:

1. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всерос. науч.-практ. конф.; СПбГАСУ. — Санкт-Петербург, 2018. — 239 с. — ISBN 978-5-9227-0820-3.
2. Бачурина, С. С. Информационное моделирование: методология использования цифровых моделей в процессе перехода к цифровому проектированию и строительству. Ч. 2: Переход к цифровому проектированию и строительству. Методология / С. С. Бачурина. — Москва: ДМК Пресс, 2021. — 128 с. — ISBN 978-5-97060-994-1.
3. Информационные технологии: учебник / Ю. Ю. Громов, И. В. Дидрих, О. Г. Иванова, М. А. Ивановский, В. Г. Однотченко. — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. — 260 с. — 100 экз. — ISBN 978-5-8265-1428-3.
4. Проектирование общественных сооружений BIM [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.bimtechnology.pro/proektirovanie-obshhestvennyh-sooruzhenij/>
5. Ильинова, В. В. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве / В. В. Ильинова, В. Д. Мицевич // Российский внешнеэкономический вестник. — 2021. — № 6. — С. 79-93.

«Краткий современный православный Домострой»: дизайн как инструмент трансляции духовных ценностей в регионе Коми

Пименова Анастасия Валериевна, студент магистратуры
Российский государственный социальный университет (г. Москва)
Научный руководитель: Стыров Максим Михайлович, кандидат экономических наук, священник
Свято-Стефановский кафедральный собор Сыктывкарской епархии Русской Православной Церкви

Статья посвящена анализу визуальных решений, использованных при оформлении издания «Краткий современный православный Домострой для Сыктывкарской епархии Республики Коми». Целью исследования является выявление и интерпретация семиотической нагрузки элементов дизайна, включая цветовую гамму, типографику и орнаментальные мотивы, с точки зрения их влияния на восприятие духовного содержания. Подчёркивается роль визуального языка в формировании связи между религиозными ценностями и культурным наследием региона Коми.

Ключевые слова: Домострой, дизайн, православная культура, региональная специфика, визуальная коммуникация, духовные ценности, идентичность, культурное наследие, семиотика.

В контексте религиозной литературы, дизайн имеет особую значимость, поскольку должен не только соответствовать эстетическим нормам, но и отражать духовное содержание и культурные традиции. В данной статье рассматривается дизайн книги «Краткий современный православный Домострой для Сыктывкарской епархии Республики Коми», анализ которого позволяет выявить многослойную систему знаков и символов, формирующую целостное визуальное сообщение. Ключевым аспектом является гармоничное сочетание православной иконографии, христианской символики и локальной культурной специфики региона Коми, представленное через визуальные элементы, которые аккуратно интегрированы в общий дизайн.

«Домострой» — ценное произведение русской публицистики и этики 16 века, представляющее собой подробный свод правил для жизни православного человека, от религиозных до бытовых [3]. Однако в наши дни он скорее исторический артефакт, чем руководство к действию. В связи с этим, архиепископ Сыктывкарский и Коми-Зырянский Питирим инициировал создание современной адаптации «Домостроя» для Сыктывкарской епархии. Работа завершилась утверждением текста на епархиальном собрании 10 апреля 2024 года, после многочисленных обсуждений и доработок [5, с. 38]. Задача ди-

зайнера заключалась в профессиональном оформлении текстового материала с целью его подготовки к официальной публикации. В конце 2024 года «Краткий современный православный Домострой для Сыктывкарской епархии Республики Коми» был официально издан в печатном и электронном форматах и распространяется на безвозмездной основе.

Перейдём к углублённому рассмотрению дизайнерских решений, продемонстрированных на рис. 1. Преобладающий белый цвет фона — это не просто дизайнерское решение, а мощный семиотический маркер, напрямую отсылающий к концепции чистоты, невинности и духовной просветлённости, фундаментальным для православного мировоззрения. Более того, «в церковной символике белый цвет — не просто один из многих других цветов, он есть символ Божественного нетварного света, переливающегося всеми цветами радуги, как бы содержащего в себе все эти цвета» [2]. Его использование создаёт ощущение возвышенности и способствует концентрации читателя на духовном содержании текста, что делает его идеальным выбором для религиозного издания.

Золотистый оттенок, в котором выполнены графические элементы (растительные орнаменты) и текст, также не случаен. «Золото благодаря своему солнечному блеску является в церковной символике таким же знаком Боже-



Рис. 1. Оформление «Краткого современного православного Домостроя» (Разработка автора, 2024 г.)

ственного света, как и белый цвет. Оно имеет и особое смысловое значение — царственной славы, достоинства, богатства» [2]. В православной иконописи золото традиционно используется для изображения нимбов святых и элементов, связанных с божественным присутствием. Применение золотистого оттенка в дизайне книги усиливает ассоциацию с сакральным и подчёркивает важность представленных на страницах наставлений. В контексте издания «Домостроя» он также может символизировать ценность семейных устоев и духовного благополучия.

Растительные орнаменты, представляющие собой стилизованные листья и ветви, обладают многогранной символикой. С одной стороны, они являются универсальным символом роста, плодородия и связи с природой. В христианском контексте они «часто служат образом жизненной силы. В псалме 1, например, противопоставляя жизнь смерти, поэт использует образ растения для выражения самой сущности жизни» [4, с. 980–981]. Также, данные орнаменты отсылают к образу Эдемского сада, напоминая о первозданной гармонии между человеком и Богом. С другой стороны, выбор конкретных растений имеет локальное значение. Стилизованные изображения основаны на флоре региона Коми (например, папоротник, еловые ветви и т. д.), придавая орнаментам дополнительный смысл, связывая православные духовные ценности с конкретным географическим местом и усиливая чувство принадлежности к местной культуре.

Изображение святителя Стефана Пермского, вписанное в квадрифолий, — это центральный элемент композиции одного из первых разворотов, наделённый глубоким семиотическим значением. Квадрифолий является древним элементом православного искусства, декоративным мотивом в форме четырёхлистника, сочетающим ромб и квадрат [1]. Изображение Стефана, просветителя народа коми, выполнено в стилизованной манере, соответствующей традиции иконописи. Выбор именно этого святого акцентирует связь православной веры с историей и культурой региона Коми, подчёркивая роль христианства в формировании идентичности народа. Использование образа Стефана Пермского выполняет функцию связующего звена между универсальными православными ценностями и локальными коми-традициями.

Выбор шрифтов в дизайне данной книги демонстрирует осознанный подход к созданию читабельного и эстетически приятного текста. Использование шрифтов типа антиква для основного текста и части заголовков является традиционным выбором для книг, особенно рели-

гиозной тематики. Эти шрифты обладают хорошей читабельностью за счёт чётко выраженных засечек, которые помогают глазу следовать за строкой и облегчают процесс чтения длинных текстов. Антиква также ассоциируется с классическим стилем, традициями и надёжностью, что соответствует характеру «Домостроя» как свода правил и наставлений.

Шрифты типа рукописных используются для некоторых заголовков и подзаголовков. Это создаёт визуальный контраст и помогает структурировать информацию, выделяя важные элементы. Подобный шрифт выглядит более современно и лаконично, что отражает намерение представить «Домострой» в современном контексте, адаптированном к нуждам Сыктывкарской епархии.

В целом, типографический дизайн книги направлен на создание читабельного, функционального и эстетически приятного текста. Выбор шрифтов, их размера, межстрочного и межбуквенного расстояния, выравнивания текста и других параметров тщательно продуманы с учётом целевой аудитории, характера издания и целей коммуникации. Общая композиция книги (расположение текста, иллюстраций, декоративных элементов) сбалансирована и гармонична. Избежание хаотичности и перегруженности страницы, характерных для светского дизайна, является важным условием соответствия православным эстетическим нормам. Соблюдение принципов иерархии, акцентирование ключевых элементов, визуальный ритм и баланс — способствуют созданию спокойной и умиротворяющей атмосферы, соответствующей духовному содержанию книги.

В заключение можно сказать, что дизайн книги «Краткий современный православный Домострой для Сыктывкарской епархии Республики Коми» представляет собой тщательно продуманную систему знаков и символов, направленную на передачу духовных ценностей и укрепление связи между православной верой и культурой региона Коми. Дизайн соответствует христианским канонам, уважительно относится к местным традициям и создаёт благоприятную атмосферу для восприятия текста. Визуальный язык книги стремится к балансу между универсальными религиозными символами и локальной культурной идентичностью, что делает её значимым произведением, способствующим духовному и культурному обогащению жителей Республики Коми. Отсутствие ярких, вызывающих цветов и минималистичный подход к декору усиливают акцент на содержании и создают ощущение благоговения.

Литература:

1. Квадрифолий. — Текст: электронный // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал: [сайт]. — URL: <https://bigenc.ru/c/kvadrifolii-8e593c?v=3380773> (дата обращения 13.05.2025).
2. Настольная книга священнослужителя. — Текст: электронный // Москва: Изд. Московской Патриархии, 1983, т. 4, 824 с., цв. вкл. 24 с. // Москва: Журнал Московской Патриархии., 1984. № 5 (ЖМП). URL: https://azbyka.ru/otechnik/Pravoslavnoe_Bogoslužhenie/nastolnaja-kniga-svjashennosluzhitelja/15_5source (дата обращения 07.05.2025).

3. Новая философская энциклопедия: в 4 т. — Текст: электронный // Ин-т философии Рос. акад. наук, Нац. обществ.-науч. фонд; Науч.-ред. совет.: В. С. Степин [и др.]. — Москва: Мысль, 2000–2001. — URL: <http://philosophy.niv.ru/doc/encyclopedia/new-philosophical/index.htm> (дата обращения 07.05.2025).
4. Словарь библейских образов: [Справочник] / Под общ. ред. Лиланда Райкена, Джеймса Уилхойта, Тремпера Лонгмана III; ред.-консультанты: Колин Дюриес, Дуглас Пенни, Дэниел Рейд; [пер.: Скороходов Б. А., Рыбакова О. А.]. — Санкт-Петербург: Библия для всех, 2005. — 1423 с. — Текст: непосредственный.
5. Стыров, М. М. Краткий современный православный коми домострой / М. М. Стыров. — Текст: непосредственный // Политические, экономические и социокультурные аспекты регионального управления на Европейском Севере: Материалы XVII Всероссийской научной конференции (с международным участием), Сыктывкар, 22–24 апреля 2024 года. — Сыктывкар: Коми республиканская академия государственной службы и управления, 2024. — С. 37–41.

Проектирование быстровозводимых деревянных зданий для условий Крайнего Севера

Хамидулин Дмитрий Михайлович, студент

Научный руководитель: Павлик Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Освоение Крайнего Севера России требует строительства энергоэффективных и экономичных зданий. Статья посвящена комплексному анализу проблем проектирования быстровозводимых деревянных конструкций в условиях низких температур, мерзлоты и короткого строительного сезона. Рассматриваются конструктивные решения, теплоизоляция, расчеты фундаментов и международный опыт. На основе анализа предложены рекомендации по адаптации зарубежных технологий к российским нормам и ограничениям.

Ключевые слова: быстровозводимые здания, деревянные конструкции, Крайний Север, многолетняя мерзлота, CLT-панели, SIP-панели, каркасно-панельная технология, LVL-брус, деревянное домостроение.

1. Введение

В связи с активным освоением северных территорий России, развитием крупных проектов и необходимостью оперативного строительства жилой и инфраструктурной застройки, быстровозводимые здания из древесных материалов становятся всё более востребованными. Климатические особенности Крайнего Севера обуславливают неэффективность традиционных методов строительства, в то время как модульные и панельно-каркасные технологии с использованием дерева предлагают высокую скорость монтажа, заводскую точность и адаптивность к сложным условиям. Далее будут рассмотрены основные проектные проблемы, возникающие при проектировании деревянных быстровозводимых зданий для северных территорий.

2. Климатические условия Крайнего Севера

Проектирование зданий на Крайнем Севере требует особых решений из-за экстремального климата: температуры до -60°C , ветра до 50 м/с (нагрузка 600 кгс/м^2), снеговые нагрузки $180\text{--}450 \text{ кг/м}^2$ и вечная мерзлота. Короткий строительный сезон (3–4 месяца) и полярная ночь (до 60 дней) дополнительно усложняют строительство, диктуя необходимость специальных материалов, технологий и инженерных расчётов.

Суровый климат Крайнего Севера предъявляет особые требования к строительству: конструкции должны выдерживать экстремальные ветровые и снеговые нагрузки (расчет по СП 20.13330.2016), температурные деформации и обледенение, а также учитывать риски оттаивания мерзлоты (необходимы свайные фундаменты или термостабилизация). Для минимизации сложностей монтажа и доставки критически важны модульность, заводская готовность и облегченные конструкции. Эти меры обеспечивают долговечность зданий в условиях экстремальных климатических воздействий.

3. Конструктивные решения быстровозводимых зданий из дерева

Проектные решения должны обеспечивать устойчивость зданий к ветровым, снеговым и температурным нагрузкам, гарантируя одновременно энергоэффективность, логистическую гибкость и технологичность монтажа. Древесина как строительный материал, при условии правильной обработки и инженерного сопровождения, оказывается конкурентоспособной по многим параметрам.

Наибольшее распространение получили следующие технологии деревянного домостроения, адаптированные для быстровозводимых зданий (табл. 2).

Таблица 1. Сравнение климатических параметров в северных регионах России и зарубежных стран

Регион	Мин. температура, °С	Ветровая нагрузка, кг/м²	Снеговая нагрузка, кг/м²	Глубина промерзания, м	Комментарий
Ямало-Ненецкий АО (РФ)	–54	до 600	320–400	до 4,0	Вечная мерзлота, низкая плотность населения
Республика Саха (Якутия)	–60	до 450	280–360	до 4,5	Самые низкие температуры в России
Нунавут (Канада)	–50	до 500	350–400	до 2,5	Широкое применение CLT и геотермии
Лапландия (Финляндия)	–40	до 300	до 450	до 2,0	Использование LVL и пассивных технологий
Северная Норвегия	–35	до 280	200–350	до 1,8	Стандартизованные экологичные дома

Таблица 2. Основные конструктивные технологии

Технология	Краткое описание	Преимущества	Ограничения
CLT (Cross-Laminated Timber)	Клеёные многослойные щиты, перекрёстно ориентированные	Высокая прочность и жёсткость, огнестойкость, возможность многоэтажности	Требует дорогого оборудования и контроля влажности
SIP (Structural Insulated Panels)	Сэндвич-панели: OSB + утеплитель (PIR, пенополиуретан, эко-вата)	Отличная теплоизоляция, высокая скорость монтажа	Необходима герметизация и защита от влаги
Каркасно-панельная технология	Деревянный каркас, обшивка плитами + утепление (внутри стены)	Низкая стоимость, простота сборки, модульность	Чувствительность к ошибкам монтажа
LVL (Laminated Veneer Lumber)	Клеёный брус из лущёного шпона	Повышенная прочность, устойчивость к усадке и деформациям	Высокая цена, малое распространение в РФ

Таблица 3. Сравнение инженерных параметров различных стройматериалов

Параметр	CLT	SIP-панели	Каркасно-панельный	LVL
Плотность, кг/м³	480–600	120–200	250–350	550–650
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,13	0,022–0,035	0,04–0,07	0,12
Толщина ограждающей конструкции, мм	160–200	150–300	200–300	180–240
Огнестойкость (мин)	до 60	до 45	до 30	до 90
Время монтажа 100 м²	1–2 дня	1 день	2–3 дня	1–2 дня
Этажность, до	32 этажа ¹	6 этажа ²	18 этажей ³	18 этажей ³
Транспортируемость	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя

Примечание:





(32 этажа)¹ — проект The Node 32-этажное офисное здание в Хельсинки;
(6 этажа)² — испытания 6-этажного многоквартирного дома из СИП-панелей в Японии;
(18 этажей)³ — Башня Mjösa (Mjøstårnet) в Брумунддале (Норвегия).

Технологии CLT, SIP, каркасно-панельные конструкции и LVL, представленные в таблицах 2 и 3, обладают различными преимуществами, позволяя подбирать опти-

мальные решения для строительства в условиях Крайнего Севера, что наглядно демонстрируют реализованные про-екты.

Таблица 4. Примеры зданий с использованием CLT, SIP, каркасно-панельной технологии и LVL для условий Крайнего Севера

Технология	Расположение	Год постройки, г	Компания	Этажность	Фотография объекта
CLT (Cross-Laminated Timber)	-	-	ООО «Промстройлес плюс»	9	
	г. Вологда	до IV кв 2025	ПАО «Сегежа Групп»	6	-
CLT (Cross-Laminated Timber)	Вологодская область	2022	ПАО «Сегежа Групп»	4	
SIP (Structural Insulated Panels)	-	2015	«ЕвроДом35»	3	

Технология	Расположение	Год постройки, г	Компания	Этажность	Фотография объекта
SIP (Structural Insulated Panels)	Саратовская область	2019	-	3	
	-	-	«SIPDom»	2	
SIP (Structural Insulated Panels)	-	-	«SIPDom»	2	
LVL (Laminated Veneer Lumber)	Новосибирск, Академгородок	2022	АО «ЯкутПНИИС»	4	

Технология	Расположение	Год постройки, г	Компания	Этажность	Фотография объекта
	Нягань ХМАО- Югра	2016	АО «ЯкутПНИИС»	3	
	Г.Торжок, Тверская область	-	АО «ЯкутПНИИС»	4	
	Г.Торжок, Тверская область	2014	«ТАЛИОН»	3	
	-	-	ГК «СТОД»	4	

4. Проектирование фундаментов в условиях многолетней мерзлоты

Фундаменты в условиях вечной мерзлоты требуют особых решений из-за риска просадки при оттаивании грунта. Неучет этих особенностей может привести к катастрофическим последствиям для здания.

Вот основные проблемы, с которыми сталкиваются строители в этих регионах: оттаивание мерзлоты снижает несущую способность грунта, морозное пучение деформирует фундаменты, неравномерные просадки вызывают повреждение конструкций, ограниченный строительный сезон усложняет сроки, а экстремальные климатические нагрузки требуют повышенной прочности модульных сооружений.

Таблица 5. Основные типы фундаментов для быстровозводимых зданий

Тип фундамента	Описание	Преимущества	Недостатки
Винтовые сваи	Металлические сваи с лопастями, вкручиваемые в грунт	Быстрая установка, мало зависит от сезона	Коррозия, ограниченный срок службы
Термосваи	Пустотелые сваи с хладагентом для стабилизации мерзлоты	Предотвращают оттаивание, высокая несущая способность	Сложность монтажа, высокая стоимость
Плитные утеплённые	Ж/б плиты с теплоизоляцией снизу	Устойчивость, теплоизоляция грунта	Дороговизна, длительный монтаж
Свайно-ростверковые	Сваи с объединяющим ростверком	Универсальность	Ограниченная устойчивость при промерзании

Основная проблема северных фундаментов — оттаивание мерзлоты, что может привести к просадке здания. Для термозащиты грунта применяют: XPS-изоляцию (100–150 мм), термосваи с хладагентом, вентилируемое подполье, греющие кабели и дренажные подушки. Выбор метода зависит от геологии участка, типа постройки и бюджета, но цель едина — стабилизация мерзлоты и обеспечение надежности фундамента.

5. Проектирование узлов соединений и модульной компоновки

Основные типы соединений

Каждый тип соединения имеет свои особенности, преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при проектировании.

Болтовые соединения: обеспечивают высокую прочность и позволяют разбирать конструкцию, что удобно

при транспортировке и ремонте. Идеально подходят для соединения несущих элементов и создания разборных модулей. **Соединения на саморезах:** используются для крепления утеплителей, отделки и других второстепенных элементов. Обеспечивают аккуратный и эстетичный внешний вид. Не подходят для соединения несущих элементов, так как не обеспечивают достаточной прочности. **Накладные металлические и деревянные соединения:** применяются для усиления слабых мест и распределения нагрузки в узлах. Позволяют повысить несущую способность конструкции и предотвратить деформации. **Пластиначатые (зубчатые) соединения:** обеспечивают высокую прочность при относительно небольшой массе. Широко используются в производстве ферм и других несущих элементов.

Для надежности соединений в северных деревянных зданиях требуются специальные материалы и крепежи. В таблице 6 указаны их характеристики и сферы применения.

Таблица 6. Материалы и крепежи

Элемент	Материал / Тип	Характеристики	Применение
Болты	Сталь, класс 8.8, M16	Высокая прочность, коррозионная защита	Соединение каркаса
Металлические накладки	Оцинкованная сталь, 4 мм	Жёсткость, защита от коррозии	Усиление соединений
Силиконовый герметик	Морозостойкий, эластичный	Температурный диапазон до -60 °C	Герметизация стыков
Пароизоляционная мембрана	Армированный полиэтилен 200 мкм	Пароизоляция, долговечность	Предотвращение конденсата
Демпфирующая прокладка	Эластомерный каучук, 5 мм	Виброгашение, эластичность	Межмодульные виброузлы
Саморезы/ винты	Сталь с антикоррозийным покрытием	Фиксация обшивки и утеплителя	Внутренние крепления
Уплотнительные ленты	Бутилкаучуковые	Гидро- и пароизоляция	Уплотнение швов

6. Международный опыт проектирования
деревянных модулей для условий Крайнего Севера

1. Канада (Нунавут):

Канадский опыт строительства демонстрирует высокую эффективность CLT-технологий: здания с CLT-стенами (180–200 мм) и дополнительным утеплением (250 мм эковаты/минваты) достигают показателя теплоизоляции $R > 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, что на 60 % снижает энергопотребление. Использование геотермальных насосов и солнечных панелей дополняет энергоэффективность, а морозостойкая герметизация стыков и скатная кровля (45°) обеспечивают защиту от климатических воздействий. Результат — школа на 500 мест возводится за 4 месяца с существенной экономией средств.

2. Финляндия (Лапландия):

В строительстве применяются LVL-брус и клееные конструкции с фасадами из термодревесины, устойчивой к влаге и гниению. Фундаменты на охлаждаемых сваях

предотвращают оттаивание мерзлоты, а системы снеготаяния в кровле и полах исключают обледенение. Экологичные восковые пропитки защищают древесину, обеспечивая устойчивость к снеговым нагрузкам до 500 кг/м^2 и срок службы свыше 50 лет.

3. Норвегия (Брумунддал):

Дома проектируются по принципам пассивного энергобаланса с суперизоляцией и рекуперацией тепла, что минимизирует энергопотребление. Конструкции из композитных материалов выдерживают ветровые нагрузки до 30 м/с, а их температурные показатели и деформации находятся под постоянным контролем. Автоматизация сборки и монтажа обеспечивает высокую точность и эффективность строительного процесса.

Эти примеры показывают, что с помощью современных технологий и материалов можно строить комфортное, энергоэффективное и долговечное жильё даже в самых суровых климатических условиях.

Таблица 7. Сравнительный анализ международного опыта с Россией

Параметр	Канада (Нунавут)	Финляндия (Лапландия)	Норвегия (Брумунддал)	Россия (Ямал СПГ)
Материал ограждений	CLT + эковата	LVL + термодревесина	Клееный брус + композиты	SIP, CLT, клееный брус
Толщина утеплителя, мм	250–300	200–250	200–300	200–300
Энергопотребление (%)	–60 %	–50 %	–55 %	–70 % (геотермия, солнце)
Время строительства	4 месяца	3–4 месяца	3 месяца	8 месяцев

Для успешного северного строительства необходим комплекс мер: применение энергоэффективных деревянно-панельных конструкций с тщательным подбором материалов, внедрение возобновляемой энергетики при господдержке, автоматизация процессов, а также разработка адаптированных ГОСТов с учётом международного опыта и развитие местного производства.

7. Экономические и логистические аспекты
быстровозводимого деревянного строительства
в условиях Крайнего Севера

7.1. Экономические аспекты:

Модульные деревянные дома на Крайнем Севере экономически выгоднее кирпичных: стоимость 100 м^2 в Якутске составляет 12 млн против 15 млн рублей благодаря 20 % экономии от заводского производства (снижение отходов) и оптимизации логистики, а госсубсидии дополнительно сокращают затраты на 10–15 %. Энергоэффективность обеспечивает 30 % экономии на отоплении с окупаемостью за 5–7 лет, сохраняя преимущества на протяжении 50 лет эксплуатации.

7.2. Логистические аспекты:

Логистические расходы на Крайнем Севере могут достигать 30 % стоимости модуля (например, при доставке из Вологды в Норильск), но их можно сократить на 10–15 % за счет консолидации грузов и на 20–25 % при использовании

Северного морского пути в период навигации (июнь–октябрь) вместо зимних авиаперевозок, а организация отопливаемых складов на стройплощадке помогает сохранить материалы и соблюсти сроки строительства.

7.3. Оптимизация логистики — ключевой фактор экономии в северном строительстве:

Модульные конструкции сокращают логистические рейсы и сроки монтажа, обеспечивая экономию 15–20 %, тогда как авиадоставка материалов увеличивает стоимость на 40 % — однако использование местных ресурсов (например, лиственницы) и оптимизация логистики снижают эту разницу до 10–15 %, делая деревянное модульное строительство на Крайнем Севере экономически выгодным при комплексном подходе.

Модульное строительство на Крайнем Севере экономически выгоднее традиционных методов (Таблица 8), сокращая сроки, трудозатраты и отходы производства.

8. Заключение

Для надежного строительства в условиях Крайнего Севера (–60°С и вечная мерзлота) применяют: высокоэффективные CLT/SIP-панели и LVL-брус, термосваи и утепленные фундаменты. Международный опыт (Канада, Скандинавия) доказывает эффективность автоматизированных деревянных технологий с использованием возобновляемой энергетики. Быстровозводимые методы со-

Таблица 8. Сравнение стоимости традиционного и модульного строительства

Параметр	Традиционное строительство	Модульное строительство	Экономия (%)
Срок строительства	9–12 месяцев	3–6 месяцев	50–70
Стоимость работ	100 %	60–70 %	30–40
Трудозатраты	Высокие	Низкие	60–70
Отходы материалов	20–25 %	5–7 %	75–80

кращают сроки на 70 % и снижают затраты, что особенно важно при коротком строительном сезоне. Совершен-

ствование нормативной базы и внедрение инноваций повысят качество жилья в Арктике.

Литература:

1. СП 50.13330.2024. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003. Москва: Минстрой России, 2024. 74 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://rsoserv.ru/wp-content/uploads/2025/02/SP-50.13330.2024-Svod-Pravil.-Teplovaya-zashhita-zdanij.pdf>

2. СП 64.13330.2017. Свод правил. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80. Москва: Минстрой России, 2017. 102 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744725.pdf>

3. Строительство в условиях вечной мерзлоты / А. В. Ливеровский и К. Д. Морозов. — Ленинград; Москва: Госстройиздат, 1941. — 244 с.: ил., черт. [Электронный ресурс]. URL: <https://tehne.com/library/liverovskiy-v-morozov-k-d-stroitelstvo-v-usloviyah-vechnoy-merzloty-leningrad-moskva-1941?ysclid=mbkqy9ke9i812041438>

4. Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты Охлопкова Т. В.; Гурьянов Г. Р.; Плотников А. А. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-i-proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy-v-usloviyah-vechnoy-merzloty>

5. MASHNEWS [Электронный ресурс]. URL: <https://mashnews.ru/v-vologde-planiruyut-stroit-6-ti-etazhnyie-doma-iz-clt-panelej-proizvodstva-segezha-group.html>

6. ООО «Промстройлес плюс». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pslcomp.ru/clt-tehnologiya-stroitelstva-derevyannyh-domov/stroitelstvo-mnogoetagnih-domov-clt/clt-dom-9-etagey>

7. ПРОДЕРЕВО [Электронный ресурс]. URL: <https://proderevo.net/analytics/business-overview/glavnyj-dvigatel-derevyannogo-domostroeniya-v-rossii.html>

8. РБК Недвижимость [Электронный ресурс]. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5fd217329a7947c233c5c5e1>

9. ЕвроДом35 [Электронный ресурс]. URL: <https://evrodom35.ru/2018/04/10/1008/>

10. Ольшанка [Электронный ресурс]. URL: <https://www.olshanka.ru/news/2019/09/10/8231.html>

11. РосМодуль Север. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ros-modul.ru/tipovie-blok-konteyneri/rosmodul-sever/>

12. Проект «Ямал СПГ» — официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://yamallng.ru/>

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 24 (575) / 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 25.06.2025. Дата выхода в свет: 02.07.2025.

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.