

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



23 2024  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 23 (522) / 2024

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 Кулуг-Бек Бекмуратович, 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 персонаж американского ситкома про молодых американских ученых «Теория Большого взрыва» Эми Фарра Фаулер.

Актриса, которая сыграла Эми, Маим Бялик, присоединилась к актёрскому составу сериала в 2010 году, в конце третьего сезона шоу, в качестве потенциальной девушки Шелдона Купера. В сериале она играла нейробиолога, которым является и в реальной жизни. В 2008 году Маим Бялик получила докторскую степень (PhD) по нейробиологии. Её диссертация была посвящена синдрому Прадера — Вилли.

«Теория Большого взрыва» (2007–2019) — один из самых рейтинговых сериалов США. Всего за 12 сезонов было выпущено 279 серий. Таким образом, «Теория Большого взрыва» стала самым длинным ситкомом в истории телевидения, обогнав по данному показателю комедийный сериал «Чирс» (275 серий).

В сериале Эми — нейробиолог и любовь одного из главных персонажей — Шелдона Купера. Она имеет докторскую степень по нейробиологии. Её исследования посвящены изучению зависимости у приматов и беспозвоночных; время от времени она упоминает о таких экспериментах, как приручение обезьяны какпудина к сигаретам или морской звезды — к кокаину.

Друзья Шелдона, Радж и Говард, нашли Эми через сайт знакомств, тайно создав аккаунт Шелдона. Сайт свел ее с Шелдоном, и у этих двоих оказалось много общих черт. Как только они познакомились, она стала, по словам Шелдона, другом женского пола, но не «девушкой». Вначале они общались посредством текстовых сообщений и видеозвонков, но по инициативе остальных друзей Шелдона она начала общаться со всеми лично.

В пятом сезоне, после того как Эми отправилась на свидание с владельцем магазина комиксов Стюартом, Шелдон решил закрепить их отношения как парень и девушка с помощью 31-страничного «Соглашения об отношениях». Позже в этом сезоне Эми начала кампанию по усилению чувств Шелдона к ней, принимая более активное участие в его интересах, включая видеоигры и «Стар Трек», и относясь к нему так же, как его мать. Во время свадебной церемонии Говарда и Бернадетт Шелдон сказал, что надеется, что они будут так же счастливы вместе, как он один, что ранило чувства Эми, но позже он

спонтанно взял ее за руку, чтобы утешить, когда Говард улетел в космос, и она его простила.

К началу шестого сезона Шелдон и Эми регулярно держались за руки по настоянию Эми, но ей этого было мало, она хотела, чтобы ее отношения с сопротивляющимся Шелдоном развивались и включали сексуальную близость. К середине сезона у Шелдона произошло несколько интимных моментов с Эми, когда он ухаживал за ней во время гриппа, что подтолкнуло его к традиционным отношениям с ней.

Позже Эми предложили трехмесячный научный проект в Принстонском университете в Нью-Джерси, и она уехала с согласия Шелдона. Она разозлилась, когда узнала, что Шелдон проводит время с Рамоной Новицки, которая, как Эми подозревала, испытывала романтические чувства к Шелдону (так и оказалось). В финале сезона, после того как Рамона поцеловала Шелдона, он приехал к Эми и сделал ей предложение.

Эми склонна к музыке и на протяжении всего сериала играет на арфе, автоарфе и клавишных.

Первоначально Эми была показана как женская версия Шелдона. Эми была умна, малоэмоциональна и уверена в том, что всегда права. Во многом её поведение было связано с её одиночеством. По мере развития сюжета Эми стала гораздо более дружелюбной и ласковой. Поначалу она неоднозначно и часто снисходительно относилась к Пенни и Бернадетт, но позже, проведя с ними больше времени, она стала более женственной и общительной, хотя и сохранила некоторую социальную неловкость.

В 22-й серии первого сезона сериала «Детство Шелдона» взрослый Шелдон говорит, что у него есть дети. В шестом сезоне этого сериала от закадрового голоса мы узнаем, что Эми получила Нобелевскую премию по нейробиологии.

В заключительном сезоне «Теории Большого взрыва» Шелдон и Эми опубликовали свою работу по суперасимметрии в теории струн и вместе получили Нобелевскую премию по физике. Таким образом, Эми Фарра Фаулер — обладательница двух Нобелевских премий.

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Пастушенко В. А.**  
 О  $\sigma_{\omega}$ -верных формациях конечных групп ..... 1

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Александров Е. М.**  
 Оценка параметров безопасности вагона  
 с точки зрения возможности потери пружин  
 рессорного комплекта ..... 4

- Анисимов А. В.**  
 Анализ эффективности применения модуля  
 коррекции GPS..... 6

- Бабулин И. В., Насибуллин Р. Т.**  
 Анализ режимов зарядки  
 для электромобилей и электротранспорта ..... 9

- Баранников Д. В.**  
 Программное приложение  
 для исследования влияния  
 трибологических факторов на динамику  
 работы двигателя внутреннего сгорания .....11

- Бачурин Д. С., Седых А. В.**  
 Роль человеческого фактора в авиационных  
 происшествиях и методы их минимизации .....17

- Булатов Е. С.**  
 Внедрение децентрализованной  
 автоматизации распределительных  
 электрических сетей как способ повышения  
 надежности электроснабжения .....20

- Волошин А. К.**  
 Коррекция импульсов управления матрицей  
 лазерных диодов для ИК-спектроскопии .....24

- Гаппаров Л. А.**  
 Проектирование функциональной схемы  
 генератора сигналов различной формы .....27

- Горячев П. А.**  
 Разработка электронного модуля углового  
 датчика.....29

- Диас Н. Ф., Дос Сантос Т. К.**  
 Оценка добавления нанокompозита  
 в цементные пасты для нефтяных скважин  
 с низким градиентом трещиноватости .....32

- Дос Сантос Т. К.**  
 Сравнительное исследование  
 механистического моделирования  
 многофазного потока в горизонтальных  
 скважинах.....34

- Дос Сантос Т. К.**  
 Цементирование скважин и варианты его  
 научного исследования.....37

- Дроздова Е. И., Максимова Е. С.**  
 Принципы организации движения поездов  
 в России и Германии .....38

- Ибатуллин А. Р.**  
 Анализ перспектив применения 3D-печати  
 в условиях микрогравитации .....43

- Иргашев Н. Н., Худойназаров К. К.,  
 Обидов Д. З., Тухтамуродов Ш. Ш.**  
 Эффективность применения  
 микроконтроллеров для управления  
 светофорами .....46

- Конюхов А. В.**  
 Совершенствование изоляции  
 тепловых сетей .....48

- Немашкало В. П., Быков И. Н.**  
 Улучшение безопасности на территории  
 аэропортов и в пассажирских терминалах .....49

- Рахманов Н. И.**  
 Основные особенности переработки  
 ламинированного картона.....51

<b>Степанцев В. П.</b> Исследование стабильности электронного преобразователя.....53	<b>Зайцева В. К.</b> Использование теплоизоляционных пенобетонов на основе техногенного сырья ....63
<b>АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО</b>	
<b>Ван Чжэ, студент</b> Исследование метода оценки и оптимизации планировки городской дорожной сети на основе интеллектуальной транспортной системы .....57	<b>Колбинцев В. В.</b> Сравнение вариантов строительства земляного полотна на «слабых» грунтах.....65
<b>Галутва Д. С.</b> Сталежелезобетонные комбинированные конструкции, работающие на изгиб .....60	<b>Сагат А. Н.</b> Современные тенденции проектирования высокоплотной застройки .....68
	<b>Степанов И. В.</b> Снижение влияния дополнительных осадок от нового строительства путём стабилизации грунтового основания под существующим зданием .....72

# МАТЕМАТИКА

## 0 $\sigma_\omega$ -веерных формациях конечных групп

Пастушенко Владислав Александрович, аспирант  
 Научный руководитель: Сорокина Марина Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент  
 Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского

В работе рассматриваются только конечные группы. Пусть  $\omega$  — непустое множество простых чисел,  $\sigma$  — произвольное разбиение множества всех простых чисел,  $\sigma_\omega$  — произвольное разбиение множества  $\omega$ . Изучаются  $\sigma_\omega$ -веерные формации конечных групп, построенные М. М. Сорокиной и А. А. Горепекиной в качестве обобщения  $\omega$ -веерных формаций, с использованием методов  $\sigma$ -теории конечных групп А. Н. Скибы. В работе установлены свойства  $\sigma_\omega$ -веерных формаций, обладающих  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником, где  $\theta$  — некоторая полная решетка формаций.

**Ключевые слова:** конечная группа, класс групп, формация,  $\sigma_\omega$ -веерная формация.

Рассматриваются только конечные группы. Пусть  $\omega$  — непустое множество простых чисел. Понятие  $\omega$ -веерной формации конечных групп было введено в рассмотрение В.А. Ведерниковым в 1999 году (см. напр., [1]). В 2021 году в работе [5] М. М. Сорокиной и А. А. Горепекиной были построены  $\sigma_\omega$ -веерные формации конечных групп ( $\bar{\omega}$ -веерные формации, в терминологии [5]), с использованием методов  $\sigma$ -теории конечных групп А. Н. Скибы (см. напр., [8]), где  $\sigma$  — произвольное разбиение множества всех простых чисел,  $\sigma_\omega$  — произвольное разбиение множества  $\omega$ . В данной работе рассматриваются свойства  $\sigma_\omega$ -веерных формаций.

В работе используются обозначения и определения, принятые в [3, 7]. Приведем лишь некоторые из них. В дальнейшем символ  $:=$  означает равенство по определению.

Классом групп называется совокупность групп, содержащая с каждой своей группой все группы, ей изоморфные [3, с. 161]. Через  $\mathfrak{G}$  обозначается класс всех конечных групп;  $\mathbb{P}$  — множество всех простых чисел. Через  $(\mathfrak{X})$  обозначается класс групп, порожденный совокупностью групп  $\mathfrak{X}$ , т.е.  $(\mathfrak{X})$  — пересечение всех классов групп, содержащих  $\mathfrak{X}$ .

Операцией на классах групп называется всякое отображение множества всех классов групп в себя. Операции  $Q, R_0, S$  определяются соответственно следующим образом:

$$Q(\mathfrak{X}) := (H \in \mathfrak{G} \mid H \cong G/N, \text{ где } G \in \mathfrak{X});$$

$$R_0(\mathfrak{X}) := (H \in \mathfrak{G} \mid H \cong G / (N_1 \cap N_2 \cap \dots \cap N_k), \text{ где } G/N_i \in \mathfrak{X}, i = 1, k);$$

$$S(\mathfrak{X}) := (H \in \mathfrak{G} \mid H - \text{подгруппа некоторой группы } G \in \mathfrak{X}).$$

Пусть  $U$  — произвольная операция на классах групп. Класс  $\mathfrak{X}$  называется  $U$ -замкнутым, если  $U(\mathfrak{X}) \subseteq \mathfrak{X}$ . Класс  $\mathfrak{X}$  называется формацией, если  $\mathfrak{X}$

$Q$ -замкнут и  $R_0$ -замкнут. Формация  $\mathfrak{X}$  называется наследственной, если  $\mathfrak{X}$  —  $S$ -замкнутый класс групп.

Через  $\pi(G)$  обозначается множество всех простых делителей порядка группы  $G$ ; для совокупности групп  $\mathfrak{X}$  через  $\pi(\mathfrak{X})$  обозначается  $\cup_{G \in \mathfrak{X}} \pi(G)$ .

Пусть  $\omega$  — непустое подмножество множества  $\mathbb{P}$ . Группа  $G$  называется  $\omega$ -группой, если  $\pi(G) \subseteq \omega$ ;  $O_\omega(G)$  — наибольшая нормальная  $\omega$ -подгруппа группы  $G$ ;  $\sigma_\omega = \{\omega_i \mid i \in I\}$  — произвольное разбиение множества  $\omega$ , т.е.  $\omega = \cup_{i \in I} \omega_i$ ,  $\omega \neq \emptyset$  для любого  $i \in I$ , и  $\omega_i \cap \omega_j = \emptyset$  для любых  $i, j \in I, i \neq j$ .

Пусть  $G$  — группа,  $\mathfrak{X}$  — непустое множество групп. Тогда  $\sigma_\omega(G) := \{\omega_i \in \sigma_\omega \mid \omega_i \cap \pi(G) \neq \emptyset\}$ ,  $\sigma_\omega(\mathfrak{X}) := \{\omega_i \in \sigma_\omega \mid \omega_i \cap \pi(\mathfrak{X}) \neq \emptyset\}$ . Функции

$$f: \sigma_\omega \cup \{\sigma_\omega'\} \rightarrow \{\text{формации}\}, \text{ где } f(\sigma_\omega') \neq \emptyset,$$

$$\gamma: \sigma_\omega \rightarrow \{\text{непустые формации Фиттинга}\}, \text{ где } \mathfrak{G}_{\omega_i} \subseteq \gamma(\omega_i)$$

для любого  $\omega_i \in \sigma_\omega$ , называются соответственно  $\sigma_\omega F$ -функцией и  $\sigma_\omega FR$ -функцией [5, с. 234]. Отметим, что через  $\mathfrak{G}_{\omega_i}$  обозначается класс всех  $\omega_i'$ -групп, т.е. таких групп, порядки которых не делятся на простые числа из  $\omega_i$ .

**Формация**

$$\mathfrak{F} = \left( G \in \mathfrak{G} \mid G/O_\omega(G) \in f(\sigma_\omega') \text{ и } G/G_{\gamma(\omega_i)} \in f(\omega_i) \text{ для любого } \omega_i \in \sigma_\omega(G) \right),$$

где  $G_{\gamma(\omega_i)}$  — наибольшая нормальная подгруппа группы  $G$ , принадлежащая классу  $\gamma(\omega_i)$ , называется  $\sigma_\omega$ -веерной формацией с направлением  $\gamma$  и  $\sigma_\omega$ -спутником  $f$  и обозначается  $\mathfrak{F} = \sigma_\omega F(f, \gamma)$  ([5], с. 235).  $\sigma_\omega$ -Веерную формацию с направлением  $\gamma$  будем также называть  $\sigma_\omega\gamma$ -веерной формацией.

Непустая совокупность формаций  $\Theta$  называется полной решеткой формаций, если пересечение любой совокупности формаций из  $\Theta$  снова принадлежит  $\Theta$  и в  $\Theta$  имеется такая формация  $\mathfrak{F}$ , что  $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$  для всех формаций  $\mathfrak{M} \in \Theta$  [4, с. 12].

Пусть  $\Theta$  — полная решетка формаций. Формация  $\mathfrak{F}$  называется

$\Theta$ -формацией, если  $\mathfrak{F} \in \Theta$ . Для множества групп  $\mathfrak{X}$  через  $\Theta\text{form}\mathfrak{X}$  обозначается пересечение всех  $\Theta$ -формаций, содержащих  $\mathfrak{X}$ . Формация  $\Theta\text{form}\mathfrak{X}$  называется  $\Theta$ -формацией, порожденной множеством  $\mathfrak{X}$ . В частности,  $\mathfrak{sform}\mathfrak{X}$  — наследственная формация, порожденная множеством  $\mathfrak{X}$ . Формация  $\Theta\text{form}\mathfrak{X}$  называется однопорожденной  $\Theta$ -формацией, если  $\mathfrak{X} = \{G\}$  для некоторой группы  $G$ ; при этом используется запись  $\Theta\text{form}G$  или  $\Theta\text{form}(G)$  [4, с. 13].

Пусть  $\gamma$  —  $\sigma_\omega FR$ -функция,  $\theta$  — полная решетка формаций. Тогда  $\sigma_\omega\gamma F_\theta$  — множество всех  $\sigma_\omega\gamma$ -веерных формаций, обладающих хотя бы одним  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником, т.е. таким  $\sigma_\omega$ -спутником, все непустые значения которого принадлежат  $\theta$ . В дальнейшем, через  $\sigma_\omega F_\theta(\mathfrak{X}, \gamma)$  обозначается пересечение всех формаций из множества  $\sigma_\omega\gamma F_\theta$ , содержащих  $\mathfrak{X}$ .

В дальнейшем используется следующий известный результат.

**Лемма 1** ([6], лемма 8.8). Пусть  $A$  — конечная группа. Тогда в формации  $\mathfrak{sform}A$  содержится лишь конечное множество наследственных подформаций.

**Теорема 1.** Пусть  $\gamma$  —  $\sigma_\omega FR$ -функция,  $\theta$  — полная решетка формаций, удовлетворяющая условию  $\mathfrak{G} \in \theta$ ;  $\mathfrak{X}$  — непустой класс групп,  $\mathfrak{F} = \sigma_\omega F_\theta(\mathfrak{X}, \gamma)$ . Тогда формация  $\mathfrak{F}$  обладает единственным минимальным  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником  $f$  таким, что

$$\begin{aligned} f(\sigma_\omega') &= \theta\text{form}(G/O_\omega(G) \mid G \in \mathfrak{X}); \\ f(\omega_i) &= \theta\text{form}(G/G_{\gamma(\omega_i)} \mid G \in \mathfrak{X}) \text{ для любого } \omega_i \in \sigma_\omega(\mathfrak{X}); \\ f(\omega_j) &= \emptyset, \text{ если } \omega_j \in \sigma_\omega \setminus \sigma_\omega(\mathfrak{X}). \end{aligned}$$

*Доказательство.* Согласно замечанию 3 [5], формация  $\mathfrak{G}$  является

$\sigma_\omega$ -веерной с направлением  $\gamma$  и  $\sigma_\omega$ -спутником  $g$ , имеющим следующее строение:  $g(\sigma_\omega') = \mathfrak{G}$  и  $g(\omega_i) = \mathfrak{G}$  для любого  $\omega_i \in \sigma_\omega$ . Так как по условию  $\mathfrak{G} \in \theta$ , то  $g$  является  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником формации  $\mathfrak{G}$ . Следовательно,  $\mathfrak{G}$  —  $\sigma_\omega$ -веерная формация с направлением  $\gamma$  и  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником, содержащая  $\mathfrak{X}$ . Поэтому формация  $\mathfrak{F} = \sigma_\omega F_\theta(\mathfrak{X}, \gamma)$  существует. Пусть  $\{f_j \mid j \in J\}$  — совокупность всех  $\theta$ -значных  $\sigma_\omega$ -спутников формации  $\mathfrak{F}$  и  $m = \bigcap_{j \in J} f_j$ . Ввиду леммы 3 (3) [5],  $m$  является  $\sigma_\omega$ -спутником формации  $\mathfrak{F}$ . Так как  $f_j$  —  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник формации  $\mathfrak{F}$  для любого  $j \in J$ , то все непустые значения функции  $m$  принадлежат  $\theta$ . Следовательно,  $m \in \{f_j \mid j \in J\}$ . Так как  $m$  — наименьший элемент множества  $\{f_j \mid j \in J\}$ , то  $m$  — единственный минимальный  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник формации  $\mathfrak{F}$ .

Пусть  $f$  —  $\sigma_\omega F$ -функция, описанная в заключении теоремы. Покажем, что  $m = f$ . Пусть  $\sigma_\omega F(f, \gamma) := \mathfrak{H}$ . Установим, что  $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{H}$ . Предварительно проверим, что  $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{H}$ . Действительно, пусть  $X \in \mathfrak{X}$ . С учетом строения функции  $f$ , имеем  $X/O_\omega(X) \in f(\sigma_\omega')$  и  $X/G_{\gamma(\omega_i)} \in f(\omega_i)$  для любого  $\omega_i \in \sigma_\omega(X)$ . Это означает, что  $X \in \mathfrak{H}$  и поэтому  $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{H}$ . Из строения функции  $f$  следует, что  $f$  является  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником формации  $\mathfrak{H}$ . Таким образом,  $\mathfrak{H}$  —  $\sigma_\omega$ -веерная формация с направлением  $\gamma$  и  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником, содержащая  $\mathfrak{X}$ . Поскольку  $\mathfrak{F}$  — наименьшая формация с перечисленными свойствами, то  $\mathfrak{F} = \sigma_\omega F_\theta(\mathfrak{X}, \gamma) \subseteq \mathfrak{H}$ .

Проверим, что  $f \leq m$ . Пусть  $\omega_i \in \sigma_\omega(\mathfrak{X})$ . Тогда найдется такая группа  $Y \in \mathfrak{X}$ , что  $\omega_i \in \sigma_\omega(Y)$ . Из  $Y \in \mathfrak{F}$  по определению  $\sigma_\omega$ -веерной формации имеем  $Y/Y_{\gamma(\omega_i)} \in m(\omega_i)$  и, значит,  $m(\omega_i) \neq \emptyset$ . Пусть  $G \in \mathfrak{X}$ . Если  $\omega_i \in \sigma_\omega(G)$ , то  $G/G_{\gamma(\omega_i)} \in m(\omega_i)$ . Если  $\omega_i \in \sigma_\omega(\mathfrak{X}) \setminus \sigma_\omega(G)$ , то, с учетом определения функции  $\gamma$ , справедливо  $G \in \mathfrak{G}_{\omega_i} \subseteq \gamma(\omega_i)$  и поэтому  $G/G_{\gamma(\omega_i)} = 1 \in m(\omega_i)$ . Следовательно,  $f(\omega_i) = \text{form}(G/G_{\gamma(\omega_i)} \mid G \in \mathfrak{X}) \subseteq m(\omega_i)$  для всех  $\omega_i \in \sigma_\omega(\mathfrak{X})$ . Далее, для любого  $\omega_i \in \sigma_\omega \setminus \pi(\mathfrak{X})$  справедливо  $f(\omega_i) = \emptyset \subseteq m(\omega_i)$ , и из  $\mathfrak{X} \subseteq \mathfrak{F}$  следует что  $f(\sigma_\omega') = \text{form}(G/O_\omega(G) \mid G \in \mathfrak{X}) \subseteq m(\sigma_\omega')$ . Таким образом,  $f \leq m$ . Это, согласно определению  $\sigma_\omega$ -веерной формации, означает, что  $\mathfrak{H} \subseteq \mathfrak{F}$ . Тем самым установлено равенство  $\mathfrak{F} = \mathfrak{H}$  и поэтому  $f \in \{f_j \mid j \in J\}$ . Поскольку  $m$  — минимальный  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник формации  $\mathfrak{F}$  и  $f \leq m$ , то  $m = f$ . Теорема доказана.

**Следствие 1.** Пусть  $f_i$  — минимальный  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник формации  $\mathfrak{F}_i \in \sigma_\omega\gamma F_\theta, i = 1, 2$ . Тогда  $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{F}_2$  в том и только том случае, когда  $f_1 \leq f_2$ .

*Доказательство.* Пусть  $f_1 \leq f_2$  и  $G \in \mathfrak{F}_1$ . Тогда  $G/O_\omega(G) \in f_1(\sigma_\omega') \subseteq f_2(\sigma_\omega')$  и для любого  $\omega_i \in \sigma_\omega(G)$  справедливо  $G/G_{\gamma(\omega_i)} \in f_1(\omega_i) \subseteq f_2(\omega_i)$ . Следовательно,  $G \in \mathfrak{F}_2$  и поэтому  $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{F}_2$ .

Пусть  $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{F}_2$ . Проверим, что  $f_1 \leq f_2$ . Действительно, поскольку  $\mathfrak{F}_1 = \sigma_\omega F_\theta(\mathfrak{F}_1, \gamma)$  и  $\mathfrak{F}_2 = \sigma_\omega F_\theta(\mathfrak{F}_2, \gamma)$ , то по теореме 1

$f_1(\sigma_\omega') = \theta\text{form}(G/O_\omega(G) \mid G \in \mathfrak{F}_1) \subseteq \theta\text{form}(G/O_\omega(G) \mid G \in \mathfrak{F}_2) = f_2(\sigma_\omega')$ . Пусть  $\omega_i \in \sigma_\omega(\mathfrak{F}_1)$ . Тогда  $\omega_i \in \sigma_\omega(\mathfrak{F}_2)$  и по теореме 1

$f_1(\omega_i) = \theta\text{form}(G/G_{\gamma(\omega_i)} \mid G \in \mathfrak{F}_1) \subseteq \theta\text{form}(G/G_{\gamma(\omega_i)} \mid G \in \mathfrak{F}_2) = f_2(\omega_i)$ . Если  $\omega_i \in \sigma_\omega \setminus \sigma_\omega(\mathfrak{F}_1)$ , то по теореме 1  $f_1(\omega_i) = \emptyset \subseteq f_2(\omega_i)$ . Таким образом,  $f_1 \leq f_2$ . Следствие доказано.

**Замечание 1.** Пусть  $\theta$  — полная решетка формаций и  $\gamma$  —  $\sigma_\omega FR$ -функция. Из доказательства теоремы 1 следует, что  $\mathfrak{G} \in \sigma_\omega\gamma F_\theta$  и пересечение любой совокупности формаций из  $\sigma_\omega\gamma F_\theta$  также принадлежит  $\sigma_\omega\gamma F_\theta$ . Поэтому  $\sigma_\omega\gamma F_\theta$  является полной решеткой.



**Теорема 2.** Пусть  $\theta$  — совокупность всех наследственных формаций. Тогда в однопорожденной  $\sigma_\omega$ -веерной формации с направлением  $\gamma$  содержится конечное множество  $\sigma_\omega$ -веерных подформаций с направлением  $\gamma$ , обладающих  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником.

*Доказательство.* Пусть  $\mathfrak{F}$  — однопорожденная  $\sigma_\omega$ -веерная формация с направлением  $\gamma$ . Тогда найдется такая группа  $G$ , что  $\mathfrak{F} = \sigma_\omega F(G, \gamma)$ . Пусть  $\mathfrak{M} := \sigma_\omega F_\theta(G, \gamma)$ . Поскольку  $\mathfrak{F}$  — наименьшая  $\sigma_\omega$ -веерная формация с направлением  $\gamma$ , содержащая группу  $G$ , то имеет место включение  $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{M}$ .

Пусть  $m$  — минимальный  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник формации  $\mathfrak{M}$ . Согласно теореме 1,  $m$  имеет следующее строение:  $m(\sigma_\omega') = \text{sform}(G/O_\omega(G))$ ,  $m(p) = \text{sform}(G/G_{\gamma(\omega_i)})$  для любого  $\omega_i \in \sigma_\omega(G)$  и  $m(\omega_j) = \emptyset$  для любого  $\omega_j \in \sigma_\omega \setminus \sigma_\omega(G)$ . Тогда по лемме 1 каждое непустое значение функции  $m$  содержит конечное множество  $\theta$ -подформаций. Это означает, что существует конечное множество  $\theta$ -значных  $\sigma_\omega F$ -функций  $t$ , удовлетворяющих условию  $t \leq m$  (а).

Пусть  $H := \{\mathfrak{H}_i, i \in I\}$  — совокупность всех  $\sigma_\omega$ -веерных подформаций с направлением  $\gamma$  из  $\mathfrak{F}$ , обладающих  $\theta$ -значным  $\sigma_\omega$ -спутником, и  $h_i$  — минимальный  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник формации  $\mathfrak{H}_i, i \in I$ . Так как  $\mathfrak{F} \subseteq \mathfrak{M}$ , то  $\mathfrak{H}_i \subseteq \mathfrak{M}$  и по следствию 1 получаем  $h_i \leq m, i \in I$ . Ввиду утверждения (а), множество  $I$  является конечным. Следовательно, в формации  $\mathfrak{F}$  содержится конечное множество  $\sigma_\omega$ -веерных подформаций с направлением  $\gamma$ , имеющих  $\theta$ -значный  $\sigma_\omega$ -спутник. Теорема доказана.

#### Литература:

1. Ведерников, В. А.  $\omega$ -Веерные формации и классы Фиттинга конечных / В. А. Ведерников, М. М. Сорокина. — Текст : непосредственный // Математические заметки. — 2002. — Т. 71, № 1. — С. 43-60.
2. Максаков, С. П. Об алгебраичности решеток  $\omega$ -веерных формаций конечных групп / С. П. Максаков, М. М. Сорокина. — Текст : непосредственный // Дискретная математика. — 2022. — Т. 34, № 1. — С. 23-35.
3. Монахов, В. С. Введение в теорию конечных групп и их классов / В. С. Монахов. — Минск : Вышэйшая школа, 2006. — 207 с. — Текст : непосредственный.
4. Скиба, А. Н. Алгебра формаций / А. Н. Скиба. — Минск : Беларуская навука, 1997. — 240 с. — Текст : непосредственный.
5. Сорокина, М. М.  $\bar{\omega}$ -Веерные формации конечных групп / М. М. Сорокина, А. А. Горепекина. — Текст : непосредственный // Чебышевский сборник. — 2021. — Т. 22, № 3. — С. 232-244.
6. Шеметков, Л. А. Формации алгебраических систем / Л. А. Шеметков, А. Н. Скиба. — Москва : Наука, 1989. — 252 с. — Текст : непосредственный.
7. Doerk, K. Finite Soluble Groups / K. Doerk, T. Hawkes. — Berlin — New York : Walter de Gruyter, 1992. — 891 p. — Текст : непосредственный.
8. Skiba, A. N. On  $\sigma$ -properties of finite groups III / A. N. Skiba. — Текст : непосредственный // Problems of Physics, Mathematics and Technics. — 2016. — № 1 (26). — P. 52-62.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Оценка параметров безопасности вагона с точки зрения возможности потери пружин рессорного комплекта

Александров Егор Михайлович, аспирант  
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

**В**ведение. Безопасность перевозок грузов является главным приоритетом в России. Особое внимание следует уделить такой важной части ходовых частей вагона, как рессорный комплект, а именно двухрядные пружины. В данной статье также будет исследовано устройство пружин, которые входят в рессорное оборудование, а конкретно изменение их высот для улучшения безопасности работы вагонов с различными грузами.

В данной статье были использованы научные приемы и методы такие как — анализ и сравнения. Для написания статьи использованы следующие источники данных: учебное пособие за авторством Котуранова В. Н. и Козлова М. П. Технологическая последовательность экспертных оценок рабочих качеств универсального грузового вагона.

Для упруго-фрикционной связи, которая имеет место в тележках, коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики определяются по формулам:

$$K_{ДВ} = \frac{f_{Д}}{f_{СТ}} \cdot (1 + \varphi) + \varphi; \quad (1)$$

$$K_{ДГ} = \frac{C_{\Sigma Г} \cdot Y_0}{C_{\Sigma В} \cdot f_{СТ}} + \varphi; \quad (2)$$

где  $f_{Д}$  — амплитуда вертикальных колебаний кузова, м;

$f_{СТ}$  — статический прогиб рессор тележки, м;

$\varphi$  — коэффициент относительного трения,  $\varphi = 0,08 \pm 0,1$ ;

$C_{\Sigma Г}$  — суммарная горизонтальная жесткость рессорного подвешивания тележки, Н/м;

$C_{\Sigma В}$  — суммарная вертикальная жесткость рессорного подвешивания тележки, Н/м;

$Y_0$  — амплитуда горизонтальных колебаний кузова вагона, м.

Суммарная вертикальная жесткость рессорного подвешивания вычисляется по формуле:

$$C_{\Sigma В} = n_{пр} \cdot c_{в}, \quad (3)$$

где  $n_{пр}$  — количество двухрядных пружин в рессорном подвешивании всего вагона;

$c_{в}$  — вертикальная жесткость одной двухрядной пружины в подвешивании грузового вагона,  $5,7 \cdot 10^5$  Н/м;

Количество пружин, которые устанавливаются под вагоном, можно определить из условия сохранения постоянной величины статического прогиба рессорного комплекта под грузом вагоном  $f_{СТ} = 0,05$  м, тогда  $n_{пр}$  равно:

$$n_{пр} = \frac{m_{об} \cdot g}{f_{СТ} \cdot c_{в}},$$

$$m_{об} = T + P_{в.л.} - n_m \cdot m_T + n_m \cdot m_{ноб}.$$

$$m_{об} = 22000 + 2 \cdot 5000 + 2 \cdot 462 = 33848 \text{ кг.}$$

$$m_{ноб} - \text{масса наддресорной балки, } m_{ноб} = 462 \text{ кг.}$$

$$g - \text{ускорение свободного падения, } g = 9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2};$$

$$m_T - \text{масса тележки, т; } m_T = 5000 \text{ кг.}$$

$n_T$  — количество тележек вагона (для рассматриваемого примера  $n_T = 2$ ).

Зная эти исходные данные, определим потребное количество двухрядных пружин:

$$n_{пр} = \frac{84924 \cdot 9,81}{0,05 \cdot 5,7 \cdot 10^5} = 29 \text{ шт.}$$

Следует отметить, что невозможно формирование рессорных комплектов с различным количеством пружин в них. Значит нужно скорректировать число пружин под вагоном кратно количеству рессорных комплектов.

Так как рассматриваемый вагон имеет две тележки, каждая из которых включает в себя два рессорных комплекта, то количество пружин должно быть кратно четырем. Определим число пружин в одном рессорном комплекте:

$$n_{пр.к} = \frac{29}{4} = 7,25 \approx 7 \text{ шт.}$$

$$\text{Тогда } n_{пр} = 7 \cdot 4 = 28 \text{ шт.}$$

Суммарная вертикальная жесткость рессорного комплекта, по формуле (4.3) будет равна:

$$C_{\Sigma В} = 28 \cdot 5,7 \cdot 10^5 = 15,96 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

а скорректированный статический прогиб рессор под вагоном можно будет определить, как:

$$f_{CT} = \frac{m_{об} \cdot g}{C_{\Sigma B}} = \frac{33848 \cdot 9,81}{15,96 \cdot 10^6} = 0,0208 \text{ м.}$$

Суммарная горизонтальная жесткость рессорного подвешивания тележки определяется с помощью выражения:

$$C_{\Sigma \Gamma} = n_{np} \cdot c_2, \quad (4)$$

где  $c_2$  – горизонтальная жесткость одной двухрядной пружины,  $c_2 = 6,135 \cdot 10^5$  Н/м.

$$C_{\Sigma \Gamma} = 28 \cdot 6,135 \cdot 10^5 = 17,178 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Амплитуда вертикальных колебаний подпрыгивания кузова, для случая условного приведения сухого трения к вязкому, определяется формулой:

$$f_d = \eta_0 \cdot \frac{\sqrt{1 + 4\gamma^2 \cdot \frac{\omega_B^2}{\omega_C^2}}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_B^2}{\omega_C^2}\right)^2 + 4\gamma^2 \cdot \frac{\omega_B^2}{\omega_C^2}}}, \quad (5)$$

где  $\eta_0$  – амплитуда возмущающего воздействия (величина вертикальных неровностей пути),  $\eta_0 = 0,01$  м;

$\gamma$  – показатель демпфирования;

$\omega_B$  – частота воздействия возмущающей силы,  $\text{с}^{-1}$ .

$$\omega_B = \frac{2\pi v}{L_p}, \quad (6)$$

где  $v$  – конструкционная скорость движения вагона, в данном случае примем  $v = 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 33,3 \text{ м/с}$ ;

$L_p$  – длина рельсового звена,  $L_p = 25 \text{ м}$ .

$$\omega_B = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 33,3}{25} = 8,365 \text{ с}^{-1},$$

$\omega_C^2$  – квадрат собственной частоты обрессоренной массы вагона:

$$\omega_C^2 = \frac{C_{\Sigma B}}{m_{об}}, \quad (7)$$

$$\omega_C^2 = \frac{15,96 \cdot 10^6}{84924} = 187,9 \text{ с}^{-2};$$

Показатель демпфирования вычисляется по формуле:

$$\gamma = \frac{\beta_{эkv}}{\beta_{kp}}, \quad (8)$$

где  $\beta_{эkv}$  – эквивалентное значение коэффициента вязкого трения;

$\beta_{kp}$  – критическая величина коэффициента сопротивления демпферов.

$$\beta_{эkv} = \frac{4\varphi m_{об} \cdot g}{\pi \cdot \omega_B \cdot \eta_0}, \quad (9)$$

$$\beta_{эkv} = \frac{4 \cdot 0,08 \cdot 33848 \cdot 9,81}{3,14 \cdot 8,365 \cdot 0,01} = 0,4045 \cdot 10^6 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}};$$

$$\beta_{kp} = 2\sqrt{C_{\Sigma B} \cdot m_{об}};$$

$$\beta_{kp} = 2\sqrt{15,96 \cdot 10^6 \cdot 33848} = 1,470 \cdot 10^6 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}.$$

Тогда по формуле (8) значение показателя демпфирования для груженого вагона будет равным:

$$\gamma = \frac{0,4045 \cdot 10^6}{1,470 \cdot 10^6} = 0,275$$

Имея необходимые данные, определяют значения амплитуды вертикальных колебаний кузова груженого вагона по формуле (5):

$$f_d^{np} = 0,01 \cdot \frac{\sqrt{1 + 4 \cdot 0,275^2 \cdot \frac{8,365^2}{187,9}}}{\sqrt{\left(1 - \frac{8,365^2}{187,9}\right)^2 + 4 \cdot 0,275^2 \cdot \frac{8,365^2}{187,9}}} = 0,0148 \text{ м}$$

Пружина под статической нагрузкой прогнулась на:

Величина статического прогиба  $f_{cm} = 0,0208 \text{ м}$

Величина динамического прогиба  $f_d = 0,0148 \text{ м}$

Итоговая разность  $0,0208 - 0,0148 = 0,006 \text{ м}$

При разности пружин в рессорном комплекте 6 мм, если вагон порожний, то одна или несколько пружин будут безгружены в процессе колебаний. Так как они будут безгружены, то есть в свободном состоянии, пружины удерживают бурты, расположенные на нижней обвязке боковой рамы и в нижней части наддресорной балки.

Высота бурта у тележек мод. 18 – 100:  $h_b = 20 + 2 - 1 \text{ мм}$

Высота бурта у тележек мод. 18 – 9891:  $h_b = 15 \text{ мм}$

Соответственно, для потери пружин из рессорного комплекта, разность высот этих пружин, формирующих комплект, должна составить 15+6 мм или 19+6 мм (в зависимости от варианта конструкции ходовых частей).

**Вывод:** превышение допустимой разницы высот пружин (5 мм) не приведет к потере их при колебаниях в соответствии с нормальными режимами движения.

Литература:

1. Котуранов В. Н., Козлов М. П. Технологическая последовательность экспертных оценок рабочих качеств универсального грузового вагона: Учебное пособие. — М.: МИИТ, 2013. — 147 с

2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 (несамоходных).— М.: ГосНИИВ — ВНИИЖТ, 1996, 317 с.

## Анализ эффективности применения модуля коррекции GPS

Анисимов Александр Владимирович, студент магистратуры

Арзамасский политехнический институт Нижегородского государственного политехнического университета имени Р. Е. Алексеева

*В статье рассмотрен алгоритм повышения достоверности определения координат в системе с GPS-приемником. Описан вариант упрощения и произведена формализация задачи, использован алгоритм Калмана для обработки фактических данных.*

**Ключевые слова:** навигация, ошибка измерения, фильтрация Калмана, координата.

С целью проверки эффективности разработанного алгоритма повышения достоверности произведена обработка пакетов данных с GPS-модуля дальномерного канала. В состав модуля входит разработанный модуль. Он позволяет получать комплексированный сигнал с двух спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС.

Обработанные показания представлены в виде протокола NMEA. Данный вид протокола является универсальным и используется в большинстве радиоканалов морской навигации. Это основной протокол обмена между GPS-модулем и приемным устройством. Протокол текстовой передачи ASCII.

В конечной строке пакета указана контрольная сумма пакета данных, которые начинаются после знака. Величина контрольной суммы определяется 8ми битным выражением.

По рисункам 1 и 2 видно, что оттитрованный тренд имеет значительно меньше пиков и более гладкий по сравнению с обычным пакетом данных. Это свидетельствует о том, что параметр «сигнал/шум» увеличивается и достоверность повышается.

Для оценки достоверности определим математическое ожидание  $a$ ,  $m$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ ,  $m$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(a_1 - a)^2 + (a_2 - a)^2 + \dots + (a_n - a)^2}{n}}, \quad (1)$$

$$a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}, \quad (2)$$

где  $a_n$  — координата на  $n$ -ом шаге измерения,  $m$ ;  
 $n$  — количество измерений.

При анализе двух графиков, видно, что координата, определенная без разработанного модуля хуже, чем с ним. Это объясняется тем, что объясняется тем, что модуль применяет комплексированию систему оценку параметров GPS/ГЛОНАСС.

Общим недостатком любого дальномерного радиоканала — неустойчивый прием данных по каналу связи: полное отсутствие сигнала или появление значительных задержек при приеме. Например, сложно или практически невозможно определить точные координаты в местах с неустойчивым электромагнитным полем или при наличии искусственного зашумления. Недостатком использования позиционирования только по спутникам является его дециметровый диапазон и с невоз-

можностью обеспечения устойчивого приема на всей траектории движения.

Еще одним фактором, который резко ухудшает низкие орбиты спутников. Начиная с 55 серьезно падает уровень сигнала от спутника. Спутники системы GPS находятся на низких орбитах, это сделано для снижения точности навигации гражданских объектов и невозможности использовании их сигнала для точной навигации.

Новые системы комплексирования сигналов GPS/ГЛОНАСС позволяют повысить точность определения координат за счет использования сигнала с отечественных спутников.

Дальномерный канал радиопередатчика с применением GPS-модуля для определения координат позволяет получать точность непрерывного определения координаты на уровне 2–4 метров при использовании дополнительного сигнала с 10 спутников. Погрешность системы позиционирования ГЛОНАСС составляет 6–8 метров при использовании 10 спутников. Погрешность определения координаты классическим способом, без использования GPS-модуля составляет порядка 15–30 метров со значительными задержками в линии.

При таком построении канал радиосвязи необходим устойчивый сигнал от GPS-модуля, поэтому данный вид передатчиков резервируют. В таком случае происходит увеличение достоверности определения координат по средствам разработанного алгоритма. Суммарная погрешность определения координаты не превышает 1,5–2 метров.

Экспериментальная оценка помехозащищенности GPS-канала дальномерной системы осуществляется с применением фазоманипулированные импульсов.

В нашем случае для оценки используем сигнал одной частоты, значение которой близко к несущей. Такое сочетание несущей и помехи позволят получить эффект биения в измерительном тракте. В таком случае меняется картина общего сигнала, что делает невозможным прием сигнала.

В результате между несущей сигнала и помехой возникают биения, что приводит к искажениям суммарного сигнала, делающего невозможным его прием коррелятором.

График фазоманипулированного сигнала (рисунок 3) — это синусоида с разверткой по времени. Она меняет свою фазу на противоположную в определенные (заданные) моменты времени.

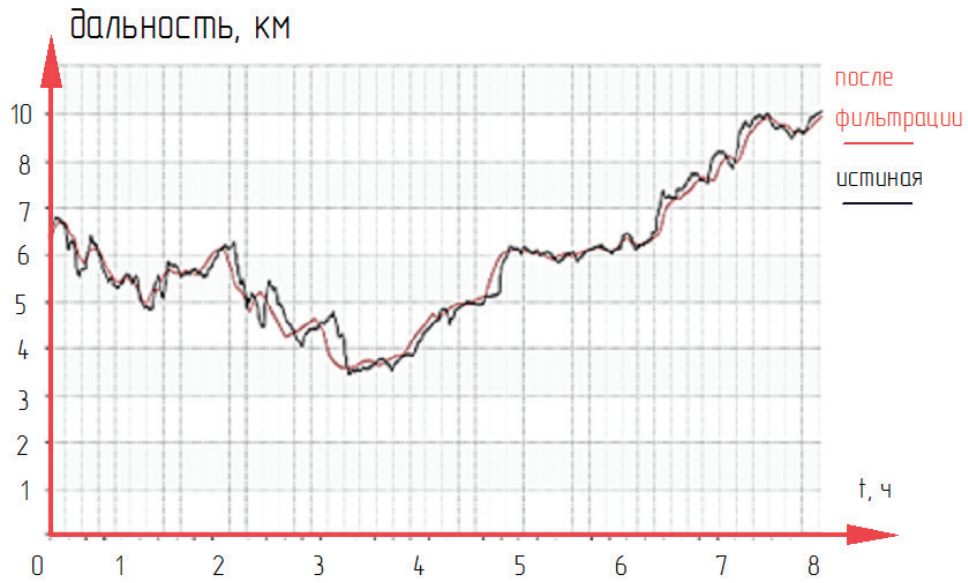


Рис. 1. Данные модуля по отношению к истинной координате

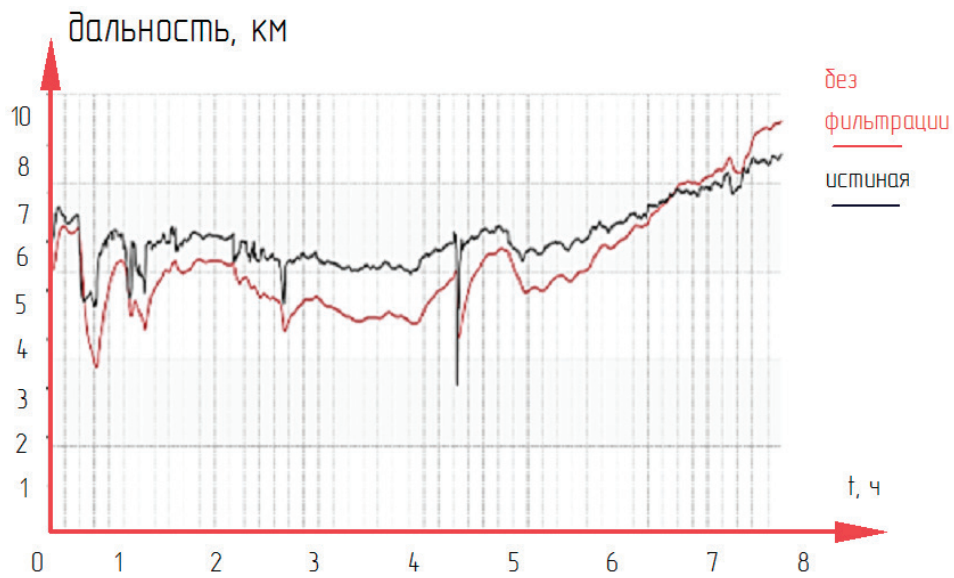


Рис. 2. Данные без модуля по отношению к истинной координате

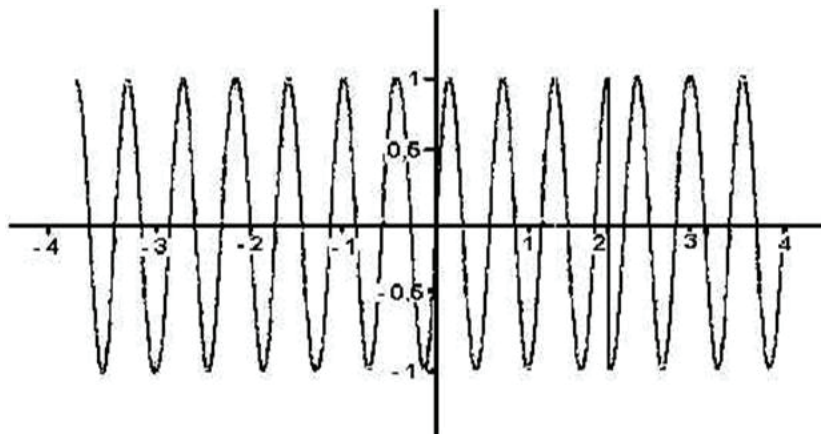


Рис. 3. Фазоманипулированный сигнал

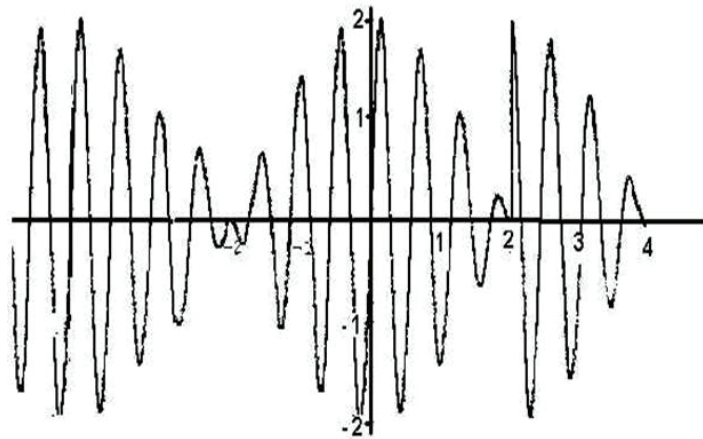


Рис. 4. Помеха и несущий сигнал

Суперпозиция помехи и основного сигнала показана на рисунке 4.

В таком случае происходит искажение несущей  $B$  — данная помеха является наиболее неблагоприятной. Математически ее можно описать следующим выражением

$$B = A \sin \omega t + A \sin (\omega + D\omega)t = 2A \cos (D\omega / 2) t \cos (\omega + D\omega / 2) t, \quad (3)$$

где  $\omega$  — частота несущего сигнала, Гц;

$D\omega$  — частота помехи (частота расстроенного несущего сигнала), Гц.

Полоса пропускания по входу приемника из теории передачи сигнала не должна быть меньше величины обратной времени посылы минимального пакета данных основного сигнала ( $t$ ). Чем шире полоса входного устройства, тем выше точность системы позиционирования. Если в полосу пропускания входит помеха, то между ней и несущим сигналом возникает явление биения частот между несущей и частотой помехи. В результате такой суперпозиции возникает новый сигнал со значительными искажениями, на выходе приемника информационная составляющая пакета будет значительно снижена.

Рассмотрим методику проведения эксперимента.

В качестве объекта использовался летательный аппарат с установленным GPS-модулем. Приемная антенна установлена на высоте 20 м над поверхностью. Для создания описанной выше помехи использован ВЧ-генератор Г4–85. Дальность замера сигнала была небольшой — порядка 2500 м. Для индикации использовалась IBM PC со служебным приложением.

Результаты эксперимента:

- при мощности генератора 0,001 Вт и  $-12$ дБ в интервале частот 1570–1580 МГц дальномерный радиоканал не переходит в режим измерения координаты по GPS-модулю, т.к. не может определить спутники (рисунок 5);
- при аналогичном замере траектории без воздействия помехи дальномерный радиоканал работал по сигналу от 5 спутников (рисунок 6);
- при конфигурации источника помехи на интервал  $-1576$  МГц наблюдалась неустойчивая работа дальномерного канала в режиме GPS, из-за неустойчивого приемного сигнала о спутниках;
- изменение положения источника помехи в область отрицательных углов обзора не влияет на качество работы канала.

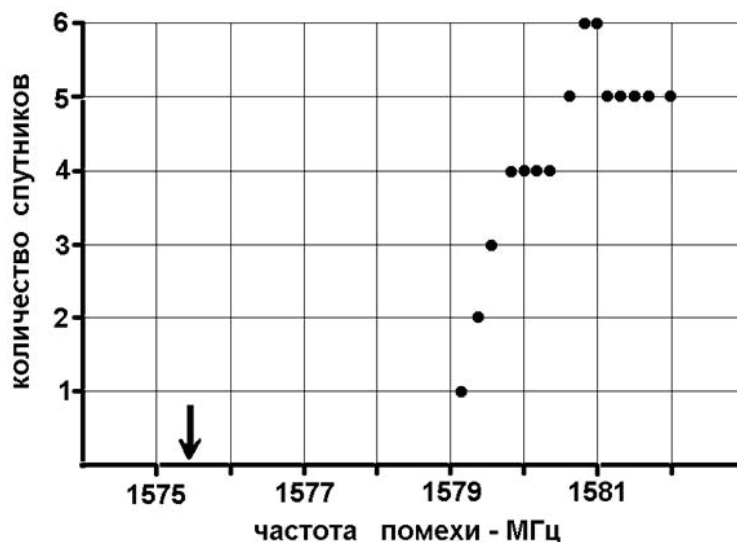


Рис. 5. Количество видимых спутников при различной частоте помехи

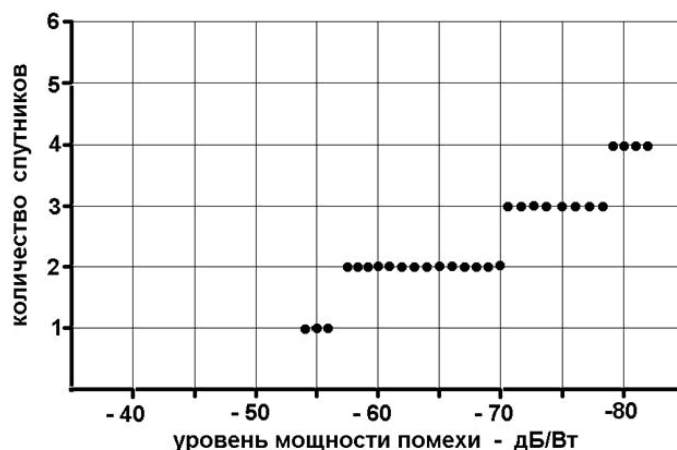


Рис. 6. Количество спутников при различном уровне мощности помехи

Литература:

1. Першин Д. Ю. Определение высокой точности для одночастотных приемников спутниковой навигации с использованием инерциальных датчиков [текст]/ Д. Ю. Першин, — Санкт-петербург: Институт систем информатики СО РАН, 2014. — 417 с.
2. Щербаков А. С. Определение местоположения высокой точности для одночастотных приёмников ГЛОНАСС/GPS [текст]/ А. С. Щербак — Новосибирск: Новосибирский государственный университет, МНСК-2009.— 154 с.
3. Ивлев Д. В. Теория построения дальномерных каналов радиосвязи [текст]/ Д. В. Ивлев — Москва: Московский авиационный институт — 2012.— 325 с.

## Анализ режимов зарядки для электромобилей и электротранспорта

Бабулин Иван Валерьевич, студент магистратуры;

Насибуллин Рамиль Тахирович, кандидат технических наук, доцент

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета (Республика Татарстан)

*Целью данной работы является анализ существующих режимов зарядки для электромобилей и электротранспорта. Рассмотрены основные режимы зарядки, которые отличаются между собой как по электрическим, так и по временным показателям. Так же рассмотрен основной функционал, входящий в состав каждого режима зарядки.*

**Ключевые слова:** зарядное устройство, режим зарядки, постоянный ток, переменный ток.

Электромобиль — автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от независимого источника электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов, конденсаторов и т.п.), а не двигателем внутреннего сгорания [1].

В связи с расширением применения электромобилей, возникает вопрос в необходимости обеспечения данного вида транспорта электроэнергией. Осознавая, что электромобиль, в первую очередь, является средством передвижения, перед энергетиками стоит задача в обеспечении комфортных и практических режимов подачи электроэнергии.

### Основная часть

Расширение модельного ряда, разнообразие функционала и предназначения электромобилей и электротранспорта, при-

вели к необходимости обеспечения их определенными режимами зарядки. В следствии чего, согласно ГОСТ IEC62196, реализованы следующие режимы зарядки: Mode 1, Mode 2, Mode 3, Mode 4 [2].

Режим 1. Режим работы, в первую очередь, можно отнести к домашнему режиму работы. Это связано с тем, что зарядка в данном режиме осуществляется при помощи удлинителя от стандартной бытовой розетки. Данный способ зарядки применим предпочтительно для маломощных электромобилей и электротранспорта. Это связано во многом с малыми показателями зарядного переменного тока, максимальные значения которого достигают лишь 16 ампер. Так же одним из недостатков данного режима зарядки является отсутствие информационной связи с автомобилем и систем безопасности, что может привести к не диагностируемому ударному току. Необходимо отметить, что основной причиной, по которой данный

режим не эксплуатируется для обеспечения полного заряда электротранспорта, является высокое значение времени заряда. При данном режиме процесс полной зарядки достигается по истечении 40–60 часов, что является не практичным показателем, для повседневного вида транспорта [3].

Режим 2. Данный режим работы так же предполагает собой процесс зарядки электромобиля от бытовой розетки, но в данном случае, в состав зарядного кабеля встроено защитное устройство, предназначенное для предотвращения от ударов переменного и постоянного тока. Данный кабель поставляется в комплекте с электрифицированным транспортным средством. Данный режим является самым распространенным режимом подзарядки на сегодняшний день. Защитное устройство у данного кабеля имеет функции регулирования мощности и контроля параметров безопасности. Потребительская востребованность в данном режиме зарядки, по сравнению с предыдущим режимом, обусловлена в улучшенных токовых характеристиках. Ток зарядки в данном режиме достигает значений до 32 ампер, что тем самым уменьшает время зарядки в 2 раза.

Режим 3. Зарядка при данном режиме предполагает использование в качестве источника тока специализированную не габаритную зарядную станцию напольного, либо настенного вида. Питание в данном режиме может обеспечиваться как 1-фазным, так и 3-фазным током. В состав кабеля при данном режиме заряда включен тот же защитный функционал, что и в режиме Mode 2, но входит он уже в состав самой зарядной станции. Так же, отличительной особенностью является функция «контролируемой» зарядки. Заряд поступает на электромобиль только тогда, когда контролирующая аппаратура определит оптимальное значение тока заряда. Так же данная функция обеспечивает контроль за основными показателями на всем протяжении процесса заряда. Зарядная станция в данном режиме работы может обеспечивать процесс зарядки трехфазным током до 63 ампер, что в свою очередь уменьшает время на обеспечение полной зарядки в 2 раза и достигает значений 4–8 часов. В связи с подобными показателями, данный режим уже имеет место для использования в транспортных средствах постоянной эксплуатации.

Режим 4. Данный режим зарядки является самым усовершенствованным из всех, ранее рассмотренных режимов. Это связано с тем, что режим работы производится при помощи постоянного тока. Благодаря постоянному току, данная зарядка получила название «быстрая». Особенность данного режима, так же, является то, что преобразование тока идет на стороне самой зарядной станции, а не автомобиля, как на предыдущих режимах. Тем самым на борт электромобиля поступает преобразованный постоянный ток, в несколько раз большим номиналом, чем у предыдущего режима. Зарядка аккумуляторной батареи до 80 процентов, при данном режиме, осуществляется за полчаса, что является очень комфортным условием, для непрерывной эксплуатации автомобиля в городских условиях. Данный режим имеет самые высокие токовые характеристики, в сравнении с предыдущими режимами работы. Но в связи с большим количеством аппаратуры, входящий в состав зарядной станции, данный режим является самым дорогим. К сожалению, именно данный фактор, является препятствующим в развитии данного режима в промышленных и социальных масштабах.

### Заключение

С учетом широкого разнообразия электромобилей и электротранспорта все режимы зарядки имеют свои области применения.

Первые два режима в большей степени подходят для эксплуатации в качестве подзарядки. Основными потребителями при этом будут являться маломощные электромобили и электрифицированная техника. Они не требуют больших токовых характеристик и быстрого времени заряда.

Третий и четвертый режим работы уже предназначены для более широко специализированной техники, главным параметрами для которой являются долгий запас хода и мощность батареи. Четвертый режим так же особо актуален в сфере транспортных перевозок. Он способен решить проблему простоя электромобилей и увеличить транспортную нагрузку на автопарк.

### Литература:

1. Электромобиль.— Текст: электронный // fandom: [сайт].— URL: <https://future.fandom.com/ru/wiki/%D0%AD%D0%B%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C> (дата обращения: 03.06.2024).
2. Международный стандарт.— Текст: электронный // docs.cntd: [сайт].— URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200192236?ysclid=lx1g7lhvca935288637> (дата обращения: 05.06.2024).
3. Режимы зарядки электромобиля.— Текст: электронный // mida: [сайт].— URL: <https://www.midaevse.com/ru/ev-guide-1/> (дата обращения: 03.06.2024).



## Программное приложение для исследования влияния трибологических факторов на динамику работы двигателя внутреннего сгорания

Баранников Дмитрий Владимирович, студент

Научный руководитель: Светушков Николай Николаевич, доцент

Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А. А. Леонова (г. Королев)

*В статье автор разрабатывает приложение для анализа и исследования влияния трибологических факторов на динамику работы двигателя внутреннего сгорания*

**Ключевые слова:** имитационная модель, Anylogic, двигатель внутреннего сгорания, визуализация поршня, графический интерфейс, трибология, кинематика, синхронная частота

Основная цель исследования — разработка имитационной модели для проведения численных экспериментов, связанных с кинематикой и трибологией для двигателя внутреннего сгорания.

Разрабатываемая система должна рассчитывать давление сжатия, изменяющиеся коэффициенты трения и синхронную частоту двигателя для выхода на стационарный режим работы. Созданная модель является упрощенной версией без расчета теплопередачи.

Актуальность данного исследования заключается в потребности в улучшении характеристик смазочных масел. Использование компьютерных расчетов существенно ускоряет процесс вывода новых масел на рынок. Научные центры проводят исследования по оптимизации рабочих процессов двигателей, включая управление топливной системой для снижения выбросов. Недостаток соответствующего программного обеспечения приводит к проведению большей части исследований в экспериментальном формате, поэтому создание имитационной модели помогло бы сократить расходы. Имитационное моделирование имеет особенное значение в условиях увеличенных требований к мощности и экономичности, когда стоимость реальных экспериментов существенно возрастает.

Имитационная модель двигателя внутреннего сгорания имеет огромную практическую значимость в современной инженерной сфере. Благодаря такой модели можно проводить виртуальные испытания и оптимизировать конструкцию двигателя, улучшая его характеристики и эффективность. Это позволяет сократить время и затраты на разработку новых двигателей, повысить их надёжность и экономичность. Использование имитационной модели также способствует исследованию и разработке новых технологий в области сжигания топлива, снижению вредных выбросов и повышению общей эффективности автомобильной техники. В итоге, это содействует развитию автомобильной промышленности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Основные уравнения для создания динамики двигателя:

Уравнение для расчета мощности двигателя и нагрузки на него (1)

$$T \frac{du}{dt} = \pi \sqrt{u} - \pi_{fr} \sqrt{u} - \pi_0 (\sqrt{u} - 1) \max(1, \sqrt{u}) \quad (1)$$

где  $u = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2$  — нормированный квадрат частоты;

$\pi = \frac{p}{p_0}$  — нормированное давление в цилиндре;

$\pi_{fr} = \frac{p_{fr}}{p_0}$  — нормированное напряжение трения.

В систему вводятся кинематические параметры для расчета модели кривошипно-шатунного механизма, такие как:

смещение поршня ( $x$ );

угол поворота кривошипа  $\varphi$ ;

скорость поршня ( $v$ );

ускорение ( $a$ );

угол поворота шатуна  $\beta$ .

Циклическая частота  $\omega=2\pi f$  переводит все кинематические параметры, такие как перемещения поршня и угол поворота кривошипа, которые используются для оценки трения. Угол поворота шатуна находится путем интегрирования циклической частоты и масштабирования его согласно периоду путем деления интеграла на длину периода. Для расчёта остальных кинематических параметров применяются формулы, указанные в источнике [1]:

$$x = r \left[ (1 - \cos\varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi) \right] \quad (2)$$

$$v = r\omega \left( \sin\varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right) \quad (3)$$

$$a = r\omega^2 \left( \cos\varphi + \frac{\lambda}{2} \cos 2\varphi \right) \quad (4)$$

$$\beta = \arcsin(\lambda \sin\varphi) \quad (5)$$

$$\varphi = \omega * t \tag{6}$$

где  $\lambda = \frac{r}{l} \approx 0,25$  — отношение длины кривошипа  $r$  к длине шатуна  $l$ .

Сила давления поршня на стенку цилиндра:

$$N_n = (pF + ma)tg\beta \tag{7}$$

$m$  — приведенная масса поршня;  $F$  — сечение цилиндра.

Трение в модели рассчитывается по формуле

$$\pi_{fr} = \frac{p_{fr}}{p_0} = \left( \pi + \frac{ma}{p_0 F} \right) \mu tg\beta. \tag{8}$$

где  $\mu$  — коэффициент трения;  $p_0$  — характеристическое давление

Смешанное трение вычисляется исходя из числа Зоммерфельда, найденного по кривой Герси — Штрибека.

$$S = \frac{F \eta v}{N_n z_0}, \tag{9}$$

где  $z_0$  — расстояние между поршнем и стенкой цилиндра.

Дальше решается аппроксимация вида:

$$\mu = (\mu_0 + bS)e^{-cS} + S \tag{10}$$

Параметры аппроксимации определяются координатами минимума этой кривой ( $S_m, \mu_m$ ) которые удовлетворяют условиям  $S_m > \mu_m$  из уравнения (10) [21].

Параметры аппроксимации в решенном виде имеют такую систему:

$$\begin{cases} c = \frac{\mu_m}{S_m(\mu_m - S_m)} \\ b = \frac{(\mu_m - S_m)}{S_m} \exp\left(\frac{\mu_m}{\mu_m - S_m}\right) \end{cases} \tag{11}$$

На рисунке 1 представлена имитационная модель математической системы уравнений по расчету кинематических и трибологических параметров. Система сделана с помощью инструментов системной динамики и агентного моделирования в программной среде Anylogic.

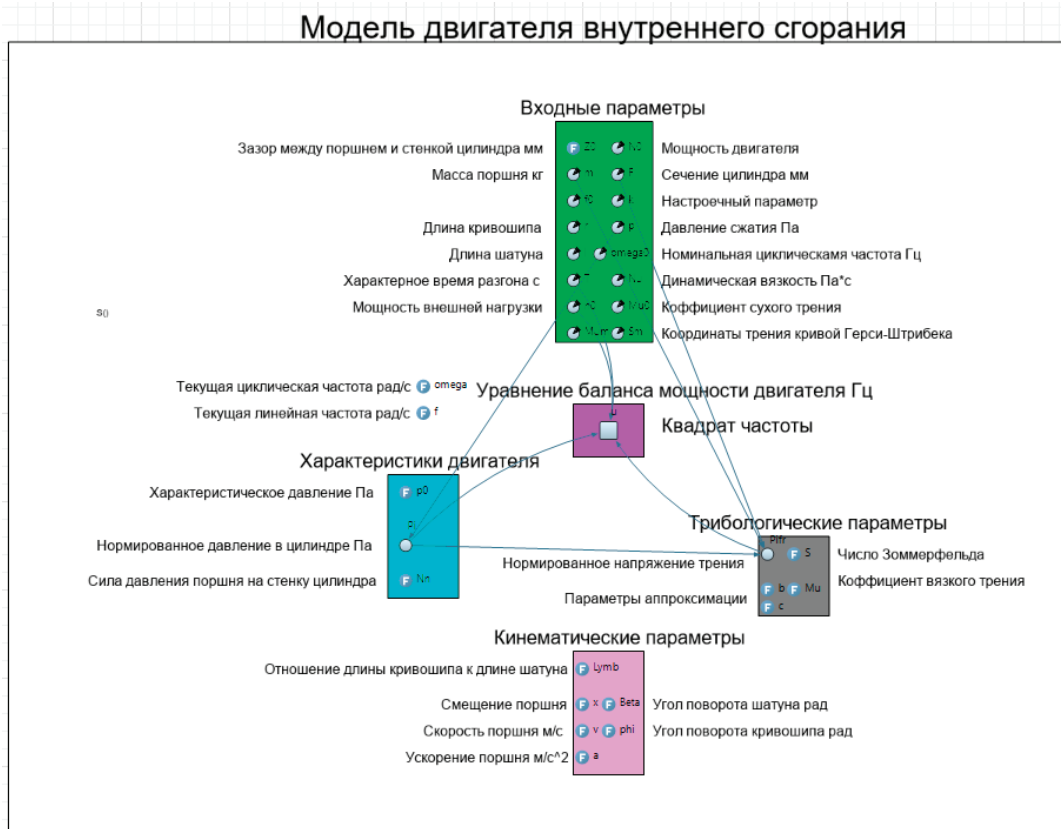


Рис. 1. Упрощенная математическая модель двигателя внутреннего сгорания в среде Anylogic

Визуализация модели сделана с помощью 3Д-модели в программе Blender. 3Д-модель поршня движется согласно частоте колебаний двигателя рисунок 2.

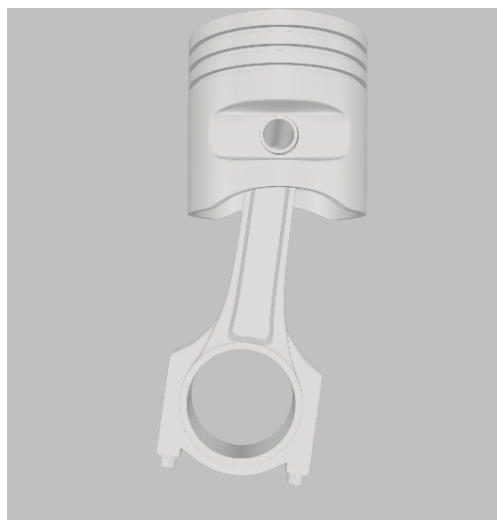


Рис. 2. 3Д-модель поршня двигателя внутреннего сгорания запущенной в имитационной среде Anylogic

Варьируемые параметры системы представлены на рисунке 3

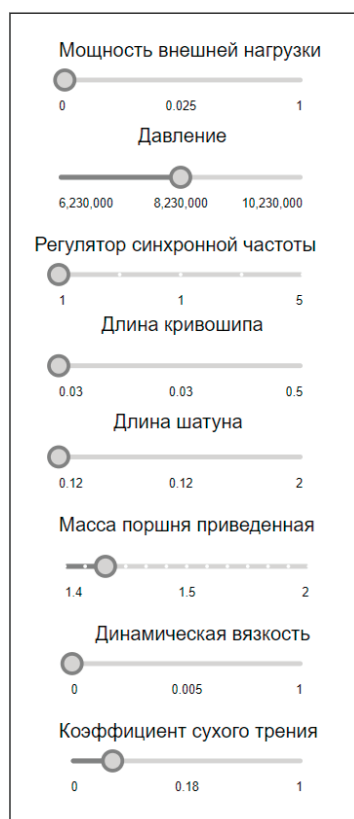


Рис. 3. Варьируемые входные параметры системы ДВС, запущенной в имитационной среде Anylogic

Задаем следующие начальные параметры ползунков для расчета трибологических параметров системы двигателя:

1. Мощность внешней нагрузки — от 0 до 1 с шагом в 0.005;
2. Давление — от 6230000 до 10230000 с шагом 100000, измеряется в Па;
3. Регулятор синхронной частоты — от 1 до 5 с шагом 1 измеряется в Гц;

4. Длина кривошипа — от 0.03 до 0.5 с шагом 0.01 измеряется в м;
5. Длина шатуна — от 0.12 до 2 с шагом 0.01 измеряется в м;
6. Масса поршня приведенная — от 1.4 до 2 с шагом 0.05 измеряется в кг;
7. Динамическая вязкость — от 0 до 1 с шагом 0.05 измеряется в Па\*с;
8. Коэффициент сухого трения — от 0 до 1 с шагом 0.01 безразмерная величина.

Устанавливаем давление сжатия на уровне 6.230.000 Па, оставляя остальные параметры без изменений. После того, как двигатель достигнет своей синхронной частоты, вернем давление к базовому значению в 8.230.000 Па. Результаты отображены на рисунке 4. Вся трибологическая и кинематическая система изменится: квадрат частоты увеличится, что приведет к расширению рабочего диапазона всех параметров.

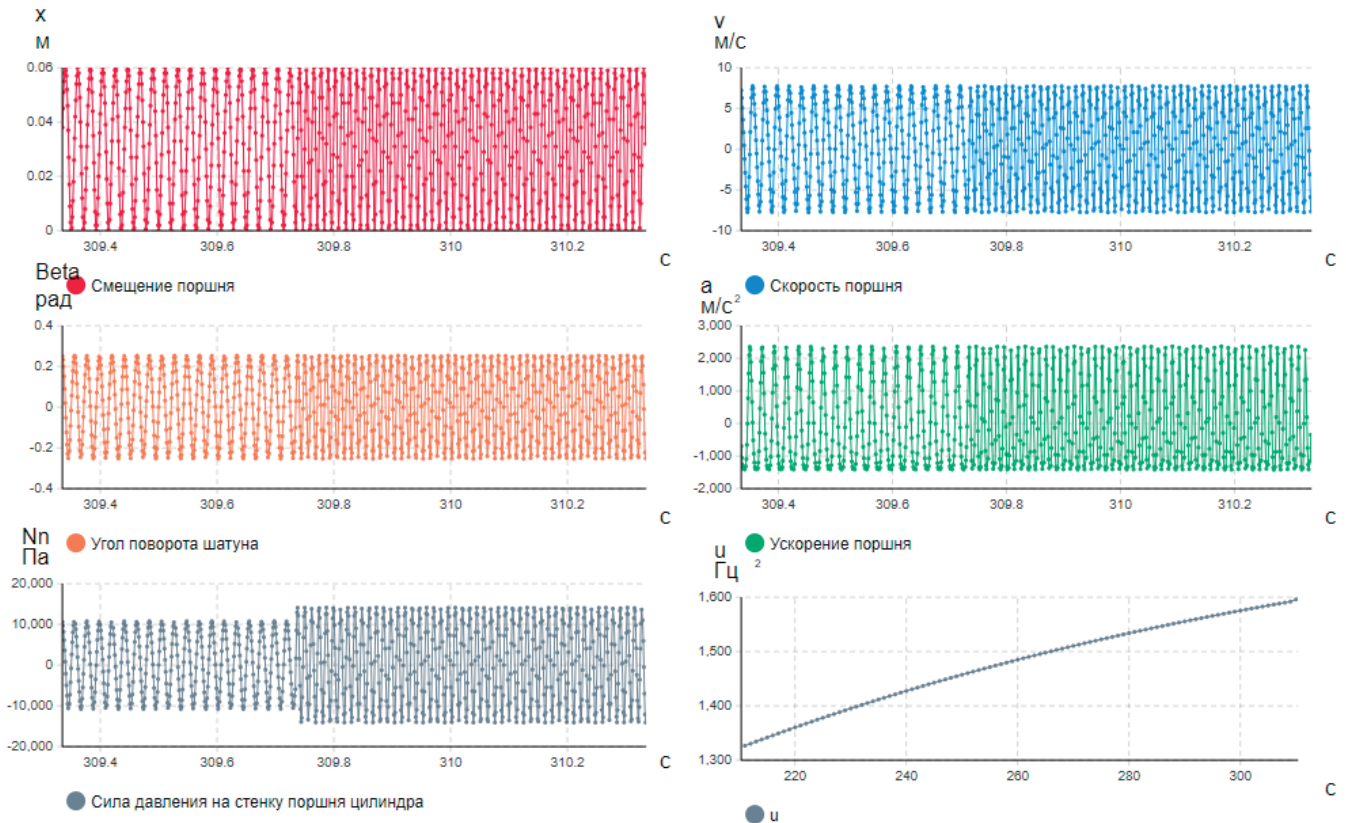


Рис. 4. Кинематическая и трибологическая система при меньшем давлении сжатия в имитационной среде Anylogic

Увеличение нормированного давления будет происходить поэтапно, что приведет к увеличению нормированного трения. Диапазон нормированного напряжения трения изменится с 0.04 до 0.05, как показано на рисунке 5.

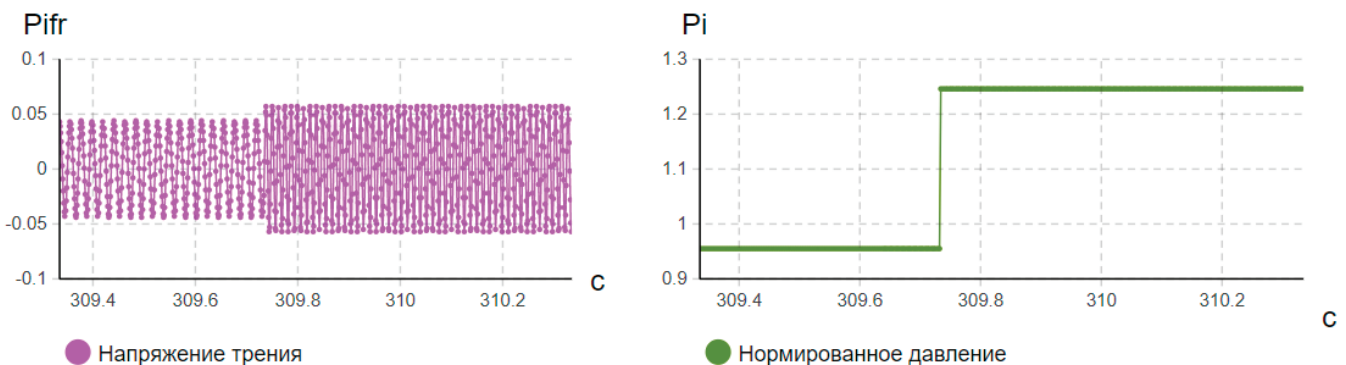


Рис. 5. Кинематическая и трибологическая система при меньшем давлении сжатия в имитационной среде Anylogic

При увеличении мощности внешней нагрузки с 0.023 до 0.595 частота начнет снижаться. Через 40 секунд модель достигнет своих минимальных значений, как показано на рисунке 6.

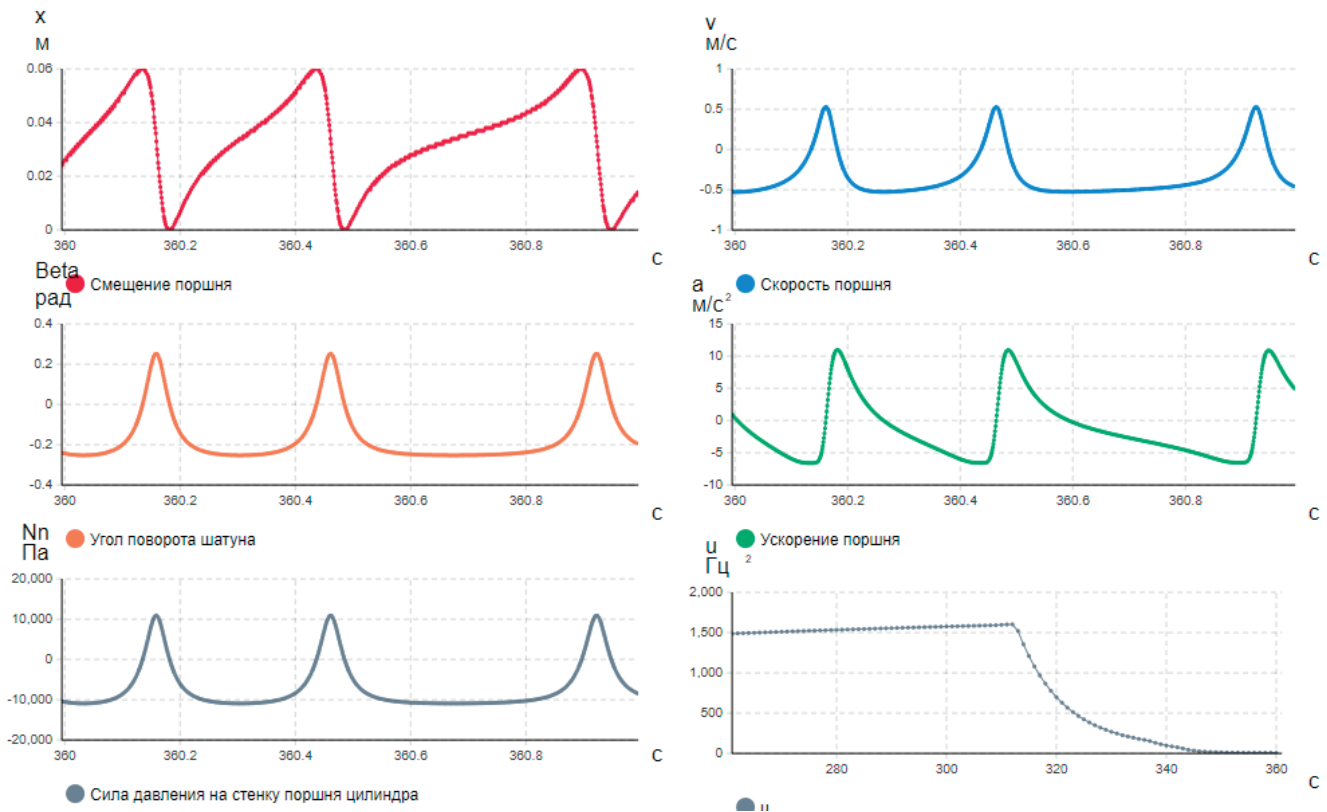


Рис. 6. Кинематическая и трибологическая система при большей внешней нагрузке в имитационной среде Anylogic

При увеличении значения регулятора синхронной частоты с 1 до 2, коэффициент для расчета синхронной частоты увеличится при неизменных других условиях, как показано на рисунке 7.

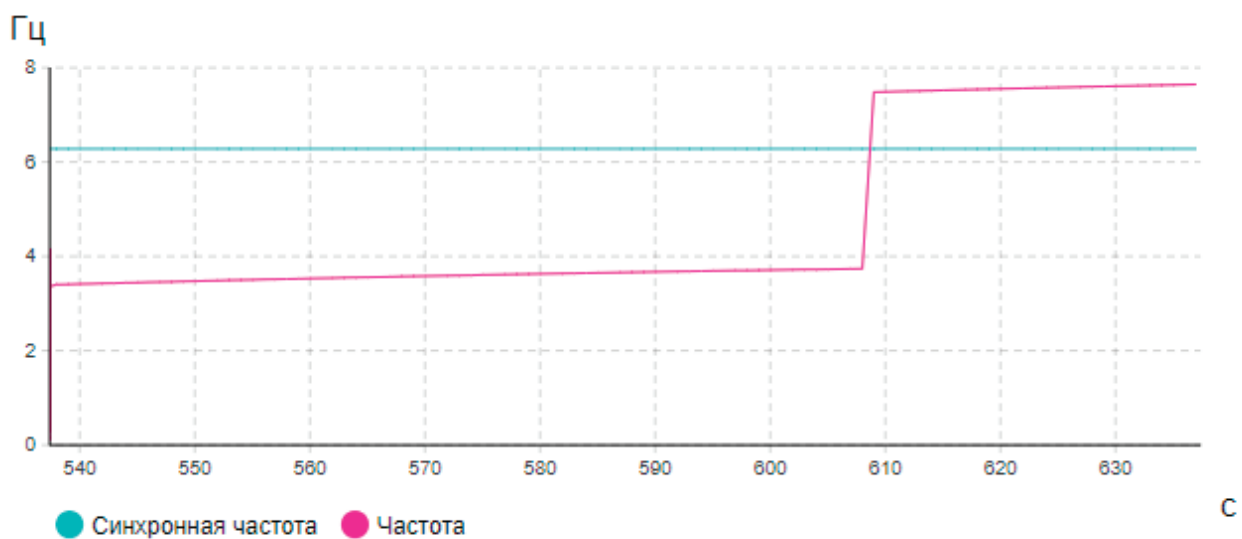


Рис. 7. Изменение синхронной частоты регулятором в имитационной среде Anylogic

Когда длина кривошипа увеличивается с 0.03 до 0.04, смещение поршня увеличивается до 0.08 вместо обычных 0.06, что приводит к увеличению скорости и ускорения поршня. Эти изменения требуют перестройки всей модели (рисунок 8).

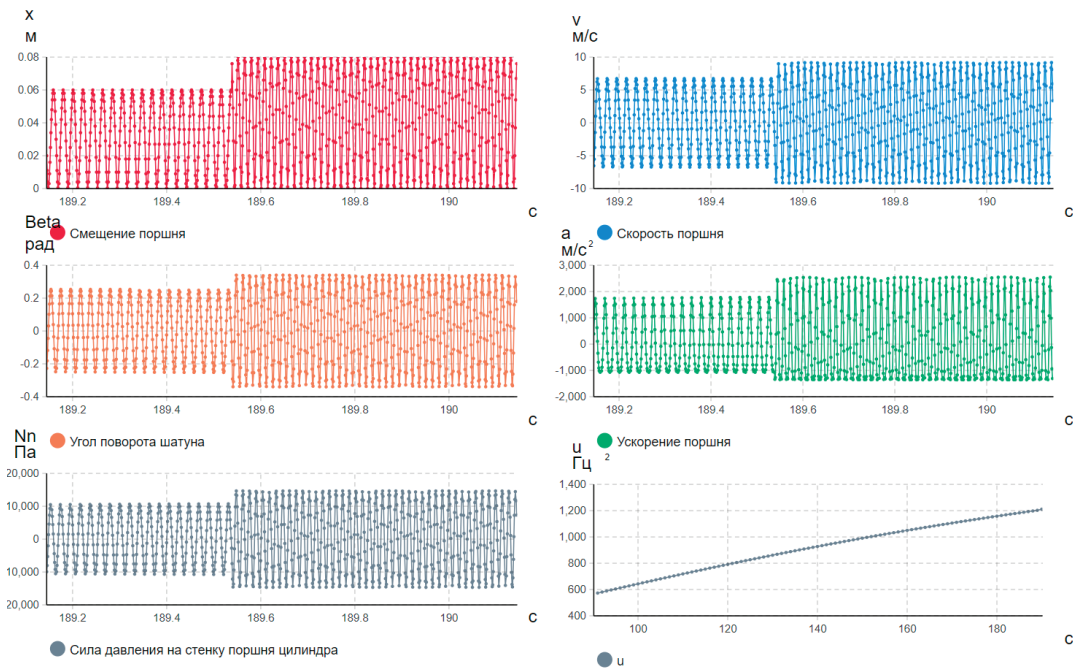


Рис. 8. Изменение длины кривошипа в имитационной среде Anylogic

При увеличении длины шатуна с 0.12 до 0.67 в значительной степени изменяются параметры угла поворота шатуна, силы давления на стенку цилиндра, и нормированные напряжения трения (рисунок 9).

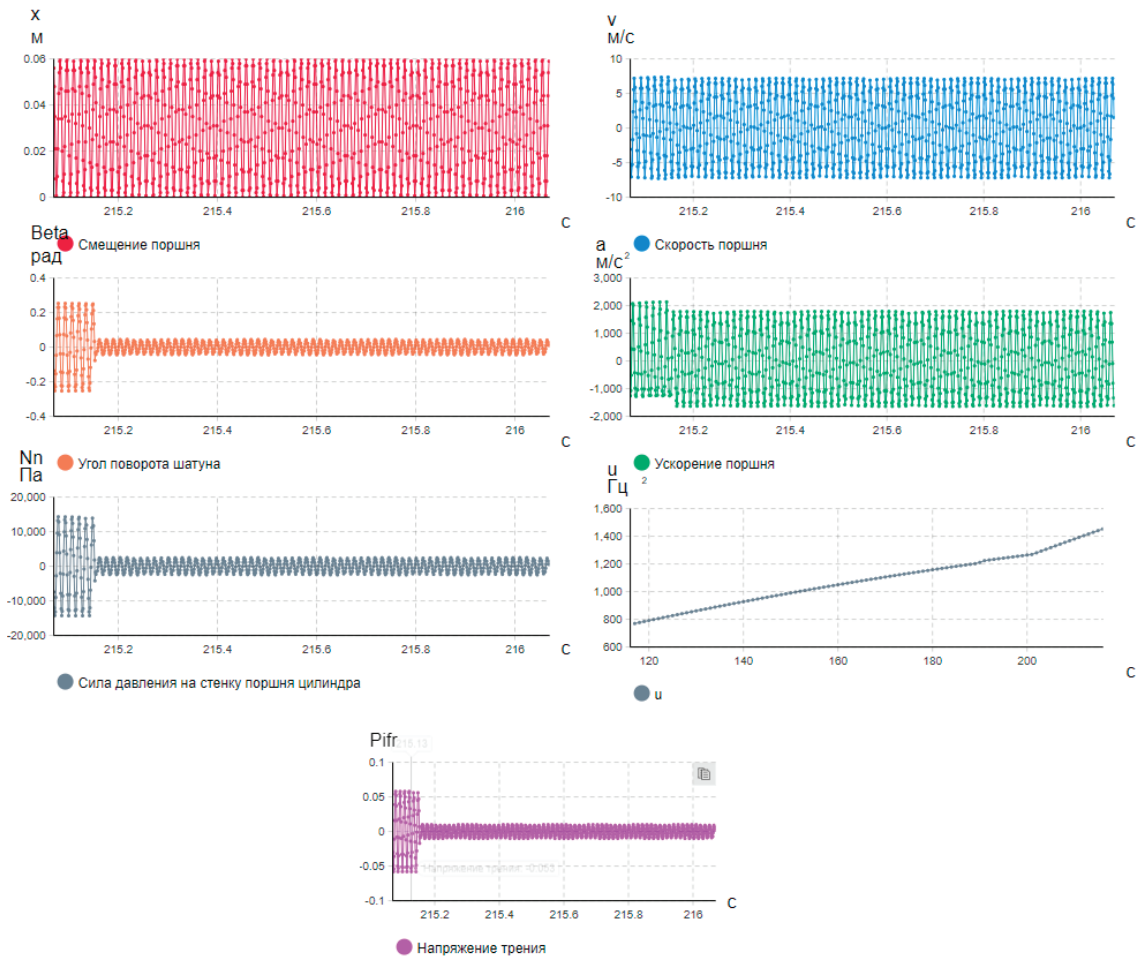


Рис. 9. Изменение длины шатуна в имитационной среде Anylogic

Параметр приведённой массы поршня оказывает влияние на модель незначительно.

В ходе данной работы создан программный пакет, который позволяет в реальном времени рассчитывать характеристики двигателя внутреннего сгорания, с отображением движения поршня согласно частоте работы двигателя.

Модель имеет открытый код, что дает возможность ее дорабатывать путем добавления дополнительных функциональных возможностей для расчета трибологических параметров и впоследствии интеграции в неё термодинамику.

Литература:

1. Anylogic — URL: <https://www.anylogic.ru/> (Электронный ресурс).
2. Моисеев А. А. Математическая модель системы питания парогенератора, Инженерная физика, № 3, 2008. — С. 39.
3. Справочник по триботехнике, Т. 2 / Под ред. Хебды М. Чичинадзе А. В. — М.: Машиностроение, 1990. — 416 с.
4. Масла моторные. Метод оценки моющих свойств на установке ИМ-1 — URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/dc6/4294833039.pdf> (Электронный ресурс).
5. Крагельский И. В., Виноградова И. Э. Коэффициенты трения. — М.: Машгиз, 1962. — 220 с.

## Роль человеческого фактора в авиационных происшествиях и методы их минимизации

Бачурин Данил Сергеевич, студент;

Седых Артём Вячеславович, студент

Научный руководитель: Попов Юрий Леонидович, кандидат исторических наук, доцент, профессор

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

*Человеческий фактор играет одну из важнейших ролей в авиационных происшествиях. В данной статье рассматривается влияние человеческого фактора на безопасность полетов, основное внимание уделяется факторам, способствующим ошибкам, и стратегиям их минимизации. Различные методы, такие как управление ресурсами экипажа, учебные программы, автоматизация и организационная культура анализируются на предмет их эффективности в снижении человеческих ошибок при выполнении авиационных операций. Подчеркивается важность понимания поведения человека и процессов принятия решений в критических ситуациях, а также необходимость постоянного совершенствования протоколов и процедур обеспечения безопасности полетов. Устраняя человеческий фактор в авиации, мы можем повысить стандарты безопасности и предотвратить инциденты до их возникновения.*

**Ключевые слова:** человеческий фактор, авиационная безопасность, человеческая ошибка, управление ресурсами экипажа, обучающие программы, автоматизация, организационная культура.

## The role of the human factor in aviation accidents and methods of their minimization

*Human factors play a decisive role in aviation accidents. This article examines the impact of human error on aviation safety, focusing on the factors that contribute to errors and strategies for minimizing them. Various techniques such as crew resource management, training programs, automation and organizational culture are analyzed for their effectiveness in reducing human error in aviation operations. Emphasizes the importance of understanding human behavior and decision-making processes in critical situations, as well as the need for continuous improvement of safety protocols and procedures. By eliminating human error in aviation, we can improve safety standards and prevent incidents before they happen.*

**Keywords:** human factor, aviation safety, human error, crew resource management, training programs, automation, organizational culture.

### Введение

Авиационная безопасность является главным приоритетом как для отрасли, регулирующих органов, так и для пассажиров. Несмотря на то, что технический прогресс значительно улучшил системы воздушных судов и эксплуатационные процедуры, человеческая ошибка остается основной причиной авиационных происшествий. Сложный и динамичный характер авиационных операций может привести к ошибкам в принятии решений, коммуникации, ситуационной осведом-

ленности и других когнитивных процессах. Понимание роли человеческого фактора в авиационных инцидентах имеет важное значение для разработки стратегий, повышающих безопасность полетов и минимизирующих риски. [1]

Человеческие факторы охватывают широкий спектр вопросов, влияющих на работу человека в авиации. Эти факторы можно разделить на три основные области: индивидуальные факторы, межличностные факторы и организационные факторы. Индивидуальные факторы включают когнитивные способности, навыки, опыт и физиологические факторы, которые

вливают на работу пилота. Межличностные факторы относятся к общению, командной работе, лидерству и координации действий экипажа в кабине пилотов и управлении воздушным движением. Организационные факторы связаны с культурой безопасности полетов, программами обучения, управлением рабочей нагрузкой и процессами принятия решений в авиационных организациях. Исследования показали, что человеческие ошибки являются причиной примерно 70–80% авиационных происшествий, что подчеркивает критическую роль человеческого фактора в обеспечении безопасности полетов. Наиболее распространенные типы человеческих ошибок в авиации включают сбой связи, неадекватное принятие решений, потерю ситуационной осведомленности и нарушения стандартных операционных процедур. Эти ошибки могут привести к таким инцидентам, как вылет за пределы взлетно-посадочной полосы, столкновения в воздухе и управляемый полет на местности. Методы минимизации человеческих ошибок. [3] Чтобы свести к минимуму человеческие ошибки в авиации, были разработаны различные методы и стратегии для улучшения работы персонала и повышения безопасности полетов. Управление ресурсами экипажа (CRM) — это учебная программа, которая фокусируется на общении, командной работе, принятии решений и ситуационной осведомленности летных экипажей. Обучение CRM широко применяется авиакомпаниями и доказало свою эффективность в снижении количества ошибок, связанных с межличностными факторами. Учебные программы для пилотов и авиационного персонала необходимы для развития технических навыков, эксплуатационных знаний и способностей к эффективному принятию решений. Имитационное обучение, сценарные упражнения и периодические учебные программы используются для имитации реальных сценариев и подготовки пилотов к чрезвычайным ситуациям. Тренируясь в контролируемых условиях, пилоты могут улучшить свое реагирование на критические события и повысить свою ситуационную осведомленность. Автоматизация авиационных систем также сыграла значительную роль в снижении количества человеческих ошибок в авиации. Усовершенствованные системы автопилота, компьютеры для управления полетом и системы предотвращения столкновений повысили безопасность и эффективность полетов. Однако зависимость от автоматизации может привести к самоуспокоенности и снижению квалификации пилотов, что требует постоянного обучения. [2]

Человеческий фактор играет особенно важную роль в авиационной безопасности, поскольку действия и решения пилотов, бортпроводников и других членов экипажа могут оказывать прямое влияние на ход полета. Ошибки человека могут привести к серьезным инцидентам, включая катастрофы самолетов с трагическими последствиями. Важно понимать, что человеческий фактор не всегда является негативным — профессионализм и опыт экипажа могут способствовать успешному разрешению критических ситуаций.

Рассмотрим примеры ошибок человека, которые привели к авиакатастрофе:

1. Крушение рейса 593 авиакомпании «Аэрофлот» в 1994 году, когда пилот дал ребенку управлять самолетом, что

привело к неправильной активации руля направления и последующему падению.

2. Катастрофа рейса 447 авиакомпании Air France в 2009 году, вызванная неправильными действиями пилотов в условиях сильной бури.

3. Падение рейса 9525 авиакомпании Germanwings в 2015 году, когда один из пилотов намеренно уничтожил самолет, в результате чего все находившиеся на борту погибли.

4. Крушение рейса 3054 авиакомпании TAM в 2007 году из-за ошибки пилота, который принял неправильное решение при посадке и потерял контроль над самолетом.

5. Авиакатастрофа рейса 236 авиакомпании Air Transat в 2001 году, из-за неисправности в топливной системе, вызванной неполадкой в службе обслуживания и проведении технического обслуживания. [6]

Для минимизации рисков, связанных с человеческим фактором, применяются различные методы и стратегии. Одним из основных подходов является профессиональное обучение и тренировка экипажей. Обучение на симуляторах позволяет пилотам и другим членам экипажа приобретать опыт в управлении самолетом в различных экстренных ситуациях, что повышает их навыки и уверенность в себе.

Обучение экипажей на симуляторах имеет ключевое значение в обеспечении безопасности в авиации и минимизации рисков, связанных с человеческим фактором в авиационных происшествиях. Инструктаж и тренировки на симуляторах позволяют пилотам и другим членам экипажа развивать навыки, принимать быстрые решения в критических ситуациях и испытывать реалистичные сценарии полетов, которые могут возникнуть в реальном авиационном деле.

В процессе обучения на симуляторах экипажи могут практиковать различные процедуры, сценарии аварийных ситуаций и улучшать координацию действий в условиях стресса. Такие тренировки позволяют понять основные причины человеческих ошибок в авиации, а также способы их предотвращения. Кроме того, обучение на симуляторах способствует повышению профессионализма и уверенности членов экипажа в выполнении своих обязанностей.

Использование симуляторов в обучении авиационных работников является эффективным инструментом для улучшения безопасности полетов и снижения риска возникновения авиационных происшествий из-за человеческого фактора. Таким образом, методы обучения на симуляторах играют ключевую роль в минимизации человеческих ошибок и улучшении безопасности в авиации.

Также широко применяются программы по управлению рисками и стрессом, исследования показывают, что эффективное управление стрессом помогает снизить вероятность ошибок во время полета.

Другим важным аспектом является разработка человеко-машинного интерфейса, который бы упростил взаимодействие членов экипажа с авиационной техникой и информационными системами.

Человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) — это система взаимодействия между человеком и машиной, которая позволяет человеку управлять функциями машины или получать инфор-



мацию от нее. ЧМИ часто используется в различных устройствах, таких как компьютеры, смартфоны, автомобили, бытовая техника и другие устройства. Этот интерфейс может включать в себя различные способы взаимодействия, такие как клавиатура, мышь, сенсорные экраны, голосовое управление, жесты и другие. Создание удобного и интуитивно понятного человеко-машинного интерфейса играет важную роль в улучшении пользовательского опыта и эффективности использования техники.

Эргономические решения и разработка интуитивно понятного пользовательского интерфейса могут существенно снизить вероятность ошибок, связанных с неправильным взаимодействием человека и техники. [4]

Исследования показывают, что до 80% авиационных происшествий вызваны человеческими ошибками. Это может быть связано с психологическими факторами, усталостью пилотов, недостаточной тренировкой или недостаточным обучением.

Для минимизации человеческого фактора в авиационных происшествиях мы предлагаем разработку человеко-машинного интерфейса, который бы помог пилотам принимать правильные решения в критических ситуациях. Этот интерфейс может включать в себя системы предупреждения об ошибках, автоматическое управление полетом, адаптивные технологии и тренировочные симуляторы.

Благодаря использованию современных технологий и развитию человеко-машинного интерфейса мы можем значительно снизить количество авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором, и обеспечить более высокий уровень безопасности в авиации.

Дополнительно, для минимизации ошибок человеческого фактора в авиационных катастрофах можно применить следующие меры:

1. Обучение и тренировки пилотов: регулярные тренировки и обучение помогают пилотам быть готовыми к раз-

личным ситуациям, улучшают навыки управления, решительность действий и принятия решений.

2. Установление стандартных процедур: строгое соблюдение стандартных операционных процедур и четкое выполнение инструкций помогает предотвращать ошибки и повышает безопасность полетов.

3. Внедрение автоматизированных систем: использование современных технологий и автоматических систем управления помогает снизить зависимость от человеческого фактора и уменьшить вероятность ошибок.

4. Работа в команде: поощрение командной работы и открытого общения в кабине пилотов способствует раннему выявлению проблем и их решению до возникновения серьезных последствий.

5. Постоянный мониторинг и анализ безопасности полетов: анализ данных о происшествиях и авариях позволяет выявить тенденции и ошибки, чтобы принять меры по их предотвращению в будущем. [5]

Таким образом, понимание роли человеческого фактора в авиационных происшествиях и применение эффективных методов его минимизации играют ключевую роль в обеспечении высокого уровня безопасности полетов и защиты жизней пассажиров и членов экипажа.

В заключение, можно сделать вывод, что роль человеческого фактора в авиационных происшествиях играет значительную роль и часто является одной из основных причин авиационных инцидентов. Однако с помощью специальных методов и технологий, таких как обучение пилотов, разработка улучшенных систем автоматизации и разработка процедур безопасности, можно минимизировать влияние человеческого фактора на безопасность полетов. Дальнейшие исследования и разработки в данной области могут помочь улучшить стандарты безопасности в авиации и сделать воздушное пространство еще более безопасным для всех участников авиационной деятельности.

#### Литература:

1. Программы обеспечения авиационной безопасности: руководство по управлению. Алан Дж. Штольцер, Карл Д. Хэлфорд, Джон Дж. Гоглия (2008). 16–33.
2. Введение в авиационное страхование и управление рисками. Александр Т. Уэллс, Брюс Д. (2020). 179–192
3. Авиационная безопасность и расследование авиационных происшествий: методы анализа и приложения. Кларенс К. Родригес (2010). 7–14.
4. Системы управления безопасностью полетов в авиации. Алан Дж. Штольцер, Карл Д. Хэлфорд, Джон Дж. Гоглия (2008). 45–48.
5. Человеческий фактор в полете. Фрэнк Х. Хокинс (2003). 17–22.
6. Человеческий фактор в авиакатастрофах. Дэвид Битсон (2010). 8–11.

## Внедрение децентрализованной автоматизации распределительных электрических сетей как способ повышения надежности электроснабжения

Булатов Евгений Сергеевич, студент магистратуры  
Пензенский государственный университет

Идеи построения автоматизации сети заключаются в том, что если существуют ограничения на опережающую модернизацию распределительных сетей, то стратегия умного управления и повышения КПД может быть эффективным решением. Интеллектуальная сеть позволит оптимизировать работу энергосистемы, обеспечивая при этом более высокую надежность эксплуатации, качество электроснабжения, потери электрической энергии, а также сокращая численность персонала на обслуживание сетей.

Распределенная автоматизация Атяшевского РЭС включает в себя использование автоматического секционирования и резервирования воздушных линий электропередачи, что и является интеллектуальным устройством для обеспечения автоматического управления электрической сетью. Эти устройства могут принимать решения на основе данных о состоянии сети и предпринимать необходимые меры для минимизации отключений потребителей в случае аварийных ситуаций. Это позволяет улучшить надежность и эффективность работы сетей.

Надежность электроснабжения — это способность электрической системы в любой интервал времени обеспечивать потребителей заданным качеством электроэнергии. Так же под понятием надёжность понимается, как стабильность напряжения и частоты, бесперебойность отпускаемой электроэнергии потребителям. Обеспечение необходимого уровня надежности системы электроснабжения является важным аспектом для обеспечения безопасности, бесперебойной работы предприятий и общественных учреждений, а также для минимизации ущерба потребителей.

Применение пунктов автоматического секционирования, позволяет отключать аварийные участки сети, полагаясь на сбор данных, без использования централизованных систем защиты и автоматического управления, а также каналов вторичных цепей. Тем самым данный вид отключений позволяет выводить конкретный участок энергосистемы, что позволяет уменьшить число потребителей, оставшихся без электроэнергии.

Внедрение автоматизации распределённой системы в распределительных сетях 10 кВ Атяшевского РЭС осуществимо через установку пунктов автоматического секционирования на базе реклоузеров. В данной работе будет проанализирован принцип функционирования децентрализованной автоматизации на основе сравнительного анализа, централизованного и децентрализованного подходов к автоматизации распределительных сетей 10кВ Атяшевского РЭС.

Так же есть требования по выбору мест установки реклоузеров:

1. Труднодоступные места для оперативного персонала Атяшевского РЭС, где чаще всего выявляется повреждение электрической сети.

2. Потребители должны быть подключены к магистральному участку электрической сети;

3. Реклоузер размещается на опорах воздушных ЛЭП

Реклоузеры, представляют собой коммутационный аппарат на базе вакуумного выключателя со системой измерения токов и напряжений и шкафа управления с микропроцессорной системой защит и автоматики.

Выбор места установки реклоузера сводится к критериям оптимизации в электрической сети, согласно минимизации показателей надежности, с целью повышение надежности электроснабжения потребителей Атяшевского РЭС, а именно:

1. Количество  $\omega_n$  и длительность отключений потребителей  $T_n$  или группы потребителей;

2. Суммарный годовой недоотпуск электрической энергии  $\Delta W_{но}$ ;

Основным критерием для обеспечения высокой надежности потребителей электрической системы, рассматривается суммарный годовой недоотпуск электрической энергии. Оптимизация заключается также в уменьшение этого параметра в энергетической сети в целом.

Соответственно [3] в общем виде суммарный годовой недоотпуск записывается для энергетической сети по формуле:

$$\Delta W_{но} = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot T \cdot L \cdot S_{ном} \cdot \cos\phi \cdot k_3, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (1)$$

где  $\Delta W_{но}$  годовой недоотпуск электроэнергии в исходной схеме, кВт·ч/год;

$\omega_0$  — удельная частота повреждений ВЛ-10 кВ, 1/на 100 км в год;

$T$  — среднее время восстановления одного устойчивого повреждения, часы;  $L$  — длина линии, км;

$S_{ном}$  — номинальная мощность силового трансформатора потребительской подстанции (кВА);

$\cos\phi$  — коэффициент мощности;

$k_3$  — коэффициент загрузки силового трансформатора потребительской подстанции.

Рассмотрения количества и длительности отключений, как отдельно взятых потребителей, так и нескольких ( $\omega_n$ ,  $T_n$ ) в качестве важнейших критериев повышения надежности, что и влияет на целевую функцию оптимизации и минимизации показателей. Параметры рассчитываются индивидуально для потребителей в пределах одного участка между реклоузерами по формулам:

$$\omega_n = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot L, \text{ 1/год} \quad (2)$$

$$T_n = \omega_0 T, \text{ ч/год} \quad (3)$$

где  $\omega_0$  — удельной частоты повреждения ВЛ-10 кВ (1/на 100 км в год);

$T_n$  — продолжительность отключений потребителя в год (1/год).

С применением реклоузеров в распределительных сетях 10кВ Атяшевского РЭС с автоматическим повторным включением, может сократить отключения в сети на 20% — при ра-

боте двукратного АПВ. Рассмотрим данный эффект, для этого вводим коэффициент учета влияния децентрализованной системы секционирования сетей на число аварийных отключений  $k_{HY}$  в формуле влияющие на надежность (1–3)

Приведены значения, которые может принимать коэффициент надежности устройства ( $k_{HY}$ ) в различных ситуациях.

1.  $k_{HY} = 0$ , если реклоузеры отсутствуют в исходной сети. То есть, если в системе не используются устройства (АПВ), то  $k_{HY}$  будет равен 0.

2.  $k_{HY} = 0,2$ , когда на реклоузере используется двукратное автоматическое повторное включение (АПВ), в то время как на головном выключателе применяется только однократное (АПВ) или включение осуществляется вручную.

При внедрении децентрализованной автоматизации восстановление электроснабжения происходит быстро и автоматически благодаря выделению участка повреждения и включению резервного питания за считанные секунды. Таким образом,

общее время восстановления сокращается до времени, необходимого на обход и ремонт поврежденного участка. Оценить точное влияние этого эффекта по всем факторам сложно, поэтому можно использовать усредненный показатель в 40%. Для учета этого эффекта в расчетах вводится дополнительный коэффициент ( $k_{BB} = 0,6$ ).

Расчетные формулы примут вид:

$$\Delta W_{но} = 0,01 \cdot \omega_0 (1 - k_{HY}) \cdot k_{BB} \cdot T \cdot L \cdot S_{ном} \cdot \cos\phi \cdot k_3, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (4)$$

$$\omega_n = 0,01 \cdot \omega_0 (1 - k_{HY}) \cdot L, \text{ 1/год} \quad (5)$$

$$T_n = \omega_n \cdot k_{BB}, \text{ ч/год} \quad (6)$$

Рассмотрим алгоритм выбора оптимального места установки реклоузеров на примере воздушной линии 10кВ ПС Атяшево ф. 17 — ПС Атяшево ф. 19 — Атяшевский РЭС филиала ПАО «Россети Волга» — «Мордовэнерго». Данные по точкам поставки и количеству отключений, рассматриваемых ВЛ приведены в таблице 1. Схема размещения реклоузеров представлена на рисунке 1.

Таблица 1. Пример данных об отключениях за 2023 год и технических характеристик, рассматриваемых ВЛ

Наименование ВЛ-10кВ	Протяженность (км)	Количество потребителей	Количество отключений	Продолжительность отключений
Атяшево Ф.19	16,50	17	10	32 ч. 21мин
Атяшево Ф.17	16,50	14	11	36 ч. 36мин

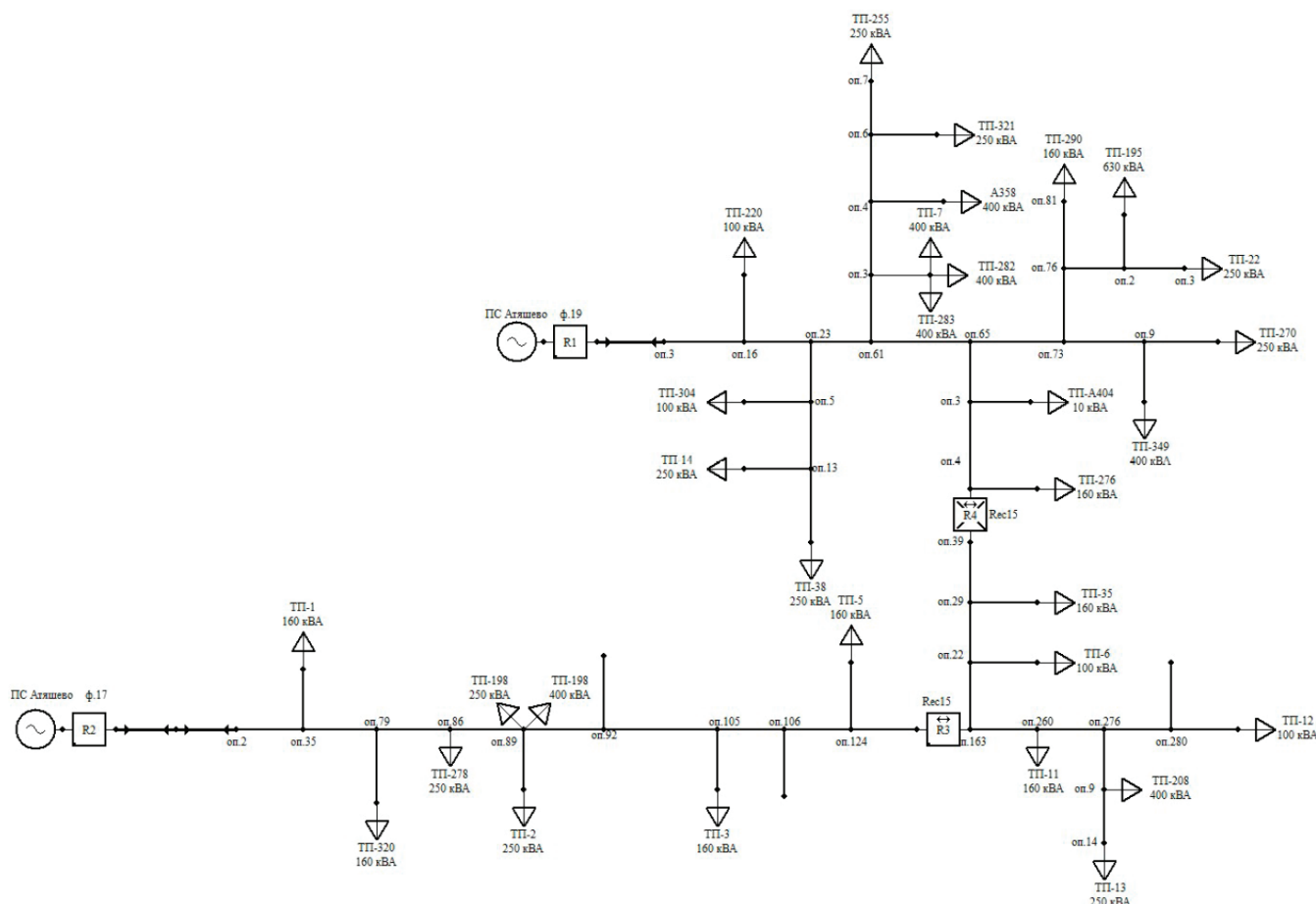


Рис. 1. Схема размещения реклоузеров

Рассмотрим два варианта расположения реклоузеров:  
 1. Оставим существующий вариант секционированного реклоузера (R4), установленный на опоре 39;  
 2. Один реклоузер (R4), установленный на опоре 39, а второй (R3), установленный на опоре 163.  
 Произведем расчет показателей с применением упрощённых схем электрической сети при секционировании магистральных ВЛ (рис. 2) и для другого варианта расположения

реклоузеров при децентрализованном секционировании магистральных воздушных линиях (рис. 3).  
 Однозначно можно сказать, что первый вариант расстановки реклоузера, позволяет выводить в ремонт силовой трансформатор 110/10 кВ на ПС «Атяшево» либо секцию шин РУ-10кВ без отключения потребителей за счет снижения времени выполнения работ по переводу нагрузки на резервный источник.

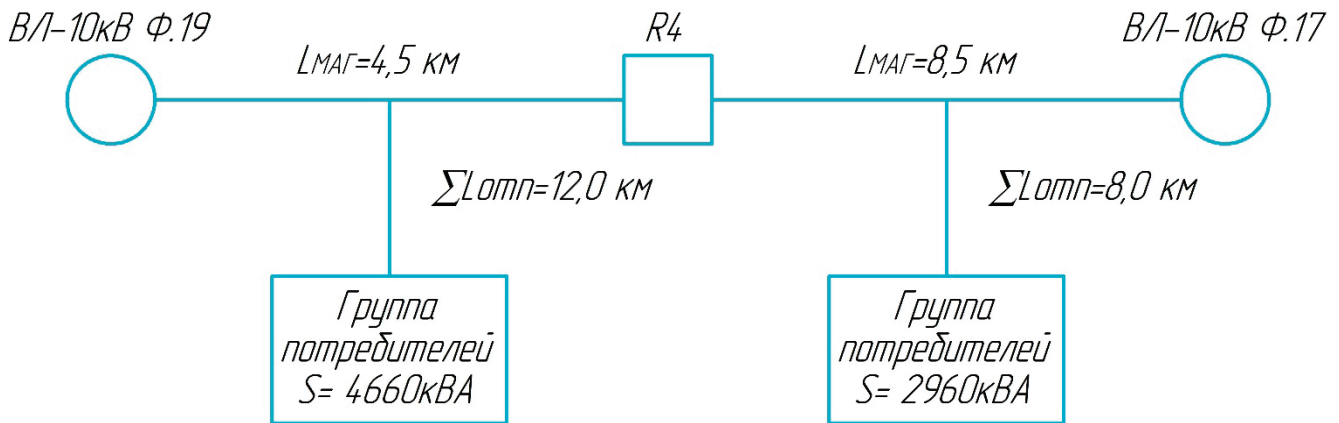


Рис. 2. Расчетная схема для варианта 1

Для каждого фидера следует рассчитать суммарный годовой недоотпуск электрической энергии для варианта 1:  

$$\Delta W_{но} = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot T \cdot (L_{маг} \cdot \Sigma L_{отп}) \cdot \Sigma S_{ном} \cdot \cos\phi \cdot k_3, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (7)$$
 где \$L\_{маг}\$ — длина магистрального участка линии, км;  
 \$\Sigma L\_{отп}\$ — суммарная длина всех отпаек от магистрального участка линии, км;  
 \$\Sigma S\_{ном}\$ — сумма номинальных мощностей силовых трансформаторов потребительской подстанции, кВА.

Рассчитаем по формуле количество отключений для варианта 1:

$$\omega_n = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (L_{маг} + \Sigma L_{отп}), \text{ 1/год} \quad (8)$$

Определим по формуле длительность отключений:

$$T_n = \omega_n \cdot T, \text{ ч/год} \quad (9)$$

$$\omega_0 = \frac{\text{поткл} \cdot 100}{L_{маг} + L_{отп}} \quad (10)$$

Результаты расчетов показателей надежности приведены в таблице 2 для варианта 1.

Полагаясь на расчеты, приведенные в таблице 2, произведем расчет следующего варианта расстановки реклоузеров, что предполагает разделение одного фидера на два участка (рис. 3). Показатели надежности рассчитываются для каждого участка отдельно и в целом. На втором примере с децентрализованной

автоматизацией распределительных сетей 10 кВ Атяшевского РЭС, рассчитаны показатели надежности.

Формула для расчета суммарной годовой недоотпуск для каждого участка электрической сети с децентрализованной автоматизацией:

$$\Delta W_{но} = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{нУ}) \cdot T \cdot k_{вВ} \cdot (L_{маг} \cdot \Sigma L_{отп}) \cdot \Sigma S_{ном.уч.} \cdot \cos\phi \cdot k_3, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (11)$$

где \$k\_{нУ} = 0,2\$ — коэффициент, учитывающий влияние децентрализованной системы секционирования линий на количество аварийных отключений;

\$k\_{вВ} = 0,6\$ — коэффициент, учитывающий влияние децентрализованной системы секционирования на общее время восстановления электроснабжения;

\$\Sigma S\_{ном.уч.}\$ — сумма номинальных мощностей силовых трансформаторов на участках линии, кВА.

Формула для расчета суммарного годового недоотпуска:

$$\Delta W_{но2} = \Delta W_{ноуч1} + \Delta W_{ноуч2} + \Delta W_{ноуч3}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (12)$$

Формула для расчета количества отключений:

$$\omega_n = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (L_{маг} + k_{нУ}) \cdot (L_{маг} \cdot \Sigma L_{отп}), \text{ 1/год} \quad (13)$$

Формула для расчета длительности отключений:

$$T_n = \omega_n \cdot T \cdot k_{вВ}, \text{ ч/год} \quad (14)$$

Результаты расчетов показателей надежности приведены в таблице 3 для варианта 2.

Таблица 2. Показатели надежности для вариант 1

Наименование показателей	Участок 1	Участок 2	Суммарное значение
Годовой недоотпуск электроэнергии, кВт*ч	14343,4	10021,9	24365,3
Количество отключений, 1/год	1,65	1,65	3,3
Длительность отключений, ч/год	9,9	9,9	19,8

Таблица 3. Показатели надежности для варианта 2

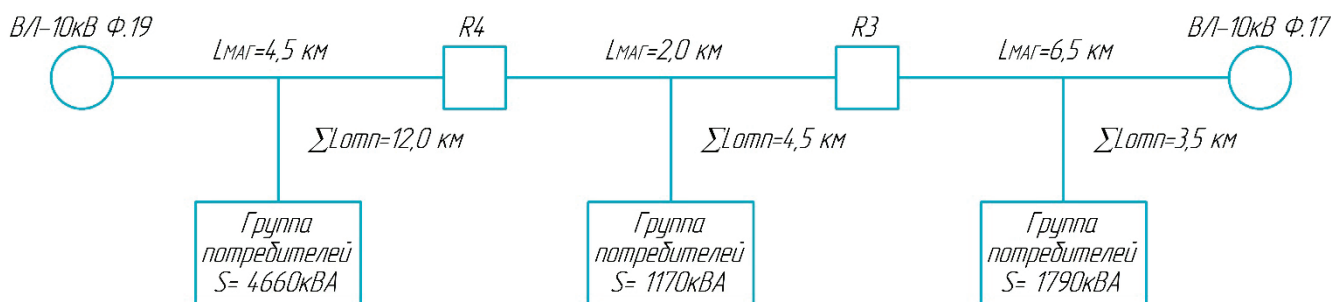


Рис. 3. Расчетная схема для варианта 2

Наименование показателей	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Суммарное значение
Годовой недоотпуск электроэнергии, кВт*ч	14343,4	2080,72	3201,12	19625,12
Количество отключений, 1/год	1,65	0,72	0,68	3,02
Длительность отключений, ч/год	9,9	2,592	2,448	14,94

Таблица 4. Показатели надежности расположения реклоузеров

Вариант секционирования	Количество отключений, 1/год	Длительность отключений, ч/год	Годовой недоотпуск электроэнергии, кВт*ч
1	3,3	19,8	24365,3
2	3,02	14,94	19625,12

Результаты расчетов надежности по двум вариантам расположения реклоузеров указаны в таблице 4.

Полагаясь на расчеты, приведенные в таблице 4, можно сделать вывод, что при использовании реклоузера R3, технико-экономическое состояние и качество электроэнергии, стало лучше, за счет децентрализованного подхода к автоматизации распределительной сети на ВЛ-10кВ Атяшево Ф.17. Следующим шагом для развития энергосистемы Атяшевского РЭС следует установить реклоузер R5 на ВЛ-10кВ Атяшево Ф.19 опоры 61.

Также хочется выделить, что в мире появились новые показатели надежности, а именно:

1. Эквивалентная продолжительность перерывов в электроснабжении на одного потребителя (SAIDI–SystemAverageInterruptionDurationIndex) — среднее время отключения одного потребителя в системе.

2. Эквивалентная частота перерывов в электроснабжении на одного потребителя (SAIFI–SystemAverageInterruptionFrequencyIndex) — среднее число перерывов на одного потребителя, который был отключен, в течение определенного периода времени.

Рассчитаем с помощью формул показателей надежности SAIDI и SAIFI:

$$SAIDI = \frac{\sum(\omega_i \cdot N_i)}{\sum N_i} \tag{15}$$

$$SAIFI = \frac{\sum(T_i \cdot N_i)}{\sum N_i} \tag{16}$$

где  $N_i$  — количество потребителей  $i$ -го участка фидера, шт.;  $\omega_i$  — количество отключений потребителей  $i$ -го участка фидера, откл./год;  $T_i$  — время перерыва электроснабжения потребителей  $i$ -го участка фидера ч/год;  $i$  — количество участков фидера, шт.

Расчет показателей надежности SAIDI и SAIFI приведен в таблице 5.

По результатам проведенных расчетов видно, что показатели надежности существенно улучшились при использовании варианта 2. Данный вариант обеспечивает более высокую надежность эксплуатации, качество энергоснабжения и снижения потери электрической энергии. Годовой недоотпуск электроэнергии уменьшилось на 20%; количество отключений уменьшилось на 10%; длительность отключений уменьшилось на 25%. Так же если смотреть на показатели SAIDI и SAIFI: показатель SAIDI уменьшился на 35%, а показатель SAIFI уменьшился на 30%.

Таблица 5. Показатели надежности расположения реклоузеров

Вариант секционирования	SAIDI	SAIFI
1	7,3	0,988
2	4,8	0,669

## Литература:

1. Хохлов А., Мельников Ю., Веселов Ф. и др. Распределенная энергетика в России: потенциал развития // Энергетический центр «Сколково».
2. Методические рекомендации по цифровизации объектов электросетевого хозяйства и организации эксплуатации электроустановок на базе цифровых технологий. Утвержден Решением Электроэнергетического Совета СНГ Протокол № 57 от 25 декабря 2020 г. С. 13–16.
3. СТО ПАО «Россети» 34.01–2.2–032–2017 Линейное коммутационное оборудование 6–35 кВ — секционирующие пункты (реклоузеры) Том 1.1 «Общие данные», 2017 г. С. 10–12.
4. Клочков В. В., Данилин М. Н. Анализ влияния новых технологий в энергетике на экономику России в долгосрочной перспективе // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. — 2015. — С. 13–28.
5. Софьин В. В., Капустин Д. С., Туманин А. Е. ПИР на весь электросетевой комплекс // Энергоэксперт. — 2017. — 3 (62). С. 22–24.
6. Хузмиев И. К. Цифровая энергетика — основа цифровой экономики // Автоматизация и ИТ в энергетике. — 2017. — С. 5–10.
7. В НТЦ ФСК ЕЭС состоялась конференция по внедрению цифровых технологий в электроэнергетике // Энергоэксперт. — 2017. — С. 5.

## Коррекция импульсов управления матрицей лазерных диодов для ИК-спектроскопии

Волошин Артем Константинович, студент магистратуры

Научный руководитель: Петров Глеб Анатольевич, кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В статье рассматриваются методы управления параметрами импульса источника питания полупроводниковых лазеров.*

**Ключевые слова:** матрица лазерных диодов, спектроскопия, источник питания.

Блоки формирования импульса управления матрицей лазерных диодов, основанные на компонентах широкого назначения, нуждаются в точном контроле выходного тока и строгой настройке длительности импульса, фронта, а также должны обеспечивать отсутствие всплесков тока и ход обратного тока на срезе импульса. Это обуславливается тем, что матрицы лазерных диодов чувствительны к импульсным помехам, а ток обратной полярности по срезу импульса наносит полупроводниковым устройствам необратимые повреждения, влекущие за собой выход из строя.

Предпочтительным вариантом является управление параметрами импульса при помощи корректирующих цепей. Однако применение в качестве стабилизатора тока интегральных микросхем в большей части случаев неприемлемо, так как они работают в импульсном режиме, что несовместимо с лазерными матрицами. Поэтому в корректирующих цепях используют дискретные компоненты.

Моделирование цепей выполнялось в программном пакете Micro-Cap при следующих параметрах управляющего импульса: время задержки переднего фронта (TD) — 0 мкс; время нарастания переднего фронта (TR) — 85 мкс; время спада заднего фронта (TF) — 15; величина полки импульса (PW) — 1 мкс. Такие параметры были выбраны исходя из применений подобных методов коррекции. Дело в том, что для импульсных источников питания требуется наличие полки, однако для питания полупроводниковых лазеров в вопросах ИК-спектроскопии она не требуется. В таком случае на матрицу лазерных диодов подается пилообразный сигнал.

Рассмотрим 3 вида корректирующих цепей:

- корректирующие цепи с конденсатором, включенным параллельно нагрузке;
- корректирующие цепи с индуктивностью, последовательной с нагрузкой;
- корректирующие цепи с транзистором в активном режиме и обратной связью по току.

Корректирующие цепи с конденсатором, включенным параллельно нагрузке, состоит из последовательной RC-цепи (R1, C1) и диода D10. Величина сопротивления R2 отвечает за вычитание тока корректирующей цепи из тока на входе матрицы, тем самым убирая помехи. D1-D9 — матрица лазерных диодов (Рис. 1).

Подбор оптимальных параметров позволил получить импульсы, представленные на рис. 2.

Применение корректирующих цепей с индуктивностью, включенной последовательно с нагрузкой, позволяет получить похожие результаты. Связано это с тем, что цепь работает по тому же принципу, что и предыдущая, однако для питания нагрузки используется частичная разрядка индуктивного накопителя энергии.

Схема цепи представлена на рис. 3. Путем согласования сопротивления R1 и индуктивности L1 добиваются сложения тока, что и дает импульс нужной формы (рис. 4).

Наилучшие результаты были получены при моделировании цепи коррекции с транзистором в активном режиме и обратной связью по току (Рис. 5).

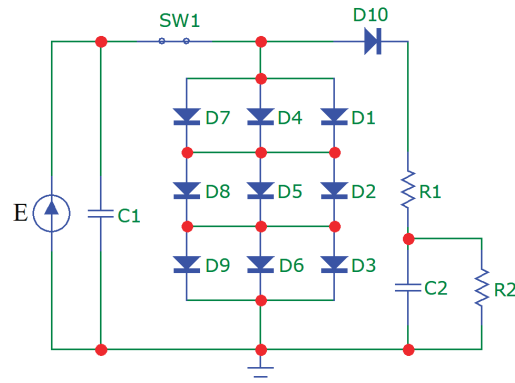


Рис. 1. Корректирующая цепь с конденсатором, включенным параллельно нагрузке

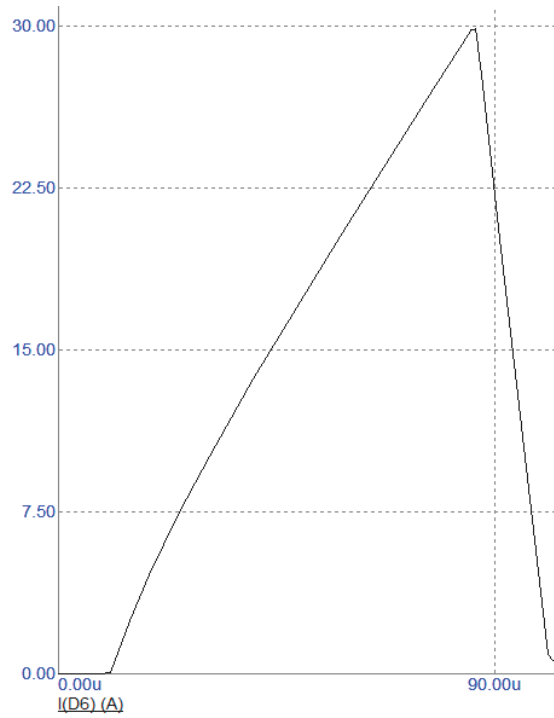


Рис. 2. Результат коррекции импульса при помощи конденсатора, параллельного нагрузке

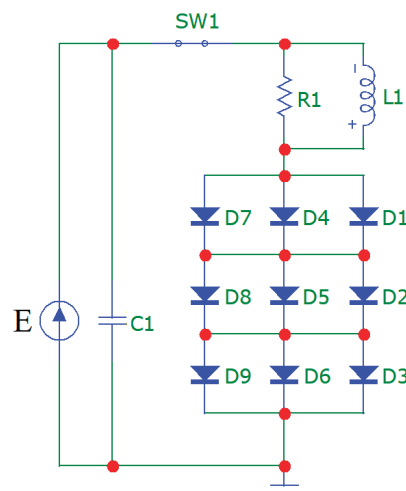


Рис. 3. Корректирующая цепь с индуктивностью, включенной параллельно нагрузке

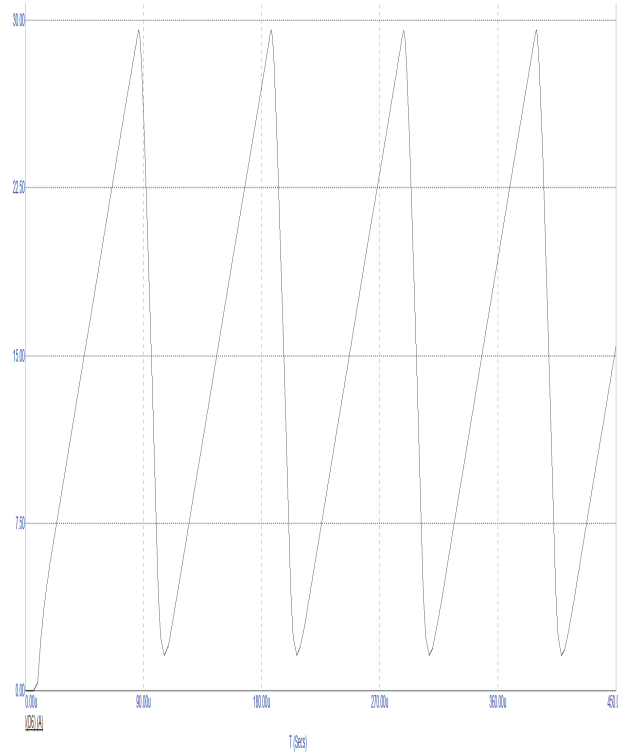


Рис. 4. Результат коррекции импульса при помощи конденсатора, параллельного нагрузке

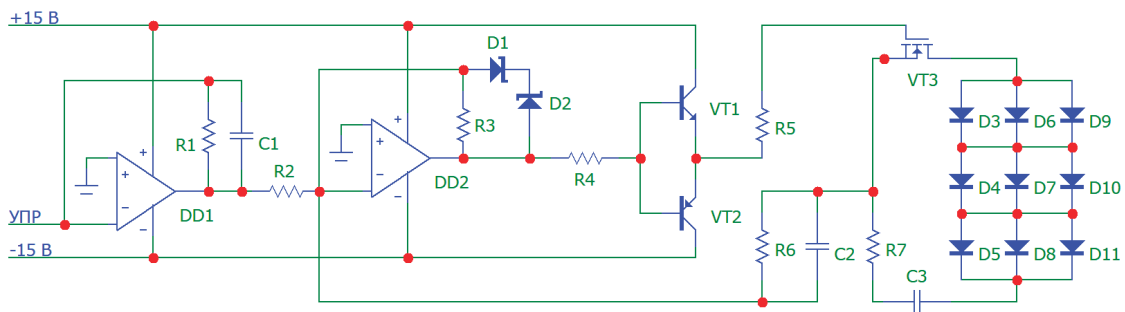


Рис. 5. Корректирующая цепь с транзистором в активном режиме и обратной связью по току

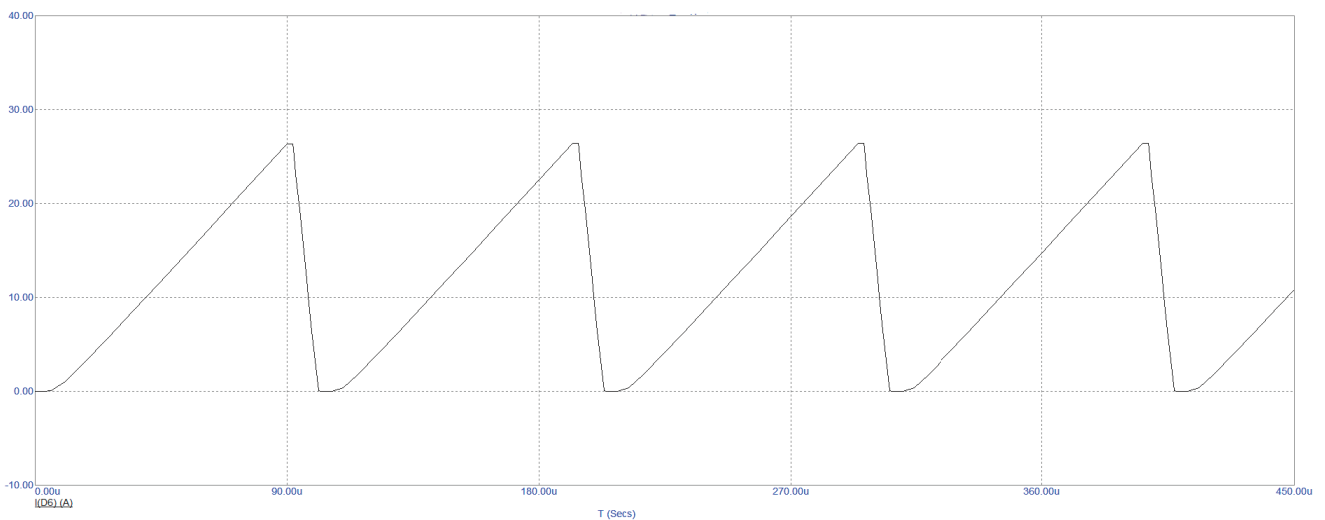


Рис. 6. Результат коррекции импульса при помощи транзистора в активном режиме с обратной связью по току



Описывая ее принцип действия, можно сказать, что цепь работает фактически так же, как пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор. Цепь позволяет контролировать форму импульса в нагрузке в широком диапазоне длительности импульса, чего нельзя сказать о первых двух методах. Кроме того, стоит обратить внимание, что в данной цепи реализуется функция системы аварийной защиты и генерация управляющих импульсов ключа. Результат коррекции представлен на рис. 6.

Литература:

1. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование. — МК-пресс, 2007. — 288 с.
2. Технологические процессы лазерной обработки: Учебное пособие для вузов. Под редакцией А. Г. Григорьянца. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 665 с.

## Проектирование функциональной схемы генератора сигналов различной формы

Гаппаров Леонид Анварович, студент

Научный руководитель: Амелина Марина Александровна, кандидат технических наук, доцент  
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

*В данной статье выполнено обоснование актуальности и результат проектирования электрической схемы генератора сигналов различной формы на функциональном уровне. Актуальность исследования обусловлена тем, что существующие полезные устройства и технические решения, предназначенные для генерации периодических сигналов различной формы, имеют относительно высокую стоимость и ограниченное количество возможных формы импульсных сигналов. Решением данной проблемы является проектирование генератора сигналов различной формы на основе микроконтроллера.*

**Ключевые слова:** генератор сигналов, различная форма сигналов, последовательный интерфейс UART, полезное устройство, таймер, микроконтроллер.

В области измерительной техники существует особый класс устройств, предназначенный для проверки различных технических решений промышленной электроники (от электрических схем до полноценных приборов). Данные устройства называются генераторами сигналов различной формы. В области приемо-сдаточных испытаний измерительной аппаратуры, предназначенной для работы с импульсными и периодическими сигналами, важной выходной характеристикой является реакция цепи. При этом, как правило, необходимо производить комплексную проверку для подтверждения реальных частотных характеристик посредством подачи на вход эталонных сигналов различной формы.

Генератор сигналов различной формы является одним из полезных устройств промышленной электроники, функциональность которых заключается в формировании выходного напряжения согласно заданным электрическим характеристикам (напряжение, закон изменения сигнала и т.п.). Целью настоящего исследования является предложение генератора сигналов на микроконтроллере, предоставляющего широкие возможности по формированию выходного сигнала. Актуальность исследования обусловлена тем, что существующие генераторы ограниченными касательно реализуемых форм выходных сигналов или имеют высокую стоимость при наличии данных функций. Одним из очевидных решений обозначенной

При разработке цепей коррекции всегда следует обращать внимание на диапазон изменения параметров импульсов. В малой области изменений можно воспользоваться цепями коррекции с конденсатором, параллельным нагрузке, или индуктивностью, последовательной нагрузке. Однако при увеличении требуемого диапазона изменений параметров предпочтительнее отдать цепи коррекции с транзистором в активном режиме и обратной связью по току.

проблемы является проектирование простого микропроцессорного устройства с открытым исходным кодом для возможности определения собственных форм сигналов.

Предлагаемое устройство должно соответствовать следующим техническим требованиям:

- 1) формирование сигнала с выбором формы (синус, прямоугольник, треугольник, пила),
- 2) изменение частоты выходного сигнала в диапазоне от 50 Гц до 20 кГц,
- 3) размах формируемого напряжения 5 В,
- 4) а также функциональным требованиям:
- 5) установка основных параметров работы устройства с помощью кнопок и энкодера,
- 6) индикация основных конфигурируемых параметров,
- 7) возможность установки основных параметров с использованием ПК.

Функциональная схема предлагаемого устройства, удовлетворяющего обозначенным техническим и функциональным характеристикам, представлена на рис. 1. Основу работы устройства составляет микроконтроллер семейства AVR [1].

Рассмотрим основные элементы устройства и обеспечение требований:

1. Выполнение требования (1) и (3) выполняется при использовании ЦАП (формирование аналогового сигнала) и опе-

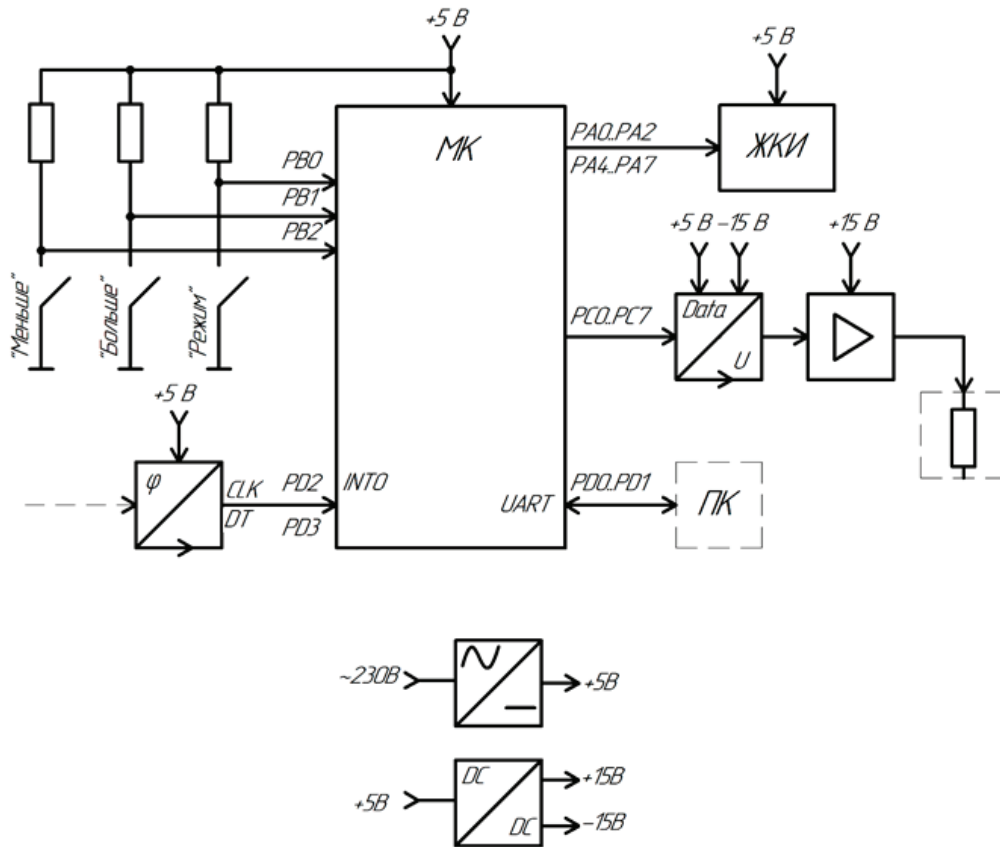


Рис. 1. Функциональная схема генератора сигналов различной формы

рационного усилителя (повышение максимальной нагрузочной способности).

2. Обеспечение требования (2) выполняется при использовании 16-разрядного таймера в составе МК с высокой частотой тактирования. При этом будет покрываться весь необходимый частотный диапазон выходного сигнала.

3. Требование (4) заключается в необходимости обеспечения ручного режима управления генератором. При этом необходимо использование кнопок «Меньше» и «Больше» для изменения того или иного электрического параметра, а также «Режим» для переключения режимов индикации/конфигурации. При этом в устройстве имеется возможность конфигурации частоты в широком диапазоне, для чего использование кнопок управления будет неудобным. Поэтому в устройстве также необходимо использование поворотного энкодера для оптимизации процессов конфигурации устройства.

4. Для выполнения требования (5) необходимо использование текстового ЖКИ. Индикатор в данном случае необходим для выполнения конфигурации устройства в ручном режиме (то есть, с использованием кнопок и поворотного энкодера) для

визуального предоставления основных параметров формируемого сигнала в виде буквенно-цифровой информации. Управление выбранного текстового ЖКИ реализуется с использованием 4-битной шины данных.

5. Для выполнения требования (6) необходимо подключение внешнего ПК (возможность полуавтоматизированной конфигурации). Для подключения к ПК устройства необходимо наличие последовательного интерфейса микропроцессорных взаимодействий UART [2].

6. Цепь питания, представляющая собой цепочку AC/DC преобразователя для получения напряжения постоянного тока +5 В (питание микроконтроллера, ЖКИ) при использовании в качестве источника питания сетевого напряжения 230 В, а также DC/DC преобразователей — повышение постоянного напряжения +5 В в напряжения ±15 В (питание ЦАП и ОУ).

Таким образом, был предложен генератор сигналов произвольной формы на основе микроконтроллера, представленный соответствующей функциональной схемой, на которой отражены особенности интерфейсов взаимодействий и организация цепи питания.

Литература:

1. Мартин Т. Микроконтроллеры Atmega. Семейство микроконтроллеров AVR. Вводный курс. — М.: изд. Додэка-XXI, 2010. — 296 с.
2. Сартаков, В. Д. Микропроцессорные средства и системы: учебное пособие / В. Д. Сартаков. — Иркутск: ИРНИТУ, 2022. — 156 с.

## Разработка электронного модуля углового датчика

Горячев Павел Александрович, студент магистратуры

Арзамасский политехнический институт Нижегородского государственного политехнического университета имени Р. Е. Алексеева

В статье приведена структурная схема канала измерения углового датчика, произведен выбор бескорпусной отечественной элементной базы, выполнено исследование динамических свойств контура, построен переходный процесс и АЧХ.

**Ключевые слова:** угловой датчик, бескорпусные радиоэлементы, АЧХ, переходный процесс.

В качестве первичной информации о вращательном движении базовых направлений в инерциальных навигационных системах могут использоваться углы, определяющие положение базовых направлений относительно некоторой псевдоинерциальной системы координат, а также угловые скорости и угловые ускорения базовых направлений относительно той же системы координат.

Актуальность разработки блока электроники углового датчика заключается в том, что проблема измерения угловых ускорений вращающихся элементов машин и механизмов является одной из наиболее важных в контрольно-измерительной технике. Машиностроение и ракетостроение, судостроение и энергетика — вот далеко не полный перечень отраслей народного хозяйства, дальнейшее развитие которых зависит от решения этой проблемы. Знание углового ускорения имеет важное значение и для решения задач навигации и управления, а также для технической диагностики и определения механических характеристик машин и механизмов в динамических режимах.

Проектируемое электромеханическое устройство является датчиком прямого измерения с маятниковым чувствительным элементом.

При действии углового ускорения подвижная масса, подвешенная на «мягких» кремниевых упругих элементах, отклоняется от исходного положения. Это отклонение приводит к небалансу емкостного моста. Функционально угловой акселерометр состоит из следующих частей: инерционной массы, включающей в себя кремниевую пластину с титановыми скобами; упругого подвеса, газового демпфера, дифференциального емкостного преобразователя перемещения инерционной массы и усилителя. Функциональная схема акселерометра изображена на рисунке 1.

При действии измеряемого углового ускорения на чувствительный элемент возникает момент инерциальных сил  $M$ , вызывающий перемещение подвижного узла ПУ на угол  $\alpha$ . ПУ перемещается относительно обкладок измерительных емкостей датчика перемещений ДП.

Для реализации работы общий передаточной функции необходимо сформировать контур локальной обратной связи. Функциональная схема электронного преобразователя показана на рисунке 2.

При проектировании электрической схемы для минимизации габаритов используются бескорпусные радиоэлементы и напыленные резисторы.

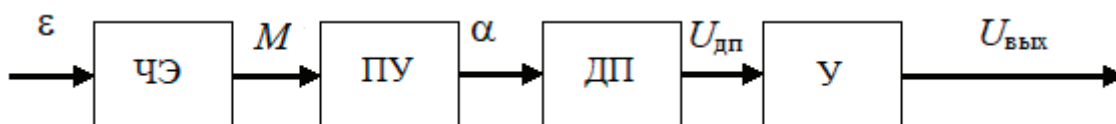


Рис. 1. Функциональная схема акселерометра

ЧЭ — чувствительный элемент, ПУ — подвижный узел, ДП — датчик перемещений (датчик угла), У — усилитель,  $\epsilon$  — измеряемое угловое ускорение,  $M$  — инерционный момент,  $\alpha$  — угол отклонения маятника от нейтральной,  $U_{дп}$  — выходное напряжение датчика угла,  $U_{вых}$  — выходное электрическое напряжение

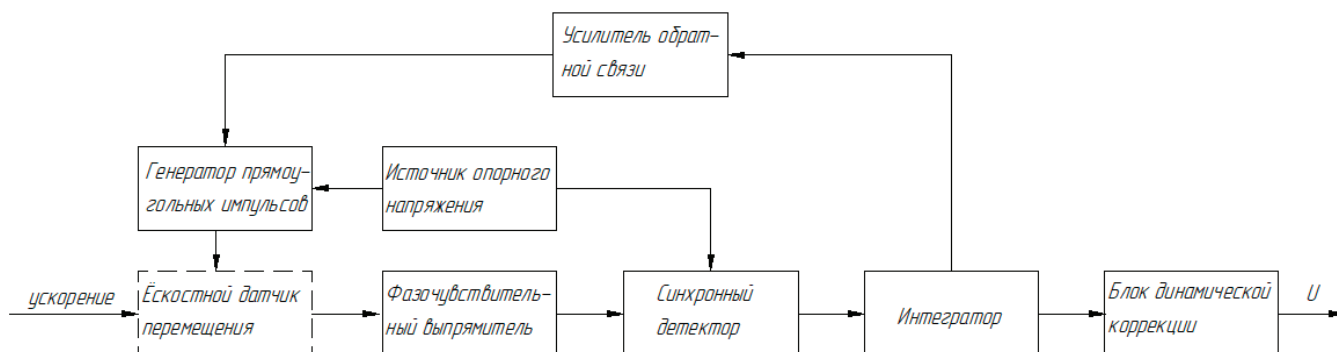


Рис. 2. Функциональная схема электронного модуля

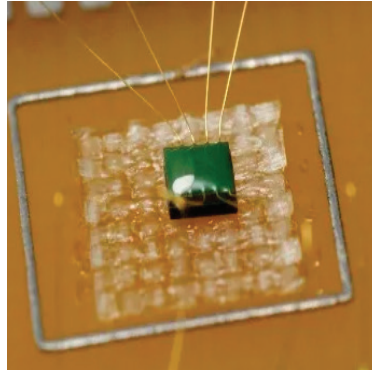


Рис. 3. Внешний вид 140УД17АН1ВК

Микросхемы 140УД17АН1ВК (рисунок 3) представляют собой прецизионные операционные усилители с внутренней частотной коррекцией. Содержат 81 интегральный элемент. Корпус типа 3101.8–8.01.

Напряжение питания:  $\pm 15$  В  $\pm 10\%$ . Ток потребления: не более 6 мА. Рабочая температура:  $-60\dots+125^\circ\text{C}$ .

Минимальный срок сохраняемости микросхем при их хранении:

- в отапливаемом хранилище или в хранилище с регулируемой влажностью и температурой или местах хранения микросхем, смонтированных в защищенную аппаратуру, или находящихся в защищенном комплекте ЗИП — 25 лет;
- в неотапливаемом хранилище — 16,5 лет;
- под навесом и на открытой площадке, смонтированными в аппаратуру (в составе незащищенного объекта), или в комплекте ЗИП — 12,5 лет. Срок сохраняемости исчисляется с даты изготовления, указанной на микросхеме.

Керамические конденсаторы (рисунок 4) представляют собой пластинки, диски или трубки из керамики с нанесенными на них электродами из металла. Диэлектрическая прокладка достаточно прочна и является конструктивно-механической основой конденсатора. Обкладки наносят методом жигания серебра в керамику с последующим облуживанием

торцевых посеребренных мест легкоплавким припоем для пайки выводов. Для монтажа в ГИС и микросборки выпускают бескорпусные незащищенные конденсаторы, выводы которых выполнены в виде посеребренных или луженых контактных площадок.

765КТ3–1 (рисунок 5) — интегральная микросхема артикул согласно ГОСТ микросхемы бескорпусные используются в радиоэлектронной аппаратуре в широком спектре применения и предназначена микросхема интегральная бескорпусная для работы в качестве четырех двунаправленных переключателей.

Применяется в качестве элементов составных интегральных чипов, микрочипов, блоков и аппаратуры, создающих герметичность и защищенность диодов СВЧ от влияния высокого уровня влажности, солей пыли, плесени, изморози и водяных осадков и перепадов давления. Модель прибора указывается на индивидуальной таре.

Микросхема 564ЛА7Н1 ВК (рисунок 6) — микроминиатюрное электронное устройство, все или часть элементов которого нераздельно связаны конструктивно и соединены между собой электрически.

По своему функциональному назначению интегральные микросхемы делятся на две основные группы: аналоговые, или ли-

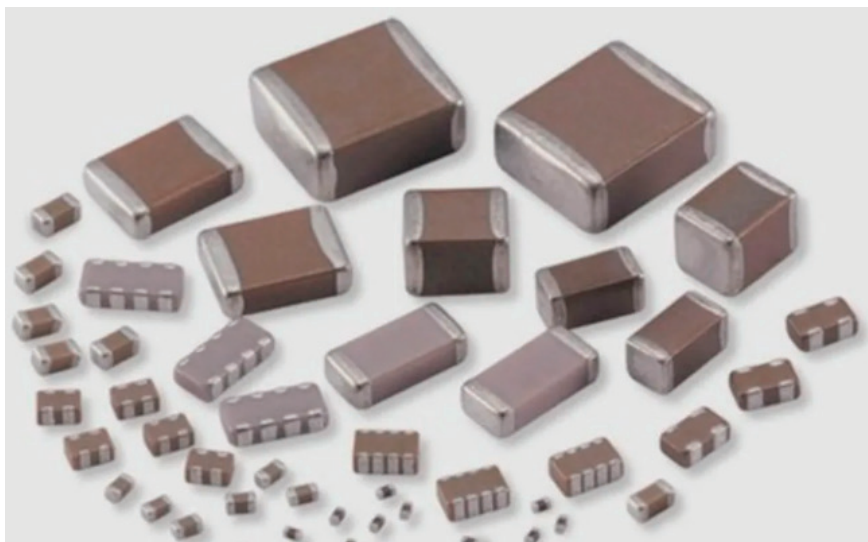


Рис. 4. Керамические конденсаторы серии К10



Рис. 5. Двухнаправленных переключателей 765КТЗ-1

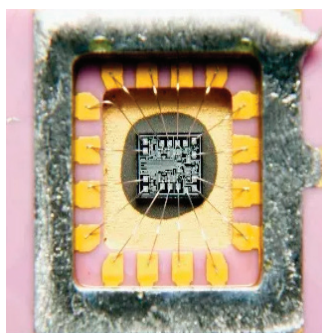


Рис. 6. Микросхема 564ЛА7Н1 ВК

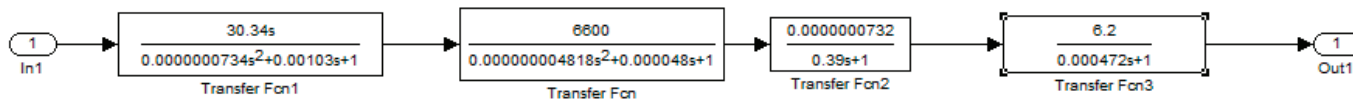


Рис. 7. Передаточная функции в Matlab

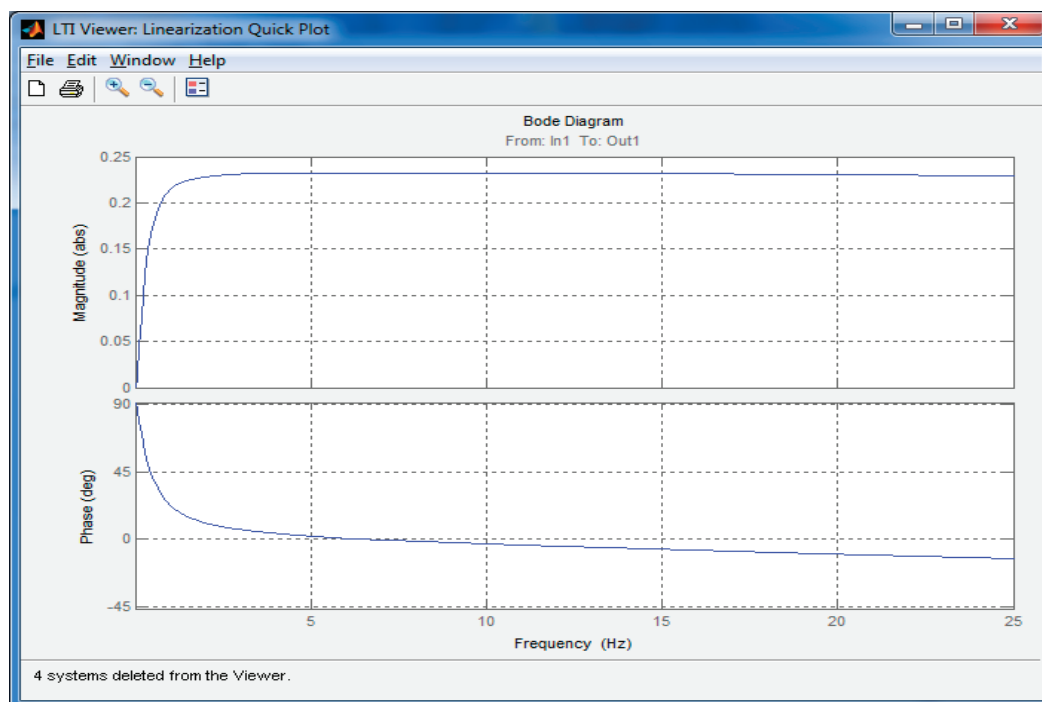


Рис. 8. АЧХ углового акселерометра

нейно-импульсные, и логические, или цифровые, микросхемы. Аналоговые микросхемы предназначены для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний разных частот, например, для приемников, усилителей, а логические — для использования в устройствах автоматики, в приборах с цифровым отсчетом времени, в ЭВМ.

Из передаточной функции (рисунок 7) видно, что прибор в статическом режиме не работает, т.к. в этом режиме полета работает стандартный контур управления.

АЧХ канала измерения представлена на рисунке 8.

С 2 Гц до 20 Гц присутствует равномерный участок. Переходный процесс измерителя углового ускорения показан на рисунке 9.

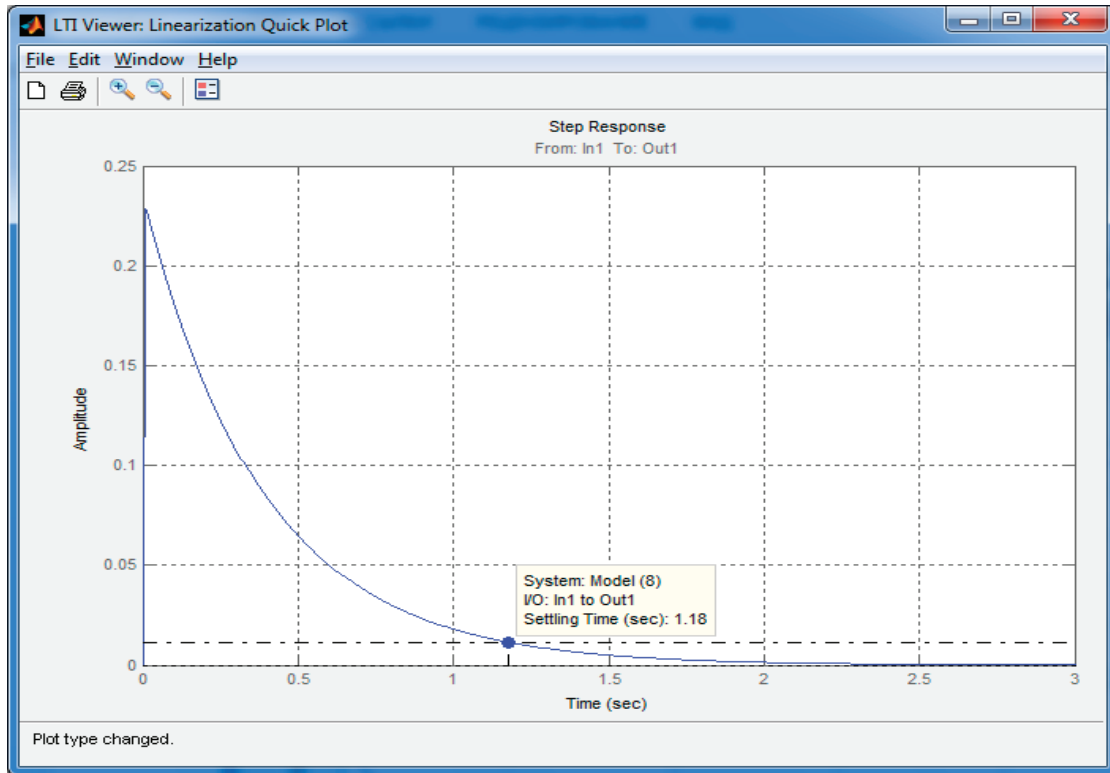


Рис. 9. Переходный процесс

Время переходного процесса не превышает 5 с. В рамках статьи разработана функциональная схема модуля электро-

ники, произведен выбор элементной базы. Произведен анализ динамических характеристик контура.

Литература:

1. Пичугин И. Г. Технология полупроводниковых приборов / И. Г. Пичугин, Ю. М. Таиров. — М.: Высшая школа, 1984. — 288 с.
2. Карантиров Н. Ф. Качество микрорельефа при анизотропном травлении кремниевых пластин ориентации (100) / Н. Ф. Карантиров. — Электронная техника, сер. 6, вып. 10, 1979. — 68–74 с.

## Оценка добавления нанокompозита в цементные пасты для нефтяных скважин с низким градиентом трещиноватости

Диас Невес Фернанда, студент магистратуры;

Дос Сантос Карвальё Тьяго, студент магистратуры

Научный руководитель: Шешукова Галина Николаевна, кандидат технических наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет

*Цементирование нефтяных скважин является одним из наиболее важных этапов на этапе бурения скважин, поскольку проблемы во время операции перекачки шлама и неполное заполнение кольцевого пространства между обсадной колонной и стенкой*

скважины могут привести к его потере. При бурении скважины в слабом пласте породы требуется еще большая осторожность, так как вообще должен быть предел гидростатического давления, оказываемого при цементации, чтобы пласт не обрушился. Для цементирования скважины, пласт которой слабый или рыхлый, применяют легкие пасты.

**Ключевые слова:** цементация, нанокompозиты, нанокремнезем, наноглина.

## 1. Расширители

Это добавки, имеющие функцию снижения плотности паст и, следовательно, получения большего выхода, что позволяет использовать их на больших глубинах, поскольку они вызывают более низкое гидростатическое давление. Расширители в основном делятся на три категории [2]:

— **Разбавители на водной основе:** состоят из добавок, которые позволяют добавлять в пасту избыток воды, не вызывая оседания. Глины являются примерами наполнителей воды;

— **Наполнители из легких материалов:** состоят из добавок, удельная масса которых меньше удельной массы цемента. Благодаря использованию этих добавок цементное тесто становится легче;

— **Газообразные наполнители:** состоят из азота или воздуха, используемых при приготовлении цементного теста, образуя так называемую вспененную пасту.

При составлении рецептуры Portland цементной пасты для цементирования скважины после введения желаемой добавки она подвергается нескольким лабораторным испытаниям для характеристики ее относительно желаемых свойств для скважины. В таблице 1.

### 1.1. Наноглины

Наноглины или глинистые минералы, по существу, представляют собой алюмосиликаты. Глина, наиболее часто используемая для изготовления паст для цементирования нефтяных скважин, представляет собой бентонит (состоящий не менее чем на 85% из монтмориллонита), который расширяется при контакте с водой [1]. Самым большим преимуществом использования бентонита в качестве намазочного материала для цементных паст является его низкая стоимость. Бентонит должен состоять преимущественно из натрия, так как он обладает способностью набухать и, следовательно, обладает способностью к гидратации. Исследования доказали, что предварительно гидратированный бентонит имеет большую эффективность по сравнению с гидратированным. Концентрация 2% прегидрата имеет ту же эффективность, что и 8% гидратированного бентонита (Рисунок 1).

### 1.2. Нанокремнезем

В последние годы использованию нанокompозитов уделяется особое внимание во многих областях применения с целью

Таблица 1. Обзор расширителей

Расширитель	Производительность и преимущества
Бентонит	Помощь с контролем фильтрата
Силикат натрия	Низкий спрос процентов и идеально подходит для смешать с морской водой
Вспененная паста	Отличная стойкость и низкая проницаемость
Летающий пепел	Устойчив к агрессивным жидкостям

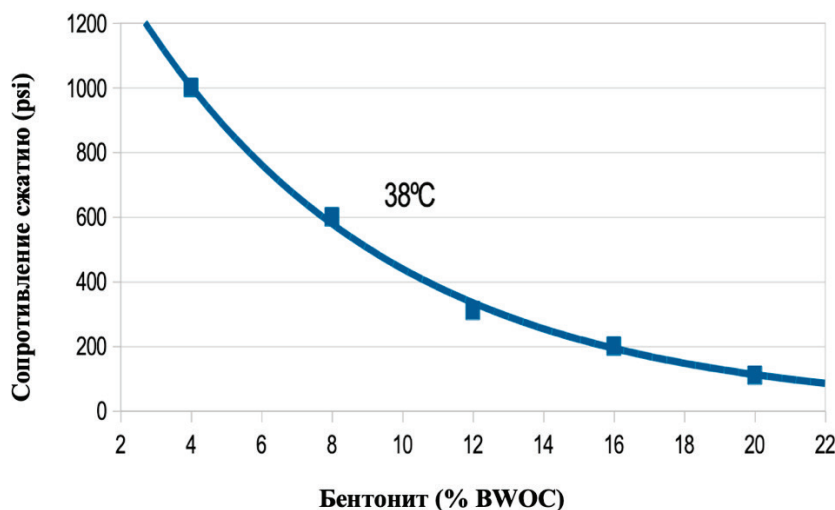


Рис. 1. Влияние концентрации бентонита на прочность на сжатие при 24 часа

производства материалов с новыми функциональными возможностями. В случае материалов на основе цемента частицы кремнезема нанометрового размера, называемые нанокремнеземом, могут посредством пуццолановых реакций с гидроксидом кальция главным образом способствовать большему образованию гидратированного силиката кальция. В целом этот эффект способствует повышению реологических параметров цементных паст и использованию их в пасты в качестве растекающих добавок [1].

Согласно проведенным исследованиям, добавление наносиликата в пасты снижает свободную воду, проницаемость и пористость за счет образования геля силиката кальция (C-S-H), имеющего более плотную структуру, помимо наполняющего эффекта наночастиц, которые имеют тенденцию занимать пустые пространства между нынешними фазами. Кроме того, эффект наполнителя способствует увеличению механического сопротивления сжатию [1, 2].

#### Литература:

1. Ribeiro, D.B. Development of light pastes for oil wells using an alternative extending additive based on a colloidal dispersion of silica nanoparticles: Master's Dissertation in Materials Science and Engineering / D. B. Ribeiro; Federal University of Rio Grande do Norte — Natal, 2012—108 p. Text: Direct
2. Mahmoudkhani, A.H. New environment friendly cement slurries with enhanced mechanical properties / A. H. Mahmoudkhani, D.N. T. Huynh, C. Sylvestre, J. Schneider. — Direct text // SPE Gas Technology Symposium — Canada, 2008.

#### Заключение

При цементировании скважин, пласт которых слабый или рыхлый, применяют легкие пасты. В данном случае мы оценили поведение этих целлюлоз с низкой плотностью (легких), в которых наиболее часто используемыми добавками являются наполнители, поскольку они позволяют получить больший выход целлюлозы, в результате чего получаются более легкие пасты.

Что касается механической стойкости, то существенного снижения показателей паст с добавлением нанокремнезема не произошло, что показывает возможность применения этих паст в полевых условиях без значительной потери стойкости, при условии, что они правильно составлены с добавками.

Согласно этой статье, мы можем доказать, что Portland цемент следует лучше понять с развитием исследований его наноструктуры, учитывая, что для материалов с разным размером частиц мы получаем существенно разные свойства.

## Сравнительное исследование механистического моделирования многофазного потока в горизонтальных скважинах

Дос Сантос Тьяго Карвалье, студент магистратуры

Научный руководитель: Шешукова Галина Николаевна, кандидат технических наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет

*Горизонтальная закачка пара в пласт имеет широкие возможности применения в коллекторах тяжелой нефти. Однако одной из проблем этой технологии является прогнозирование профилей давления, температуры и качества пара в стволе скважины. Для определения этих профилей уже более 30 лет используются эмпирические корреляции, погрешность которых составляет около  $\pm 30\%$ . В последние годы больше внимания уделяется механистическим моделям, поскольку они позволяют получить более реалистичные гидравлические кривые, а также могут быть предсказуемыми.*

**Ключевые слова:** эмпирические корреляции, механическое моделирование, горизонтальные коллекторы.

## Comparative study of mechanistic modeling of multiphase flow in horizontal wells

*Horizontal steam injection has a wide range of applications in heavy oil reservoirs. However, one of the problems of this technology is the prediction of pressure, temperature and steam quality profiles in the wellbore. Empirical correlations have been used to determine these profiles for more than 30 years, with an error of about  $\pm 30\%$ . In recent years, more emphasis has been placed on mechanistic models because they provide more realistic hydraulic curves and can also be predictive.*

**Keywords:** empirical correlations, mechanical modeling, horizontal reservoirs.



### 1. Экспериментальная база данных и инструмент моделирования

В литературе имеется мало экспериментальных данных по течению водяного пара через горизонтальные трубы. Однако

экспериментальные данные по природной воде дают хорошее приближение к явлениям течения, происходящим в трубах с водяным паром. В таблице 1 приведены данные полевых испытаний потока воды и природного газа в горизонтальных трубах, представленные Eaton et al. (1967).

Таблица 1. Исходные данные в горизонтальной секции

Входные данные	Unidades	
Температура окружающей среды	°C	26,67
Наружный диаметр трубы	mm	52,50
Внутренний диаметр трубы	mm	60,33
Толщина изоляции	mm	0
Расстояние	Ft	518,16
Скорость ветра	m/seg	0
Излучательная способность трубы	Adim	0,9
Рабочее давление	Bar	62,74
Гравитация	m/s <sup>2</sup>	1,27E+08
Шероховатость	mm	2,54E-02
Теплопроводность трубы	W/m — °K	44,98
Фракция газа/жидкости	%	34,32
Скорость подачи	Kg/seg	3,91
Удельный вес газа	Adim	0,611
Удельный вес воды	Adim	1,01

Моделирование с помощью программного обеспечения PIPESIM 2009.1. Многофазный поток в паронагнетательных скважинах. Программное обеспечение включает в себя таблицы «ASTEM 97 — IAPWS IF97 Properties of Water and — Steam for Industrial Use». Промышленные приложения включают различные модели и корреляции для многофазных потоков в трубах, обычно используемых в нефтяной промышленности. Для приложений с многофазными потоками, PIPESIM позволяет определять на карте различные схемы притока, скорости газожидкостного потока и скопления флюидов по всему стволу скважины.

Расчеты проводились в направлении потока, начиная с точки впрыска пара (высокое давление), где градиент модели является точным. В таблице 2 представлены эмпирические модели и механизмы, оцененные в данном исследовании. Для сравнения рассчитанных градиентов давления с экспериментальными данными использовался статистический параметр средней абсолютной процентной ошибки. Формула 1.

$$E_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \left| \frac{\Delta P_c - \Delta P_m}{\Delta P_m} * 100 \right| \right) \tag{1}$$

Таблица 2. Характеристики эмпирических корреляций и механистических моделей

Модель	Тип модели	Применение к горизонтальному потоку	Holdup жидкость	Карта потока
Ansari	Механистическая	Нет	Да	Да
Beggs & Brill	Эмпирическая корреляция	Да	Да	Да
Dukler	Эмпирическая корреляция	Да	Да	Нет
Hagerdon & Brown	Эмпирическая корреляция	Нет	Да	Нет
Orkiszewski	Эмпирическая корреляция	Нет	Да	Да
TUFFP	Механистический	Да	Да	Да
Xiao	Механистическая	Да	Да	Да

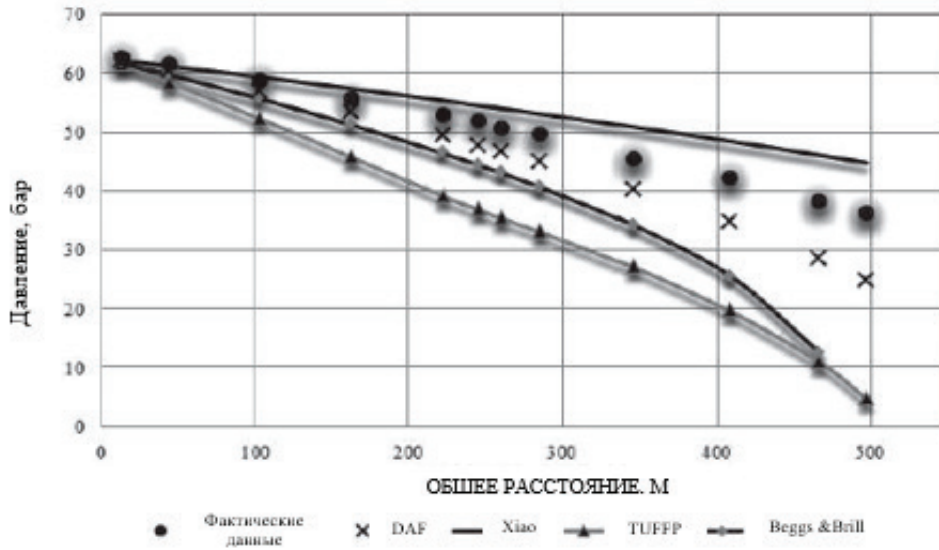


Рис. 1. Прогнозирование профиля давления с учетом данных из таблицы 2 для проверки горизонтального участка

Где:

$n$  — количество измеренных данных

$\Delta P_c$  — Расчетный перепад давления, бар

$\Delta P_m$  — Измеренный перепад давления, бар

На рис. 1 показаны прогнозы профиля давления с использованием различных моделей и корреляций для горизонтального

участка с использованием данных из таблицы 2. Расчетная доля для этого участка составляет 34,32%.

На рисунке 2 видно, что наилучшие результаты показала механистическая модель Xiao et al. (1990) со средней абсолютной ошибкой 8,7%, за ней следует корреляция Dukler (1964) с 10,7%. Механистическая модель TUFFP была наименее хорошо подогнана к полевым данным с ошибкой 33,6%.

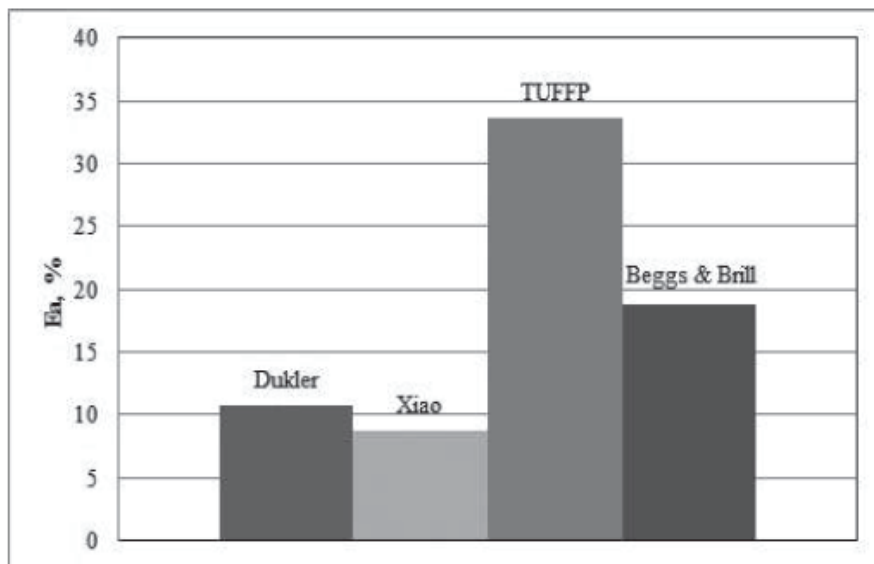


Рис. 2. Сравнение средней абсолютной процентной ошибки для механистических моделей и эмпирических корреляций на горизонтальном

Литература:

1. Xiao, J.J.; Shonham, O. y Brill, J. P. A Comprehensive Mechanistic Model for Two-Phase Flow in Pipelines. SPE Annual technical Conference and Exhibition, 23–26 September 1990, New Orleans, Louisiana. 1990. SPE20631.
2. Best, D.A.; Lesage, R.P. y Arthur, J. E. A Model Describing Steam Circulation in Horizontal Wellbores. Journal. SPE Production & Facilities. 1993. Vol. 8, no. 4, 263–268p. SPE-20203.

3. Cravino, A.; Duban, A.; Garcia, F. y Garcia, J. Evaluación De Modelos Homogéneos, De Correlación y Mecánicos En La Predicción Del Gradiente De Presión De Flujo De Gas y De Liquido En tuberías Verticales. Revista de la Facultad de Ingeniería U. C. V. 2009. Vol 24, no. 3, p 75–82.

## Цементирование скважин и варианты его научного исследования

Дос Сантос Тьяго Карвалье, студент магистратуры

Научный руководитель: Шешукова Галина Николаевна, кандидат технических наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет

*Цементирование — одна из самых важных операций, выполняемых в скважине. Этап цементирования отвечает за изоляцию скважины от поверхности между обсадной трубой и пробуренными горными породами. Это, пожалуй, самая важная операция при разработке нефтяной или газовой скважины, где изоляция, создаваемая цементным кольцом, должна обеспечивать целостность скважины (с точки зрения утечек и механических нагрузок) и пластов в периоды разведки углеводородов и закачки CO<sub>2</sub>, а также гарантировать долгосрочное хранение. Поэтому для обеспечения идеальной изоляции необходимо полностью удалить буровой раствор из затрубного пространства, заполнив его цементным раствором, так как неполная зональная изоляция может привести к проблемам загрязнения окружающей среды или снижению ожидаемых показателей добычи. Цементные растворы представляют собой жидкую смесь цемента, воды и дополнительных наполнителей.*

**Ключевые слова:** цементирование, скважина, изоляция.

Процедура первичного цементирования, которая осуществляется сразу после погружения каждой обсадной колонны в скважину, предусмотрена в программе бурения скважин и ориентирована на приоритетную реализацию. Основная цель состоит в том, чтобы ввести безупречные и цементную пасту в затрубную область между пластом и обсадной колонной, что приведет к эффективной и длительной фиксации и герметизации затрубного пространства.

Основными задачами первичной цементации являются: механическое сцепление с покрытием и пластом, изоляция пересекаемых пластов и защита покрытия от коррозии и динамических нагрузок, возникающих при операциях внутри него. В зависимости от типа цементируемой обсадной колонны или особых условий скважины существуют конкретные цели.

— Токопроводящее покрытие: предотвращает эрозию обычно неконсолидированных поверхностных слоев;

— Поверхностная обсадная колонна: предназначена для защиты пресноводных пластов, поддержки оборудования, обеспечивающего безопасность скважины; а также для поддержки других обсадных колонн. На данном этапе цементирование по всей обсадной колонне обязательно;

— Промежуточная прокладка: обеспечивает изоляцию пластов с аномально низким или высоким давлением и изолирует некомпетентные пласты, чувствительные к контакту с буровым раствором;

— Продуктивная прокладка: предоставляет защиту углеводородосодержащих зон, направленную на предотвращение снижения производительности, которое может произойти из-за возможной чувствительности пласта к жидкостям, содержащимся в скважине; кроме того, обеспечивает изоляцию зон для селективной разработки различных интервалов.

— Многоступенчатость: позволяет проводить цементирование обсадной колонны в несколько этапов в случаях, когда

колонна очень длинная или когда пересекаются пласты с различными характеристиками. Такая процедура снижает риск загрязнения, буровым раствором, а также уменьшает вероятность гидроразрыва пласта.

Первичное цементирование заключается в помещении цементной пасты в кольцевое пространство, образованное обсадной колонной и стенками скважины, которая после схватывания должна обеспечить:

I. Механическое сцепление с обсадной колонной;

II. Изоляцию пластов;

III. Защиту обсадной колонны от коррозии и динамических нагрузок, возникающих при проведении работ внутри нее.

При проектировании и проведении первичного цементирования необходимо соблюдать определенные меры предосторожности, чтобы обеспечить выполнение вышеуказанных требований.

Первичное цементирование чрезвычайно важно для жизненного цикла скважины, поэтому недостаток изоляции потребует проведения корректирующих операций, что приведет к дополнительным затратам в процессе строительства скважины. В основном это активные операции, которые включают в себя исправление дефектов первичного цементирования, устранение попадания воды из нежелательной зоны, снижение соотношения газ/нефть путем изоляции газовой зоны, прилегающей к нефтяной зоне, ликвидацию истощенных зон или устранение утечек в обсадной колонне [1].

Цементирование играет важную роль в строительстве скважин. При бурении определенного участка скважины необходимо организовать его изоляцию непроницаемым материалом (цементом), чтобы не допустить сообщения между различными фазами скважины или между проницаемыми пластами с различными флюидами или градиентами давления, что чревато проблемами при бурении и эксплуатации скважины. Цементирование

также отвечает за обеспечение гидравлической изоляции пронизываемых пластов от поверхности. Отсутствие такой изоляции может привести к попаданию нефти на морское дно или на поверхность земли, что приведет к загрязнению окружающей среды. Ряд производственных неудач, связанных с нарушением гидравлической изоляции от поверхности, может привести к катастрофическим авариям. Это означает, что при реализации проекта или программы цементирования необходимо всегда учитывать риски, особенно с точки зрения безопасности, используя передовые методы и соответствующие технологии, рекомендованные промышленностью в соответствии с установленными стандартами.

#### Литература:

1. Nunes, E. R. D. Influence of expanded vermiculite in the formulation of light pastes to prevent gas migration in oil well cementing. 2014. 186 f. Thesis (Doctorate in Materials Science and Engineering) — Postgraduate Program in Materials Science and Engineering, Center for Exact and Earth Sciences, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

## Принципы организации движения поездов в России и Германии

Дроздова Екатерина Ильинична, студент;  
Максимова Евгения Сергеевна, кандидат технических наук, доцент  
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

Основными принципами организации движения поездов на железных дорогах является строго соблюдение требований безопасности движения поездов за счет четкого соблюдения нормативных документов и слаженность действий всех железнодорожных подразделений на основе графика движения поездов.

С момента своего основания в 1994 году Deutsche Bahn (DB AG) является концерном публично-правовой собственности (Sondervermögen) — акционерной компанией со стопроцентным государственным участием. DB AG является монополистом и принадлежит федеральному правительству, управление инвестициями которого осуществляет Федеральное министерство цифровых технологий и транспорта Германии (BM DV).

Для достижения более высоких показателей эффективности и гибкости бизнес-процессов, а также конкурентоспособности по сравнению с автомобильным транспортом федеральные железные дороги Германии стали структурой неинтегрированных железных дорог, разделяющие отрасль на инфраструктурную компанию (EIU) и компанию-перевозчика (EVU) и работающие внутри концерна как независимые частные компании. Таким образом деление произошло на компании, которые имеют в собственности вагоны и локомотивы, а другие — инфраструктуру. Такая система называется «Европейской» (EM).

Существует другая система железнодорожной коммерции — «Североамериканская» (AM) — когда на основе базового оператора создается несколько вертикально-интегрированных маршрутов, инфраструктура находится в пользовании операторов.

Таким образом, приняв во внимание разнообразие исследований, связанных с цементированием нефтяных скважин, и соотнеся их цели повышения эффективности в нефтяном секторе, необходимо заключить, что, благодаря технологическим исследованиям, было разработано много устойчивых проектов, направленных на соблюдение стандартов безопасности и охраны окружающей среды; проведено углубленное изучение паст с использованием полимеров или биоразлагаемых материалов; а также удалось значительно снизить скорость разрушения при цементировании по сравнению с предыдущими годами.

Рассмотрим более детально систему «EM». Инфраструктурная компания предоставляет во временное пользование железнодорожные пути, которые эксплуатирует компания-перевозчик (EVU), имеющая свой собственный парк вагонов и локомотивов, то есть EVU арендует нитки графика движения под свои нужды. Организационная структура этих двух направлений Deutsche Bahn (рис. 1) состоит из следующих компаний: **Инфраструктура**

- DB Netze Fahrweg — путевая железнодорожная инфраструктура;
- DB Netze Personenbahnhöfe und — пассажирские устройства;
- DB Netze Energie — энергетика.

#### Транспорт и логистика

- DB Fernverkehr — оператор дальнего следования (ICE, InterCity, EC);
- DB Regio — оператор пригородных перевозок (RE, RB, S-Bahn и региональные автобусы);
- DB Cargo — оператор в сфере грузовых железнодорожных перевозок;
- DB Schenker (Großbeteiligung) und — провайдер транспортно-логистических услуг (в части воздушных, наземных и морских перевозок, а также контактной логистике);
- DB Arriva (Großbeteiligung) — европейская транспортная компания (организация пассажирских перевозок различными видами транспорта за пределами Германии).

Помимо двух указанных направлений в состав Deutsche Bahn входят компании, непосредственно отвечающие за ис-



Рис. 1. Организационная структура Deutsche Bahn (инфраструктурная составляющая и компании-перевозчики)

пользование инфраструктурных ресурсов для организации движения поездов:

- DB Netz AG — использование железнодорожной сети;
- Deutsche Umschlaggesellschaft Schiene-Straße (DUSS) GmbH — транспортные терминалы;
- DB Fahrwegdienste GmbH — СЦБ и связь;
- DB Regio Netz Infrastructure GmbH — железнодорожная инфраструктура.

DB Netz AG занимается организацией оптимального использования пропускной и перерабатывающей способности инфраструктуры, безопасностью движения, организацией разработки и выполнения графика движения поездов, а также ремонтом и содержанием путей.

В Deutsche Umschlaggesellschaft Schiene-Straße (DUSS) GmbH основной деятельностью является организация перевалки и складирования груза, в DUSS входит 243 транспортно-логистических терминала.

DB Fahrwegdienste GmbH обеспечивает техническую безопасность на железнодорожном транспорте с точки зрения эксплуатации устройств СЦБ и связи.

DB Regio Netz Infrastructure GmbH отвечает за организационное управление маршрутной сетью и железнодорожными станциями.

Диспетчерское управление и контроль за организацией перевозок на сети железных дорог Германии осуществляется:

- из 7 региональных центров управления движением поездов (BZ);
- из 1 центра управления железнодорожной сетью Германии (NLZ), который находится во Франкфурте-на-Майне (рис. 2).

Центр управления железнодорожной сетью Германии координирует движение поездов на железнодорожной сети Deutsche Bahn и находится в постоянном взаимодействии с операторами инфраструктуры в соседних странах. Являясь частью DB Netz AG, в NLZ передаются актуальные показатели работы региональных центров управления движением поездов (BZ) обработки статистической информации, быстрого реагирования при неисправностях на всех железнодорожной сети, планировании маршрутов и графика движения. NLZ определяет процессы и стандарты планирования железнодорожных операций. NLZ объединяет функции Главного вычислительного центра (ГВЦ) и Центра управления перевозками (ЦУП) ОАО «РЖД», которые обеспечивают непрерывность и надежность функционирования железнодорожной системы с помощью круглосуточного мониторинга и обработки данных.

Работа одного регионального центра управления движением поездов будет представлена на примере BZ в городе Лейпциг (рис. 3). Центр обслуживает 6100 километров железнодорожного пути, пролегающих через земли Саксонии, Саксонии-Анхальт, Тюринга и части Федеральной земли Бранденбург.

Региональный центр в Лейпциге для организации поездного движения имеет структурные подразделения дальнего и пригородного сообщения, а также подразделения по обслуживанию инфраструктуры. Организационная структура BZ в Лейпциге и количество рабочих мест представлено на рисунке 4. Диспетчерский персонал выполняет работу по пропуску поездов по инфраструктуре (принимает, отправляет поезда, закрывает и открывает перегоны, следит за качеством работы СЦБ

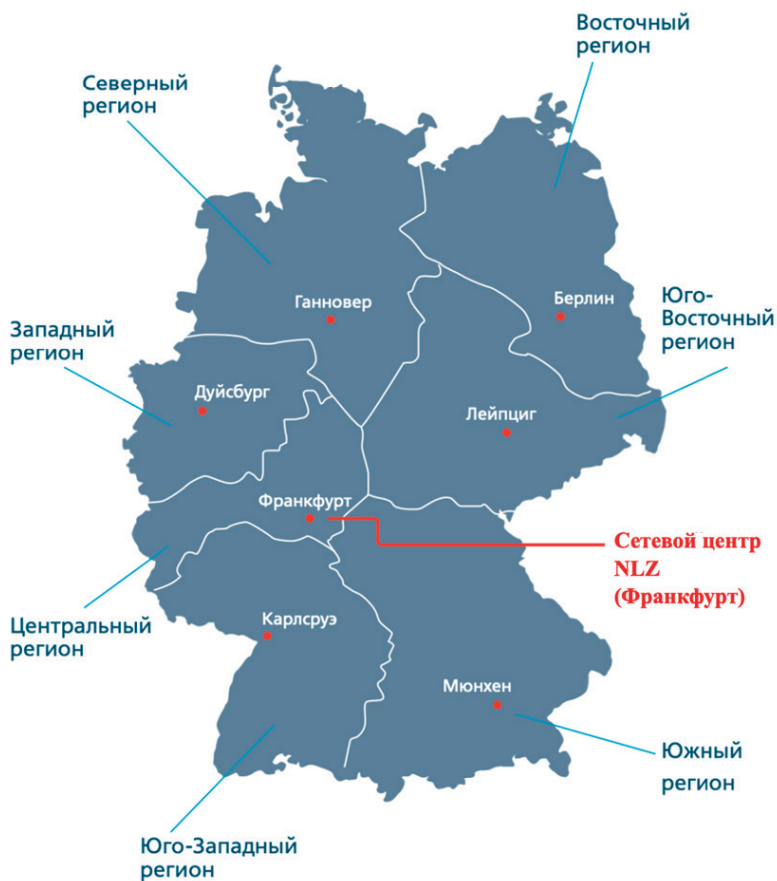


Рис. 2. Центры управления DB Netz AG



Рис. 3. Региональный центр управления движением поездов в Лейпциге

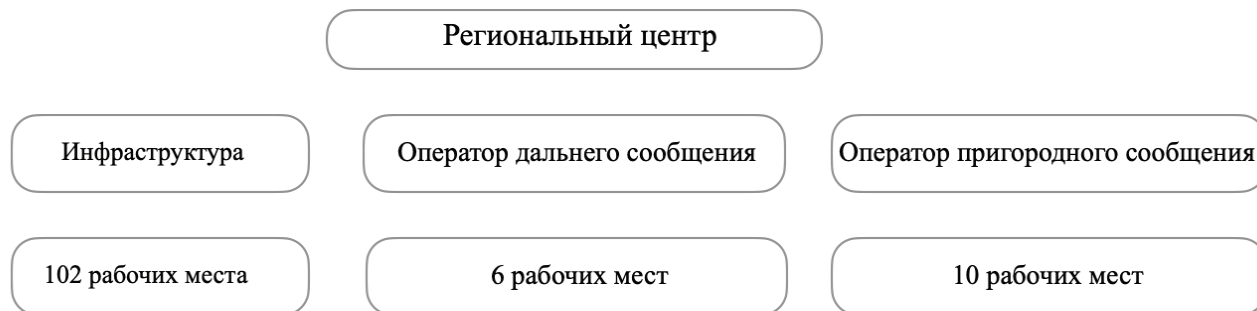


Рис. 4. Организационная структура регионального центра управления движением поездов

и связи и т.д. Операторы подвижных составов работают непосредственно с транспортными единицами, находящимися у них в собственности, ведут мониторинг их на сети.

Задачи, выполняемые BZ (рис. 5):

- Netzdisposition — мониторинг и анализ данных;
- Farhdienst BZ — диспетчерское управление;
- Plankorridor und PlanStart — разработка графика движения поездов.

Задачи регионального центра управления движением поездов (BZ) схожи с центром управления сетью (NLZ). BZ можно сравнить с региональным диспетчерским центром управления перевозками (ДЦУП). Основное различие заключается в масштабе, центр управления (NLZ) является вышестоящей организацией и находится как бы на макроуровне организации движения поездов.

Должности оперативно-диспетчерского персонала Netz AG:

- **Netzkoordinator (NK)** — координатор сети
  - отвечает за организацию работы всех отделов и служб, находящихся под управлением регионального центра управления движением поездов (BZ), контролирует движение поездов и выполнение графика движения, выполнение железнодорожных правил и законодательства, а также руководит должностями, представленными ниже, и принимает решения в конфликтных и нерегламентированных ситуациях между перевозчиками и инфраструктурой.

- **Bereichdisponent (Bd)** — региональный диспетчер

— контролирует движение поездов по районам, осуществляет мониторинг графика исполненного движения, контролирует работу инфраструктуры и выясняет причины неисправности СЦБ, если такие имеются на линиях, отдает приказы о закрытии перегонов и планируют работу в своем подконтрольном районе, также является контактным лицом для перевозчиков и дорог соседних стран. Подконтрольные области: северный, центральный, восточный и юго-западный регион. Одно должностное лицо обслуживает один регион, если область (район) занимает большую площадь, к примеру, как Südwest, то ее могут обслуживать два работника.

- **Zugdisponent** — диспетчер поездной

— руководит движением поездов на обслуживаемом участке или на обслуживаемой железнодорожной линии, его задача обеспечение установленного размера движения, осуществления контроля за организацией проследования поездов по перегонам, своевременным выполнением операций по приему,

отправлению и пропуску поездов железнодорожными станциями. Проводя аналогию из системы организации поездной работы в РФ, можно сказать, что работа Zugdisponent схожа с работой диспетчера поездного (ДНЦ) на сети железных дорог ОАО «РЖД».

- **Fahrdienstleiter** — дежурный по станции

— руководит движением поездов в пределах железнодорожной станции, осуществляет операции, связанные с организацией приема, отправления, скрещения, обгона и пропуска поездов, работает в соответствии с ГДП и подчиняется поезднему диспетчеру. работа Fahrdienstleiter схожа с работой дежурного по железнодорожной станции (ДСП) на сети железных дорог ОАО «РЖД».

- **Notfalleitstelle** — Оператор быстрого реагирования

— является нелинейной должностью, занимающейся организацией безопасности движения, его основная задача передавать текущую информацию региональному диспетчеру о неисправностях СЦБ, аварийных происшествиях, чрезвычайных ситуациях, посторонних объектах и лицах, которые могут повлечь изменения в работе или уже влияют на организацию движения поездов. Оператор быстрого реагирования является связующим звеном передачи информации между структурами.

Организация диспетчерского управления представлена на рисунке 5.

Цифры 1, 2, 3 и т.д. показывают номера линий, которые обслуживает диспетчер поездной;

Betriebsführung BZ Berlin (область, выделенная серым цветом) принадлежит региональному центру Берлина. Координатор сети Лейпцига может производить мониторинг поездов соседнего региона, если того требует ситуация, без вмешательства в поездную работу.

В России, начиная с 2003 года, проводилась реформа железнодорожной отрасли. Основными задачами реформирования являлось повышение эффективности производственной деятельности железнодорожного транспорта, использование гибких методов для принятия оперативных управленческих решений при безусловном обеспечении требований безопасности движения поездов, ритмичности и бесперебойности перевозок. Данные задачи направлены на создание рыночных механизмов повышения конкурентоспособности и расширения возможностей в новых условиях.

В результате реформирования были созданы вертикали по направлениям деятельности (пассажирские перевозки, гру-

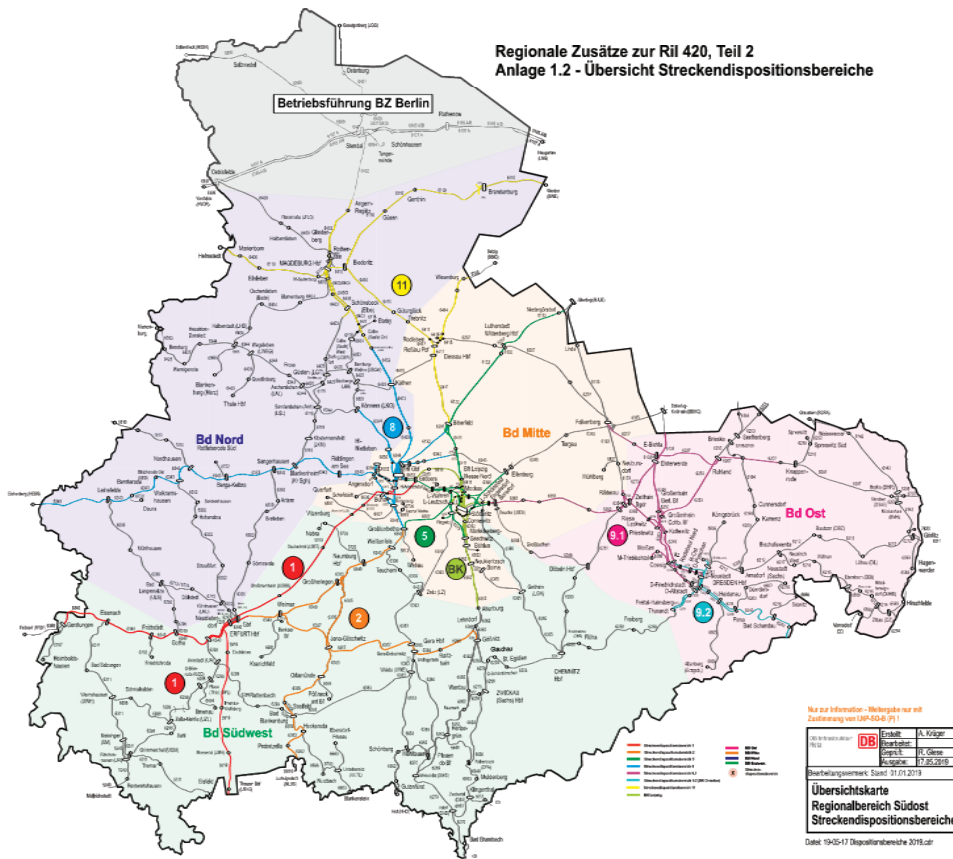


Рис. 5. Организация диспетчерского управления

зовые перевозки, инфраструктура и др.), что привело к формированию вертикально-интегрированного холдинга со стопроцентным государственным участием.

На текущий момент ОАО «РЖД» является владельцем инфраструктуры магистрального железнодорожного транспорта, единственным перевозчиком в сфере высокоскоростных и грузовых перевозок, а также крупнейшим перевозчиком (совместно с дочерними зависимыми обществами) в сфере пассажирских перевозок.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2035 предусматривает обеспечение необходимых пропускных способностей на основных направлениях перевозок, разработку новых технических требований к технике и технологии, строительство первоочередных железнодорожных линий, к примеру, таких как «ВСМ».

Ключевыми приоритетами в части развития технологии планирования, организации и управления движением поездов на сети железных дорог является расширение использования сквозных принципов и полигонных технологий. Активное внедрение данных процессов в производственную деятельность позволяет с одной стороны унифицировать технологии перевозочного процесса, инфраструктуры, а с другой стороны — снизить количество противоречий на границах железных дорог.

В настоящее время ОАО «РЖД» состоит из 16 железных дорог и 15 диспетчерских центров управления перевозками. Создан первый на сети полигонный сегмент — Центр управления перевозками на восточном полигоне (ЦУП ВП), в состав

которого входит 4 железные дороги. Планируется создание центров управления перевозками северо-западного и юго-западного полигонов.

Работа ДЦУП стоит на основе информации, полученной от информационно-вычислительных центров железных дорог, которые предоставляют информационное обеспечение эксплуатационной работы, внедрение и сопровождение автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом, а также проводят обработку статистической, экономической и финансовой информации. К примеру, к числу основных задач, относятся: сменно-суточное планирование работы сети и отдельных подразделений; месячное планирование и нормирование; разработка графиков движения грузовых поездов; расчет сетевого и внутридорожного плана формирования грузовых поездов; формирование отчетности по сети железных дорог; управление перевозочным процессом.

На основе изложенной информации, сравним структуру организации железнодорожного движения в России и Германии. Для того чтобы рассматривать организацию движения в странах Евросоюза и России, нужно понимать, как происходит перевалка и перевозка грузов в данных странах. Стоит отметить, что основное отличие организации перевозок европейским транспортом от российского заключается в географии и занимаемой территории. В России из-за удаленности промышленных и транспортных узлов друг от друга железнодорожный транспорт играет ведущую роль в развитии экономики страны. В Европе такую роль берет на себя автомобильный транспорт.



Магистральные артерии Евросоюза — это автобаны, которые на сегодняшний момент работают на износе своих пропускных возможностей, поэтому комбинированные и контрейлерные перевозки железнодорожным транспортом, а также переход на единую систему СЦБ и связи (ETCS). Данные решения являются ключевыми аспектами для расширения возможностей железнодорожного транспорта стран-участников Европейского союза.

Таким образом, не вдаваясь в подробности, принципы организации движения поездов в Германии и России схожи, но необходимо принимать во внимание разные устройства и технологии обеспечения требований безопасности на железнодорожном транспорте, то есть системы СЦБ и связи, а также разные провозные и перерабатывающие мощности железнодорожных инфраструктур двух стран, стратегии их развития.

#### Литература:

1. Гоманков Ф. С., Прокофьева Е. С., Бородина Е. В., Панин В. В. Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте: учебник / Гоманков и др. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. — 404 с.
2. Прокофьева Е. С., Панин В. В. Единые принципы организации эксплуатационной работы железнодорожных грузовых перевозок // Мир транспорта, 2019. — № 5. — С. 186–198.
3. Ходыкин Д. А. Влияние дезорганизации вагонопотока на методы управления парком // Мир транспорта. 2015. Т. 13. № 2 (57). С. 166–175.
4. Unternehmensstruktur / [Электронный ресурс] // Verkehr & Tourismus: [сайт]. — URL: <https://www.tourismus-schulz.de/verkehr-und-tourismus/bahnverkehr/deutsche-bahn-db/unternehmensstruktur> (дата обращения: 12.05.2024).
5. Netzleitzentrale / [Электронный ресурс] // InfaGo: [сайт]. — URL: <https://www.dbinfrago.com/web/schienennetz/betrieb/netzleitzentrale-11092296#> (дата обращения: 12.05.2024).

## Анализ перспектив применения 3D-печати в условиях микрогравитации

Ибатуллин Артур Ришатович, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В статье проводится анализ перспектив применения 3D-печати в условиях микрогравитации ввиду экономии времени и средств в космической отрасли. Запуски пилотируемых и грузовых космических кораблей происходят довольно редко. Вследствие этого доставка запасных частей конструкций или рабочих инструментов для космонавтов с Земли на орбиту может занять длительное время. Обеспечить быструю доступность запасных приспособлений позволит технология 3D-печати. Изготовление необходимой детали на самой орбитальной станции сократит время ожидания. Изучаются преимущества и недостатки 3D-печати в контексте космических миссий, межпланетных перелетов и экономической эффективности. Также рассматриваются материалы, необходимые для 3D-печати в условиях микрогравитации. Оценивается влияние этой технологии на инновации в космической отрасли. Делается вывод о возможности 3D-печати в космосе.*

**Ключевые слова:** 3D-печать, аддитивное производство, состояние микрогравитации, 3D-принтер, ракетно-космическая техника, экономическая оптимизация.

**В**ведение. В настоящее время технологии аддитивного производства активно развиваются. Применение 3D-печати космонавтами позволит упростить проблему зависимости доставки деталей с Земли. Ожидания космонавтами инструментов или дополнительных деталей занимает продолжительное время. Решением этой проблемы выступила возможность 3D-печати деталей самими космонавтами прямо на орбите. Такая возможность 3D-печати определенно является решением проблемы. Особенно актуальным будет вставить вопрос использования 3D-принтеров, к примеру, на лунной станции. Определенно можно утверждать, что в будущем проблема использования 3D-печати в космосе станет более актуальной.

**Постановка цели и задач.** Таким образом, цель данной работы заключается в анализе проблемы применимости

3D-печати в условиях микрогравитации. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить информацию об изготовленных 3D-принтерах, напечатанных образцах и выяснить разницу между 3D-печатью на Земле и в условиях микрогравитации;
- описать потенциальные технологии 3D-печати в условиях микрогравитации, рассмотреть материалы для них и выявить преимущества и недостатки;
- проанализировать перспективу применения и сделать вывод о возможности 3D-печати в условиях микрогравитации.

#### Основная часть

Аддитивное производство — это процесс изготовления изделий на основе компьютерных 3D-моделей методом по-

слойного добавления материала. Основное преимущество аддитивных технологий по сравнению с субтрактивными заключается в существенном уменьшении коэффициента использования материала. Также среди преимуществ можно выделить возможность создания сложных геометрических форм и широкую номенклатуру материалов для 3D-печати [1].

Запуски пилотируемых и грузовых космических кораблей происходят довольно редко [2]. Срочная доставка необходимых деталей и инструментов с Земли на орбиту для космонавтов представляет проблему. При выполнении межпланетных миссий такая задача становится практически нереализуемой из-за сложности и затратности данного процесса. В случае необходимости какой-либо простой детали ожидание поставки с Земли может занять значительное время. В этом случае 3D-печать становится ценным инструментом, позволяющим быстро производить нужные детали на месте. С наличием 3D-принтера на орбитальной станции изделие можно изготовить на месте в течение нескольких часов [3].

Отечественный 3D-принтер имеется на Российском сегменте МКС. В июне 2022 года он был доставлен на МКС. 3D-принтер был разработан РКК «Энергия» совместно с Томскими политехническим и государственным университетами. Космонавт Сергей Проккопьев выполнил пробную печать на 3D-принтере [4]. Командир МКС-67 Олег Артемьев провел отладку и тестирование 3D-принтера и распечатал на нем более 10 образцов. Первым космическим 3D-принтером, доставленным на МКС, является принтер американской компании «Made in Space». Указанная модель была введена в эксплуатацию в 2014 г. Американский космонавт Бэрри Уилмор изготовил на 3D-принтере гаечный ключ. В 2016 г. Китайская академия наук представила свой космический 3D-принтер [5].

Основное отличие 3D-печати в состоянии микрогравитации от наземных условий — это наличие микрогравитации. Космос — это сложная для работы среда. Здесь 3D-печать стал-

живается с некоторыми проблемами. 3D-печать в космосе усложняется из-за отсутствия гравитации. В космосе сила тяжести уже не скрепляет слои предмета после выхода из печатающей головки. Поэтому сам материал должен быть липким и не давать слоям отделяться друг от друга. А в остальном базовая конструкция 3D-принтера для космоса остается той же. Распечатанные детали часто получаются клейкими [6].

Процесс печати на отечественном космическом 3D-принтере осуществляется с использованием технологии FDM (англ. fused deposition modeling) [5]. Эта технология основана на том, что термопластичная полимерная нить подается в экструзионную головку 3D-принтера, в которой нагревается до вязкотекучего состояния и выдавливается через сопло диаметром 0,1–0,3 мм по заданной траектории на неподвижное основание. Последующие слои укладываются на предыдущие и затвердевают по мере охлаждения. При этом послойную ориентацию укладки расплавленной полимерной нити можно изменять в соответствии с выбранным алгоритмом, регулируя анизотропию свойств в конечном изделии или прототипе [7].

Существуют другие типы 3D-печати: фотополимеризация — ультрафиолетовый лазер засвечивает жидкий фотополимер, плавление металлического порошка под действием лазерного излучения, подача проволочного материала.

Для печати технологией подачи проволочного материала необходимо наличие электричества и проволоки. Она плавится и переносится слой за слоем под действием электродуги. Применение проволочных технологий в космосе обосновано упрощением хранения и транспортировки проволоки (включая полимерную и металлическую) по сравнению с порошком. Преимущества использования проволочных технологий в космосе включают возможность работы на поверхности орбитальной станции в открытом космическом пространстве без специальной камеры, возможность построения больших объектов размерами до нескольких метров во всех направлениях,



Рис. 1. Российский космический 3D-принтер, разработанный РКК «Энергия» совместно с Томским политехническим и Томским государственным университетами

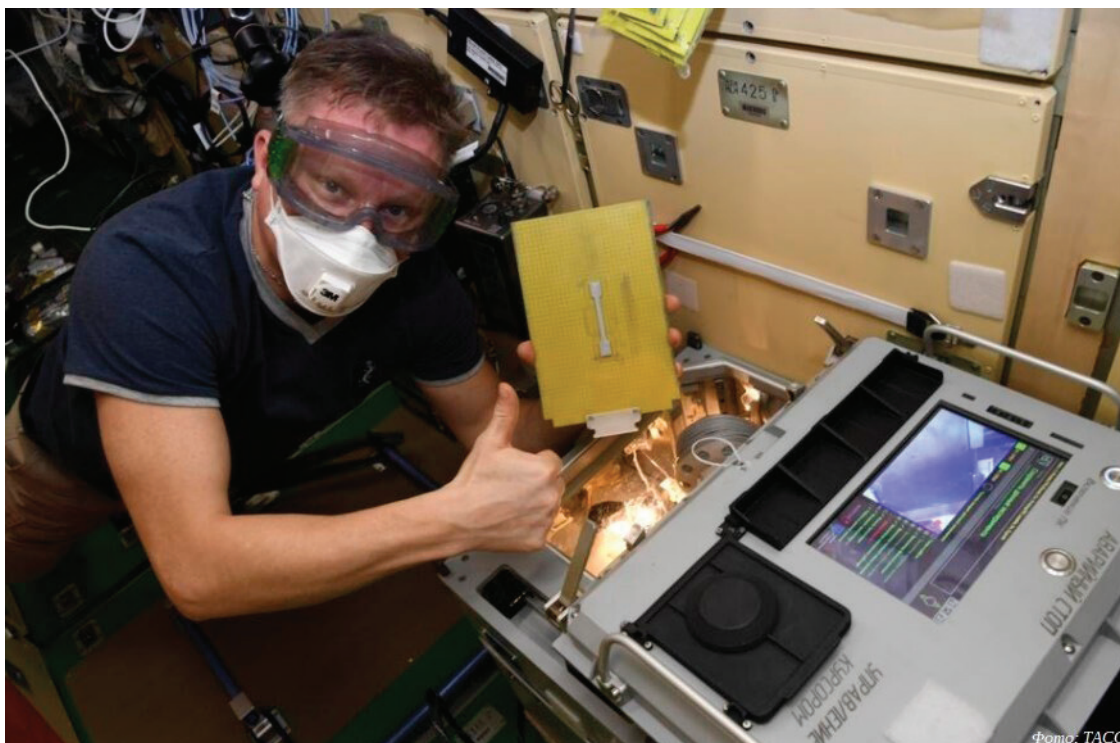


Рис. 2. Пробная печать на 3D-принтере космонавтом Сергеем Прокопьевым

экономии материала, возможность использования двух проволок для создания сплавов, а также широкий выбор металлических сплавов для печати и высокую скорость печати изделий. Недостатки включают минимальную толщину стенок детали от 4 мм, требование использования металлической подложки из того же материала, что и изготавливаемое изделие, необходимость механической доработки деталей, ребристость поверхности из-за наплавления слоев друг на друга и высокую исходную шероховатость поверхности [3].

**Заключение.** Таким образом, в результате работы были проанализированы перспективы использования 3D-печати в условиях микрогравитации. Технология 3D-печати в космосе возможна и эффективна. Была изучена информация об изготовленных 3D-принтерах, напечатанных образцах и выяснена разница между 3D-печатью на Земле и в условиях микрогравитации. Описаны потенциальные технологии 3D-печати в условиях микрогравитации, рассмотрены материалы для них и выявлены преимущества и недостатки.

#### Литература:

1. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебное пособие для вузов / А. Л. Галиновский, Е. С. Голубев, Н. В. Коберник, А. С. Филимонов; под общей редакцией А. Л. Галиновского. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 145 с. — (Высшее образование). — ISBN978-5-534-16005-5.
2. Пуски. — Текст: электронный // Госкорпорация «Роскосмос»: [сайт]. — URL: <https://www.roscosmos.ru/launch/2024/> (дата обращения: 17.04.2024).
3. Ашимов И. Н., Папазов В. М. Анализ применения проволочных технологий 3D-печати в условиях космического пространства // Космическая техника и технологии. — 2023. — № 1 (40). — С. 19–28.
4. Российские космонавты используют новый отечественный 3D-принтер на орбите. — Текст: электронный // Техносфера Россия: [сайт]. — URL: <https://tehnoomsk.ru/archives/6838> (дата обращения: 19.04.2024).
5. Федоров В. В., Клименов В. А., Чернявский А. Г., Пожарницкий А. А., Абдулхаликов Р. М., Лямзин А. В., Криницын М. Г., Беликов Р. К., Дерусова Д. А., Юркина В. А., Дерюшева В. Н. Разработка и испытания 3D-принтера для космического эксперимента «3D-печать» на Российском сегменте Международной космической станции // Космическая техника и технологии. — 2023. — № 2 (41). — С. 24–38.
6. 3D-печать покоряет космос: вызовы технологии, которая используется на орбите. — Текст: электронный // rb.ru — новые технологии, бизнес и карьера в цифровой экономике: [сайт]. — URL: <https://rb.ru/story/3d-printing-challenges/> (дата обращения: 25.04.2024).
7. Кондрашов с. В., Пыхтин А. А., Ларионов С. А., Сорокин А. Е. Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей // Труды ВИАМ. — 2019. — № 10 (82). — С. 34–49.

## Эффективность применения микроконтроллеров для управления светофорами

Иргашев Нуриддин Нормурод угли, ассистент;  
Худойназаров Кодиржон Кабулжон угли, студент;  
Обидов Диёрбек Зайниддин угли, студент;  
Тухтамурадов Шахзод Шахриддин угли, студент  
Ташкентский государственный транспортный университет (Узбекистан)

*В условиях растущего автомобильного трафика и увеличивающейся загруженности городских улиц, эффективное управление светофорными объектами становится критически важным. В этой статье мы рассмотрим, как можно использовать микроконтроллер Arduino Nano для мониторинга и контроля дорожных светофоров в режиме реального времени.*

**Ключевые слова:** Arduino Nano, GSM, Wi-fi, датчик движения

С ростом автомобильного трафика и увеличением плотности населения в городах эффективное управление дорожным движением становится все более важной задачей. Светофоры играют ключевую роль в регулировании транспортных потоков, однако современные системы управления светофорами сталкиваются с множеством проблем, которые требуют инновационных решений. В этой статье мы рассмотрим основные проблемы управления светофорами и предложим возможные пути их решения.

### Основные проблемы управления светофорами

1. Старение оборудования и неэффективность старых систем

Многие городские светофоры работают на устаревшем оборудовании, которое не всегда способно адаптироваться к текущим условиям дорожного движения. Эти системы часто используют фиксированные временные интервалы для переключения сигналов, что не позволяет оперативно реагировать на изменения в трафике. В результате, такие светофоры не могут эффективно управлять транспортными потоками, что приводит к пробкам и задержкам.

2. Недостаток данных в реальном времени

Традиционные системы светофоров не всегда оборудованы для сбора и анализа данных в реальном времени. Отсутствие актуальной информации о состоянии дорог и транспортных потоков затрудняет принятие оптимальных решений по регулированию движения. Без данных в реальном времени светофоры не могут адекватно реагировать на изменения в трафике, что снижает их эффективность.

3. Трудности в выявлении неисправностей

Без системы мониторинга в реальном времени выявление неисправностей в работе светофоров может занимать значительное время. Это приводит к задержкам в ремонте и может существенно повлиять на дорожное движение и безопасность. Неисправные светофоры создают опасные ситуации на дорогах и увеличивают риск дорожно-транспортных происшествий.

4. Неоптимальные алгоритмы управления

В условиях постоянных изменений в транспортной обстановке фиксированные алгоритмы управления светофорами могут приводить к пробкам и задержкам. Неправильное распределение времени сигнала светофора может вызвать заторы

на одних участках дорог и пустые полосы на других. Неоптимальные алгоритмы управления светофорами не учитывают динамику дорожного движения, что снижает их эффективность.

5. Отсутствие координации между светофорами

Недостаток синхронизации между светофорами на разных перекрестках приводит к тому, что транспортные средства часто останавливаются на каждом светофоре, увеличивая время в пути и расход топлива. Отсутствие координации между светофорами снижает пропускную способность дорог и увеличивает заторы.

### Примеры последствий неэффективного управления

— Пробки и задержки: Неправильное управление светофорами способствует образованию пробок, что увеличивает время в пути для водителей и снижает общую продуктивность.

— Увеличение аварийности: Неисправные или неправильно настроенные светофоры могут стать причиной дорожно-транспортных происшествий, угрожая безопасности участников дорожного движения.

— Экологические проблемы: Пробки и задержки способствуют повышению выбросов вредных веществ от транспортных средств, что отрицательно сказывается на качестве воздуха в городах.

Проект направлен на создание системы, которая позволяет в режиме реального времени отслеживать работу светофоров, выявлять неисправности и оптимизировать транспортные потоки на городских улицах.

Компоненты системы:

Для реализации данного проекта понадобятся следующие компоненты:

— Arduino Nano

— Датчики (светодиоды, фотодатчики)

— Модули связи (например, Wi-Fi или GSM)

— Программное обеспечение для обработки данных и отображения в реальном времени

Принцип работы:

Система будет работать следующим образом:

— Датчики, подключенные к Arduino Nano, будут собирать данные о состоянии светофоров.

— Эти данные будут передаваться на центральный сервер через модуль связи.

— На сервере будет выполняться обработка данных, и результаты будут отображаться на специальной панели мониторинга.

Техническая реализация:

Подключение датчиков:

Опишите, как подключить датчики к Arduino Nano, например:

— Подключите светодиоды к выходам Arduino для индикации состояния светофоров.

— Используйте фотодатчики для определения текущего состояния светофоров (красный, желтый, зеленый).

Программирование:

Расскажите о написании скетча для Arduino, который будет считывать данные с датчиков и передавать их на сервер:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
// Определите пины для светодиодов
const int redPin = 2;
const int yellowPin = 3;
const int greenPin = 4;
// Настройка WiFi
const char* ssid = «your_SSID»;
const char* password = «your_PASSWORD»;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(redPin, INPUT);
  pinMode(yellowPin, INPUT);
  pinMode(greenPin, INPUT);
  connectToWiFi();
}
void loop() {
  int redState = digitalRead(redPin);
  int yellowState = digitalRead(yellowPin);
  int greenState = digitalRead(greenPin);

  sendData(redState, yellowState, greenState);
  delay(1000); // Пауза 1 секунда перед следующим чтением
```

Литература:

1. Иргашев Н. Дистанционный мониторинг параметров микропроцессорной системы, tr-conf, т. 2022, вып. 2022, сс. 141–142, ноя. 2023.
2. Иргашев Н. Н., Ахмедова Н. М., Рахимов Н. С. Methods of organizing technological radio communication in railway transport // Ресурсосберегающие технологии на транспорте. — 2023. — Т. 2023. — № . 2023. — С. 370–373.

```
}
void connectToWiFi() {
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(«.»);
  }
  Serial.println(«Connected to WiFi»);
}
void sendData(int red, int yellow, int green) {
  // Функция для отправки данных на сервер
  Serial.print(«Red: »);
  Serial.print(red);
  Serial.print(« Yellow: »);
  Serial.print(yellow);
  Serial.print(« Green: »);
  Serial.println(green);
  // Здесь можно добавить код для отправки данных через WiFi
}
```

Обработка данных на сервере:

Опишите, как данные будут приниматься сервером и отображаться на панели мониторинга. Используйте любой удобный язык и технологии, например, Python и Flask для бэкенда, а также HTML/CSS и JavaScript для фронтенда.

### Заключение

Подведите итоги проекта, отметьте его потенциальные преимущества для улучшения городского трафика и дальнейшие шаги по его развитию. Создание системы мониторинга дорожных светофоров с использованием Arduino Nano позволяет улучшить управление транспортными потоками и оперативно реагировать на любые неполадки. Это первый шаг на пути к более умным и эффективным городам будущего.

## Совершенствование изоляции тепловых сетей

Конюхов Александр Владимирович, студент  
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

*В статье анализируются положительные влияния использования новых изоляций для тепловых сетей.*

**Ключевые слова:** совершенствование, тепловые сети, изоляция, повышение качества.

Тепловые сети являются важным элементом системы теплоснабжения, обеспечивая доставку тепла от источников генерации к потребителям. Однако со временем изоляция тепловых сетей может изнашиваться и терять свои теплоизоляционные свойства, что приводит к потерям тепла и увеличению расходов на энергоресурсы. Модернизация изоляции тепловых сетей является эффективным решением для устранения этих проблем и повышения эффективности системы теплоснабжения, энергосбережения и экологической устойчивости.

Постепенное совершенствование изоляции тепловых сетей приносит множество положительных свойств для эксплуатации тепловых сетей, в том числе:

— Снижение потерь тепла:

Новая изоляция с высокими теплоизоляционными свойствами позволяет значительно снизить потери тепла при транспортировке теплоносителя к потребителю.

— Экономия энергоресурсов:

Снижение потерь тепла приводит к уменьшению потребления топлива или электроэнергии для производства тепловой энергии.

— Увеличение срока службы тепловых сетей:

Качественная изоляция защищает трубопроводы от коррозии и других внешних воздействий, что продлевает их срок службы.

— Повышение надежности системы теплоснабжения:

Снижение потерь тепла обеспечивает более стабильную и надежную доставку тепла потребителям тепловой энергии.

— Улучшение экологических показателей:

Снижение потребления энергоресурсов приводит к уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Материалы для изоляции тепловых сетей

Для изоляции тепловых сетей используются различные материалы, каждый из которых имеет свои особенности:

— Минеральная вата — негорючий материал с высокими теплоизоляционными свойствами и длительным сроком службы.

— Пенополиуретан — легкий и прочный материал с низкой теплопроводностью и высокой адгезией к трубам.

— Пенополистирол — недорогой и простой в монтаже материал с хорошими теплоизоляционными свойствами.

— Вспененный каучук — гибкий и водонепроницаемый материал, подходящий для изоляции труб разной сложной формы.

Этапы совершенствования (замена старой изоляции на новую) изоляции тепловых сетей:

1) Обследование. Проводится обследование состояния существующей изоляции трубопроводов на наличие повреждений (например, коррозии).

2) Проектирование. Разрабатывается проект по замене старой изоляции на новую, который включает в себя выбор материалов, технологий и смету.

3) Старая изоляция демонтируется и утилизируется.

4) Подготовка трубопроводов. Трубопроводы очищаются и подготавливаются к нанесению новой изоляции (очистка от старой изоляции, нанесение антикоррозионной краски).

5) Монтаж новой изоляции. Новый выбранный изоляционный материал устанавливается на трубопроводы в соответствии с проектом.

6) Нанесение защитного покрытия. На изоляцию наносится защитное покрытие для защиты от механических повреждений и атмосферных воздействий.

Замена изоляции тепловых сетей является экономически выгодным мероприятием. Экономия на энергоресурсах и снижение эксплуатационных расходов может окупиться в течение нескольких лет. Кроме того, новая изоляция продлевает срок службы трубопроводов, что позволяет избежать дополнительных затрат на их замену в будущем.

В целом, модернизация изоляции тепловых сетей является важным инвестиционным проектом, который может привести к существенной экономии средств и повышению эффективности системы теплоснабжения. Грамотное планирование, качественная реализация и регулярное обслуживание после модернизации обеспечат надежную и экономичную доставку тепловой энергии к потребителю в течение многих лет.

Один из самых современных материалов для изоляции труб — это ППМИ. Теплоизоляция труб ППМИ — это разработка российских ученых. При выполнении теплоизоляции смесь жидких компонентов пенополиуретана и неорганического зернистого материала (песок, щебень, крошка и др.), заливается равномерно между разъемной формой и изолируемой трубой. Вспененный материал легко заполняет свободное пространство и затвердевает. Труба с изоляцией легко удаляется из формы за счет применения слоя покрытия. Дозирование материалов обеспечивается весовым или объемным методом. Контроль изоляции на трубах доступный по всей длине — визуальный, по твердости внешней корки и другим показателям на образцах взятых непосредственно из покрытия, при этом трубы не бракуются, а легко восстанавливаются. Весь необходимый набор фасонных изделий и запорной арматуры изготавливается в ППМИ по специальным формам. Прочность адгезионной связи материал трубы — изоляция определен системой применяемых компонентов и не требует использования антикоррозионной защиты.

Тепловые сети в России являются наиболее уязвимым элементом системы теплоснабжения, поэтому важно правильно выбирать изоляцию, что понизит интенсивность потока отказов и повысит срок службы тепловой сети.

## Литература:

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети.
2. [https://ppminvest.pro/content/about\\_company/Vidi-izolyacii-trub](https://ppminvest.pro/content/about_company/Vidi-izolyacii-trub)
3. Вафин Д. Б. Теплоснабжение и тепловые сети.

## Улучшение безопасности на территории аэропортов и в пассажирских терминалах

Немашкало Вячеслав Павлович, студент;

Быков Илья Николаевич, студент

Научный руководитель: Попов Юрий Леонидович, кандидат исторических наук, доцент, профессор

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

*В данной статье освещаются вопросы, связанные с обеспечением безопасности в аэропортах и пассажирских терминалах. Автор анализирует различные методы контроля доступа, такие как использование биометрической идентификации, видеонаблюдение, системы детектирования и другие современные технологии. Также рассматриваются преимущества и ограничения каждого метода, а также его воздействие на комфорт и эффективность обслуживания пассажиров. Исходя из последних тенденций и передовых практик, делается обзор возможных направлений развития в области обеспечения безопасности в аэропортах.*

**Ключевые слова:** безопасность, аэропорт, пассажирский терминал, контроль доступа, видеонаблюдение, биометрическая идентификация, обеспечение безопасности.

## Improving security at airports and passenger terminals

Nemashkalo Vyacheslav Pavlovich, student;

Bykov Ilya Nikolayevich, student

Scientific advisor: Popov Yuri Leonidovich, candidate of historical sciences, associate professor, professor

The Military Educational and Scientific Center of the Air Force «Military Air Academy», a branch in Chelyabinsk

*This article discusses issues related to security at airports and passenger terminals. Attention is paid to various access control methods, such as biometric identification, video surveillance, detection systems and other modern technologies. The advantages and limitations of each method are also analyzed, as well as its impact on the comfort and efficiency of passenger service. Based on current trends and best practices, the article discusses possible directions of development in the field of airport security.*

**Keywords:** security, airport, passenger terminal, access control, video surveillance, biometric identification, security.

В контексте гражданской авиации аэропорты и пассажирские терминалы приобретают особое значение, обусловленное не только их функциональными задачами, но и ролью в обеспечении безопасности. В условиях постоянной угрозы террористических актов и преступности, эти места требуют дополнительного внимания и применения эффективных мер для защиты пассажиров и персонала. Внедрение систем электронного доступа, таких как проходные карты, биометрические технологии и системы распознавания лиц, играет ключевую роль в обеспечении безопасности и предотвращении несанкционированного доступа к уязвимым зонам, таким как зоны ожидания и посадочные вагоны. Однако, эффективность этих мер требует постоянного контроля и адаптации к изменяющимся условиям и угрозам [1].

Системы видеонаблюдения являются важным элементом инфраструктуры безопасности в аэропортах и пассажирских терминалах. Они обеспечивают возможность в режиме реального времени отслеживать и записывать события на терри-

тории аэропорта, что помогает выявить подозрительное поведение и предотвратить незаконные действия. Кроме того, видеонаблюдение играет важную роль в расследовании инцидентов и обучении персонала, предоставляя архив видеозаписей для анализа и обучения.

Биометрическая идентификация становится все более распространенным методом обеспечения безопасности в аэропортах. Она предоставляет возможность проверки личности пассажиров на основе их уникальных физиологических и поведенческих характеристик, таких как отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза и голос. Применение биометрической идентификации позволяет повысить точность и скорость процесса контроля, что улучшает опыт пассажиров и обеспечивает более высокий уровень безопасности [3].

Однако при внедрении новых технологий безопасности важно учитывать их влияние на комфорт и эффективность обслуживания пассажиров. Слишком строгие меры безопасности могут вызвать задержки и дискомфорт, поэтому необходимо

находить баланс между обеспечением безопасности и обслуживанием. Применение передовых технологий и обучение персонала позволяют соблюдать этот баланс и обеспечивать высокий уровень сервиса при сохранении безопасности.

Однако использование биометрической идентификации встречает определенные сомнения относительно приватности и защиты персональных данных. Важно разработать соответствующие нормативные и правовые механизмы, которые гарантировали бы адекватную защиту данных пассажиров и препятствовали их неправомерному использованию [2].

Современные системы видеонаблюдения отличаются высокой разрешающей способностью, широким углом обзора и возможностью автоматического анализа видеопотока. Они обеспечивают реальном времени контроля за местами скопления людей, проверкой соответствия поведения пассажиров установленным правилам и быстрым реагированием на подозрительные ситуации.

Системы видеонаблюдения с функцией детекции подозрительного поведения играют ключевую роль в обеспечении безопасности. При помощи алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения они способны автоматически анализировать поведение пассажиров и выявлять подозрительные действия, такие как оставленные без присмотра предметы, незаконное проникновение в запрещенные зоны или агрессивное поведение. Это обеспечивает оперативную реакцию на потенциальные угрозы и помогает предотвращать террористические акты.

Однако для эффективной работы систем видеонаблюдения и детекции подозрительного поведения необходимо не только качественное оборудование, но и обученный персонал, способный адекватно интерпретировать данные и принимать соответствующие меры. Обучение включает знакомство с принципами работы систем видеонаблюдения, правилами реагирования на подозрительное поведение и сотрудничество с другими службами безопасности.

#### Литература:

1. Иванов А. А. Безопасность аэропортов: современные технологии и практики. — М.: Издательство «Авиапром», 2018.
2. Петров В. Н. Технологии контроля и обеспечения безопасности в аэропортах. — СПб.: Издательство «Аэро», 2017.
3. Сидорова Е. А. Безопасность пассажирских терминалов: анализ угроз и меры обеспечения безопасности. — М.: Издательство «Авиасекьюрити», 2019.
4. Гусев А. П. Инновационные технологии обеспечения безопасности в аэропортах: вызовы и перспективы. — М.: Издательство «Авиационная безопасность», 2021.

Важно обеспечить соблюдение принципов приватности и защиты персональных данных при использовании видеонаблюдения и детекции подозрительного поведения. Собранные информация должна быть надлежащим образом защищена и использоваться исключительно в целях обеспечения безопасности.

Информирование пассажиров о правилах безопасности и процедурах контроля является важным аспектом. Аэропорты и авиакомпании должны предоставлять понятную и доступную информацию о запрещенных предметах, процедурах контроля и правилах поведения в пассажирских терминалах. Это помогает пассажирам быть информированными и сотрудничать в обеспечении безопасности.

Сотрудничество с пассажирами также может быть организовано с помощью программ обратной связи. Пассажирам следует предоставлять возможность сообщать о подозрительных ситуациях или поведении других пассажиров. Это можно сделать через специальные каналы связи, такие как телефонные горячие линии, электронные формы обратной связи или специализированные мобильные приложения. Крайне важно обеспечить конфиденциальность и анонимность сообщений, чтобы пассажиры чувствовали себя защищенными и могли свободно докладывать о подозрительных ситуациях.

Важно соблюдать принципы недискриминации, уважения прав пассажиров и прозрачности в обработке информации. Сотрудничество с пассажирами должно быть построено на равноправии и справедливости, исключая произвольные обвинения или дискриминацию [4].

Непрерывное усовершенствование систем безопасности аэропортов является неотъемлемой частью обеспечения безопасности и комфорта пассажиров. Необходимо учитывать новые угрозы и применять инновационные методы, такие как меры контроля доступа, видеонаблюдение, биометрическая идентификация и другие, для эффективной защиты от террористических актов и преступности.



## Основные особенности переработки ламинированного картона

Рахманов Назим Илазович, аспирант

Научный руководитель: Скопинцев Игорь Викторович, кандидат технических наук, доцент  
Московский политехнический университет

*В настоящее время отходы ламинированного картона являются важной проблемой, и переработка ламинированного картона — техническая сложная процедура, которая применяется менее активно, чем обычные методы, из-за дороговизны оборудования, сложности технологического процесса и недостатка оборудования и исследований в данной области.*

**Ключевые слова:** ламинированный картон, переработка, волокна, целлюлоза, загрязнения, контаминация, невыгодность, сортировка, сбор.

## The main features of the processing of laminated cardboard

Rakhmanov Nazim Ilazovich, graduate student

Scientific advisor: Skopintsev Igor Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor  
Moscow Polytechnic University

*Currently, laminated cardboard waste is an important problem and the processing of laminated cardboard is a technically complex procedure that is used less actively than conventional methods due to the high cost of equipment, the complexity of the technological process and the lack of equipment and research in this area.*

**Keywords:** laminated cardboard, recycling, fibers, cellulose, pollution, contamination, disadvantage, sorting, collection.

В 2024 году переработка ламинированного картона остается вызовом в области управления отходами. Современные подходы и технологии переработки отходов ламинированного картона развиваются, однако ряд проблем все еще сохраняется, они усложняют процесс и снижают его эффективность. [1]

**Многослойная структура:** Ламинированный картон часто состоит из нескольких слоев различных материалов (картон, пластик, алюминий и т.д.), которые сложно разделить. Это требует сложных и дорогостоящих процессов для их отделения.

**Контаминация:** Ламинированный картон часто используется для упаковки продуктов питания и других товаров, что приводит к его загрязнению остатками пищи и другими веществами. Это усложняет переработку и может снизить качество вторичного сырья.

**Отсутствие эффективных технологий переработки:** Существующие технологии переработки ламинированного картона не всегда могут обеспечить полное разделение материалов или достаточный выход вторичного сырья. Необходимы инновационные решения и улучшения в технологиях переработки. Данный пункт является самым важным и на него в будущем будут направлены усилия, так как отходов такого типа с каждым днем становится все больше, и утилизация является экономически не выгодной. Существуют методы, такие как гидропульпирование, но они не всегда эффективны для всех типов ламинированных материалов. [8]

**Экономическая невыгодность:** Из-за сложности переработки и необходимости в специализированном оборудовании переработка ламинированного картона может быть экономически невыгодной. Часто оказывается дешевле производить новые материалы, чем перерабатывать старые.

**Ограниченный рынок для вторичного сырья:** Даже если удастся успешно переработать ламинированный картон, рынок для полученных вторичных материалов может быть ограни-

ченным. Это может быть связано с низким качеством вторичного сырья или отсутствием спроса.

**Проблемы с сортировкой и сбором:** Эффективная переработка требует правильной сортировки отходов, что на практике часто не происходит. Ламинированный картон может смешиваться с другими видами отходов, что усложняет процесс его переработки.

В последние годы наблюдается прогресс в технологиях переработки, таких как механическое и химическое разделение слоев ламинированного картона. Например, технологии гидропульпирования и использование растворителей для разделения слоев становятся более эффективными, но еще не получили широкого распространения. [3]

Гидропульпирование (или гидропульпация) — это процесс переработки бумажных и картонных отходов, который включает использование воды для разрушения и размягчения материалов с целью их дальнейшего разделения и переработки. Этот метод часто применяется для обработки смешанных бумажных отходов, включая ламинированный картон.

### Описание процесса гидропульпирования

#### Сбор и сортировка:

Собираются и сортируются бумажные и картонные отходы. Сортировка может включать отделение ламинированного картона от других видов отходов.

#### Подготовка сырья:

Ламинированный картон измельчается до более мелких фрагментов для облегчения дальнейшего процесса гидропульпирования.

#### Гидропульпирование:

Измельченные фрагменты помещаются в большой бак (пульпер), где смешиваются с водой. Внутри пульпера находятся

лопасти или другие механизмы, которые создают турбулентное движение воды, разбивая картон на волокна и отделяя слои. [9, 10]

#### **Разделение материалов:**

В процессе гидропульпирования слои бумаги, пластика и алюминия (если присутствуют) начинают отделяться друг от друга. Бумажные волокна диспергируются в воде, создавая пульпу, в то время как пластиковые и алюминиевые компоненты остаются целыми и могут быть удалены через фильтрацию или другие механические процессы.

#### **Очистка и фильтрация:**

Полученная пульпа очищается от загрязнений и мелких частиц. Для этого используются различные методы фильтрации, центрифугирования и флотации.

#### **Дальнейшая переработка:**

Очищенная бумажная пульпа может быть использована для производства новой бумаги или картона. Пластиковые и алюминиевые компоненты также могут быть переработаны соответствующими методами.

### **Примеры применения гидропульпирования**

#### **Переработка тетрапак:**

Гидропульпирование широко используется для переработки упаковки типа тетрапак, которая состоит из слоев бумаги, полиэтилена и алюминия. В процессе гидропульпирования бумажные волокна отделяются и перерабатываются в новую бумагу, а полиэтилен и алюминий удаляются и перерабатываются отдельно.

#### **Переработка картонных упаковок для жидкостей:**

Картонные упаковки для соков, молока и других жидкостей также могут перерабатываться методом гидропульпирования. Этот метод позволяет эффективно отделить бумажные волокна от пластикового и алюминиевого покрытия.

#### **Производство вторичной бумаги:**

Полученная в результате гидропульпирования бумажная пульпа используется для производства различных видов вторичной бумаги, включая картон, туалетную бумагу и офисную бумагу.

**Производство подставок под стаканчики для кофе и лотков для яиц.** Древесное волокно приобретают предприятия для этих целей. [2]

**Изготовление упаковки для мобильных телефонов.** В отличие от пластика и пенопласта такой материал самоутилизируется, не нанося вреда экологии. [2]

**Производство крафт-бумаги.** Она выступает основой различных изделий: книжных обложек, гофрокартона, конвертов. В неё часто упаковывают подарки и другую тару, что подчёркивает натуральность товаров. [3]

### **Преимущества и недостатки гидропульпирования**

#### **Преимущества:**

**Эффективное разделение слоев:** Гидропульпирование позволяет эффективно отделять бумажные волокна от других материалов.

**Использование воды:** Вода является безопасным и недорогим средством для разрушения бумажных волокон.

**Возможность переработки сложных упаковок:** Метод позволяет перерабатывать многослойные упаковки, такие как тетрапак.

#### **Недостатки:**

**Высокое потребление воды:** Процесс требует большого количества воды, что может быть проблематично в регионах с ограниченными водными ресурсами. [4]

**Загрязнение воды:** Вода, используемая в процессе, может загрязняться и требует последующей очистки.

Гидропульпирование является важным методом переработки бумажных и картонных отходов, особенно многослойных материалов, и продолжает развиваться для повышения эффективности и снижения затрат. [5, 10]

В целом можно подытожить, что переработка ламинированного картона представляет собой сложную задачу, обусловленную многослойной структурой материалов, высоким уровнем контаминации, недостатком эффективных технологий и экономической невыгодностью процесса. Существующие методы переработки, такие как гидропульпирование, позволяют частично решать эту проблему, но также имеют свои ограничения, включая высокое потребление воды и значительные экономические затраты.

Решение проблемы переработки ламинированного картона требует комплексного подхода, включающего технологические, экономические и законодательные меры. Развитие новых технологий, улучшение существующих методов, создание стимулов для бизнеса и усиление законодательной базы помогут сделать переработку ламинированного картона более эффективной и экономически целесообразной. Важно также продолжать усилия по повышению осведомленности общества о необходимости переработки и устойчивого использования ресурсов.

#### **Литература:**

1. Ванчаков, М. В. Технология и оборудование для переработки макулатуры. Учебное пособие. СПб.: Политехника, 2011.
2. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2006.
3. Гринин, А. С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002.
4. Чуйко, В. А. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. СПб.: РИОЛТА, 2002.
5. Перепелица, Д. С. Рециклинг ламинированной макулатуры. Статья в сборнике трудов конференции. Омск, 2022.
6. Кострова, П. А. Термический способ решения проблемы утилизации посуды из ламинированной бумаги. Научная статья. Журнал «Успехи в химии и химической технологии», 2021.
7. Charles R. Rhyner, Frank M. Goff, M. Christopher Carrow, Nicholas A. J. Hastings «Waste Management and Resource Recovery» CRC Press, 1995

8. Pratima Bajpai «Recycling and Deinking of Recovered Paper» Elsevier, 2014
9. Ling Liu, Hongyan Zhu, Yongjian Zhang «Recycling of multi-layer composite packaging materials: A review» Journal of Cleaner Production, 2020 DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118832
10. John Doe, Jane Smith «Hydropulping process for recycling laminated carton packages: Current status and future trends» Waste Management, 2019 DOI: 10.1016/j.wasman.2019.07.024

## Исследование стабильности электронного преобразователя

Степанцев Владислав Павлович, студент магистратуры

Арзамасский политехнический институт Нижегородского государственного политехнического университета имени Р. Е. Алексеева

*В статье проведено исследование электронного преобразователя на стабильность передаточной характеристики датчика линейных ускорений, проведено исследование передаточной характеристики канала акселерометра с магнитоэлектрической обратной связью.*

## Investigation of the stability of the electronic converter

*The article provides a theoretical substantiation of the influence of the stability of sputtered resistors on the stability of the transfer characteristic of a linear acceleration sensor, and a study of the transfer characteristic of an accelerometer channel with magnetoelectric feedback.*

Акселерометр, как и любой современный датчик первичной информации, является сложной электромеханической системой с замкнутым контуром преобразования. Точность таких систем определяется суммарной погрешностью всех ее узлов. Долгое время решая вопросы повышения точности, модернизации подвергались исследуемые сенсоры (чувствительные элементы (ЧЭ)) непосредственно воспринимающие физическую величину.

Развитие концепции построения современных датчиков в сочетании с новыми технологическими возможностями позволяет произвести повышение точности акселерометра за счет модернизации электронного преобразователя.

Электронный преобразователь акселерометра с датчиком момента магнитоэлектрической обратной связи (ДМОС) можно представить в виде функциональной схемы (рисунок 1) [1].

Схема состоит из двух встроенных датчиков (угла и момента) в сенсоре и общего блока электроники.

Электрическая схема приведена на рисунке 2.

На данном рисунке показана схематехническая реализация основных функциональных звеньев.

В прототипе описанный функционал реализован на базоматричном кристалле, который установлен на подложку из поликора. Такая компоновка позволяет повысить технологичность и себестоимость электронного модуля, но при исследованиях акселерометра с данным преобразователем выявлен малый конструктивный запас по точности измерения линейного ускорения. От об-

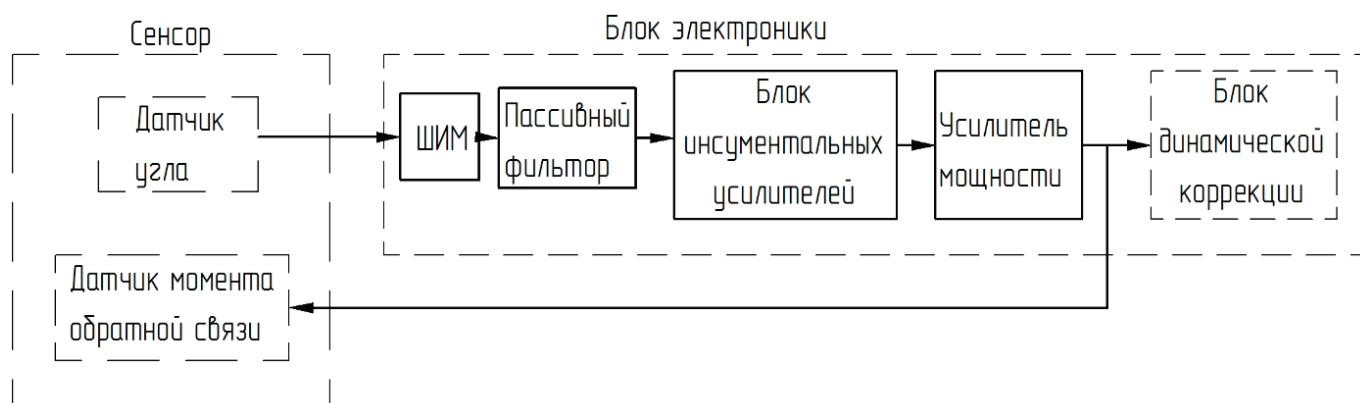


Рис. 1. Функциональная схема преобразователя

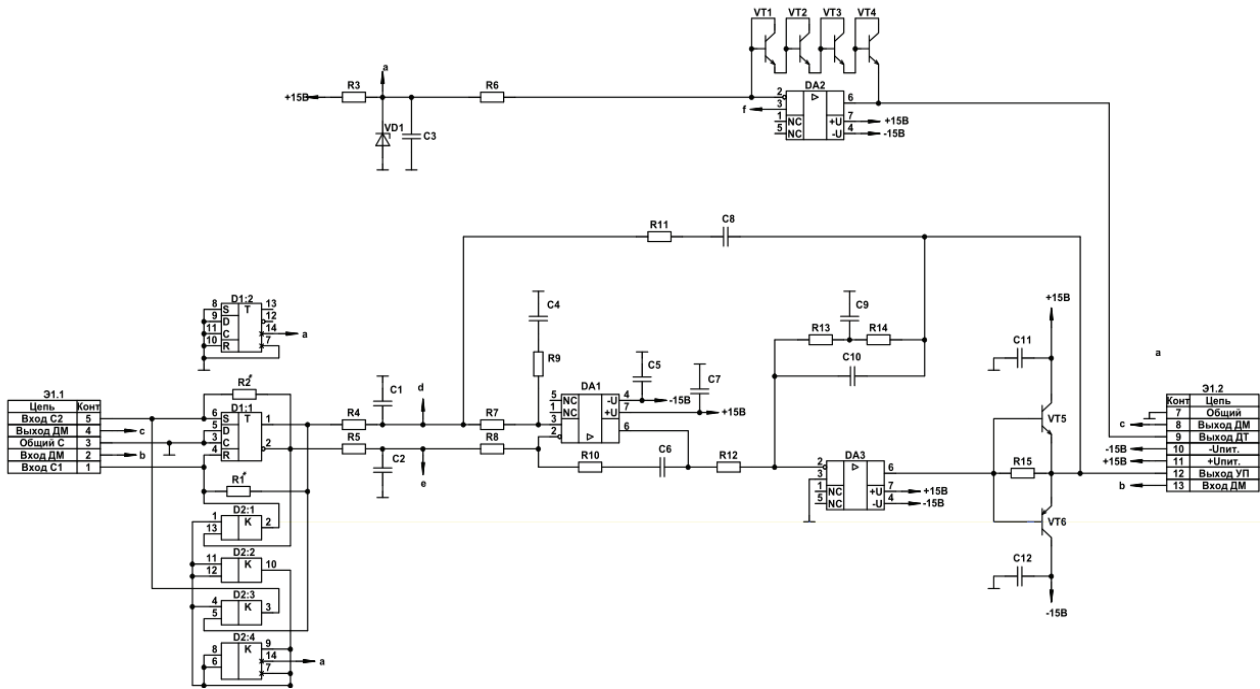


Рис. 2. Электрическая схема прототипа

разца к образцу погрешность составляет порядка 0,2 *mg* при допуске 0,3 *mg*. Такую стабильную погрешность может вызывать только электронный преобразователь. Погрешность нулевого сигнала обусловлена

— возбуждением во внутренних каскадах микросхемы (блок инструментальных усилителей и усилитель мощности) в пределах температурных циклов вследствие невозможности динамической коррекции внутренних каскадов из-за их монокристалльного исполнения;

— малой амплитудой выходного напряжения опроса емкостей датчика перемещения [3].

Описанные недостатки не позволяют использовать данный конструктив при разработке перспективных датчиков. Схемотехника позволяет обеспечить более высокую стабильность нулевого сигнала, но схемотехническая реализация на базоматричном кристалле накладывает существенные ограничения.

Новый электронный преобразователь (рисунок 3) выполнен полностью по ГИС-технологии. На диэлектрической подложке из поликора сформированы пленочные пассивные элементы (резисторы) и проводящий слой, на поверхности устанавливаются навесные активные и пассивные компоненты: конденсаторы, операционные усилители, транзисторы, стабилитрон и элементы логики.

Широтно-импульсивный модулятор измерительной схемы ШИМ выполнен на RS-триггере Т и двух КМОП-ключах К1, К2, управляемых триггером и поочередно разряжающих измерительные емкости С1, С2 на общую шину «0». ШИМ, представляет собой генератор прямоугольных импульсов ГПИ с парафазным выходом, который «опрашивает» измерительные емкости сенсора (датчик угла) и выдает по двум каналам прямоугольные импульсы одинаковой частоты  $f_{ШИМ} \approx 500$  кГц. Импульсы имеют разную длительность, прямо пропорциональную этим емкостям, что приводит к изменению скважности импульсов.

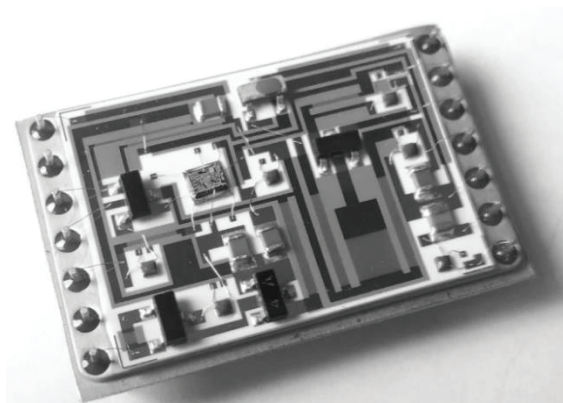


Рис. 3. Электронный преобразователь по ГИС-технологии

Пассивные низкочастотные RC-фильтры ФНЧ ( $R_\phi, C_\phi$ ), преобразуют прямоугольные импульсы на выходах ШИМ в постоянное напряжение прямо пропорциональное длительности импульса.

Двухтактный усилитель мощности УМ VT1 ( $n-p-n$ ) и VT2 ( $p-n-p$ ), охваченный локальной отрицательной обратной связью оконечного ОУ DA3 для повышения устойчивости, необходим для выдачи в цепь ДМОС большого тока для компенсации ГООС инерционного момента маятника ЧЭ при действии измеряемого ускорения, поскольку максимальный выходной ток DA3 недостаточен для запитывания им катушек ГООС.

Полная математическая модель акселерометра имеет стандартный вид [3], показанный на рисунке 4.

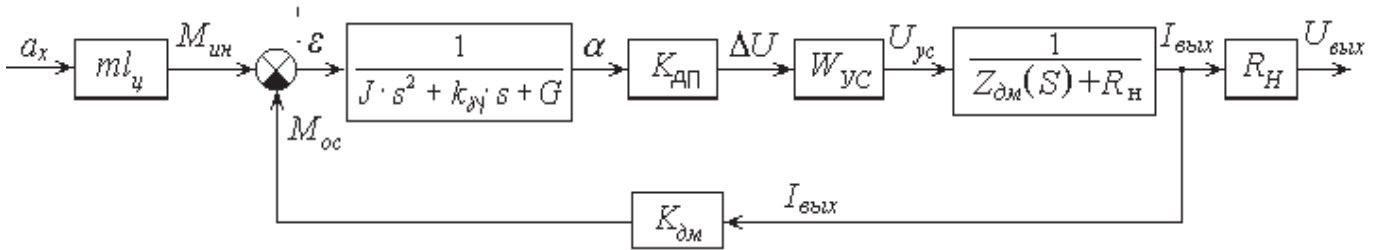


Рис. 4. Передаточная функция акселерометра

На рисунке 4 введены следующие обозначения:

$a_x$  — действующее ускорение, м/с<sup>2</sup>;  $M_{ин}, M_{ос}$  — момент инерции и компенсационный момент, Н·м;  $\varepsilon$  — рассогласование;  $\alpha$  — угол отклонения маятника, рад;  $\Delta U$  — напряжение, снимаемое с датчика перемещения, В;  $U_{yc}$  — выходное напряжение усилителя, В;  $I_{вых}$  — ток, подаваемый в катушки датчика момента, А;  $U_{вых}$  — выходное напряжение для акселерометра, А;  $l_{ц}$  — плечо маятника, м;  $J$  — момент инерции, Н·м;  $K_{дв}$  — коэффициент демпфирования;  $G_y$  — жесткость подвеса, Н/м;  $W_{yc}$  — передаточная функция усилителя;  $R_н$  — сопротивление нагрузки, Ом;  $Z_{дм}$  — комплексное сопротивление катушек датчика момента, Ом.

Полную передаточную функцию акселерометра (рис. 4) имеет вид [3]

$$W_{пр.ц}(s) = \frac{K_{дп}W_{yc}(s)}{(Js^2 + K_{дв}s + G_y) \cdot (Z_{дм}(s) + R_н)}$$

$$W_{длв}(s) = \frac{ml_{цм}W_{уп}(s)R_н}{(Js^2 + K_{дв}s + G_y) \cdot (R_{дм} + R_н)} = \frac{W_{уп}(s)K_{дм}}{1 + \frac{ml_{цм}W_{уп}(s)R_н}{(Js^2 + K_{дв}s + G_y) \cdot (R_{дм} + R_н)}}$$

$$= \frac{ml_{цм}W_{уп}(s)R_н}{(Js^2 + K_{дв}s + G_y) \cdot (R_{дм} + R_н) + W_{уп}(s)K_{дм}} = \frac{ml_{цм} \frac{k_2}{T_2s+1} \cdot \left( k_1 \cdot \frac{\tau_1s+1}{\tau_2s+1} + 1 \right) \cdot \frac{1}{T_\phi s+1} \cdot \frac{U_{оп}}{d_0} \cdot R_н}{(Js^2 + K_{дв}s + G_y) \cdot (R_{дм} + R_н) + \frac{k_2}{T_2s+1} \cdot \left( k_1 \cdot \frac{\tau_1s+1}{\tau_2s+1} + 1 \right) \cdot \frac{1}{T_\phi s+1} \cdot \frac{U_{оп}}{d_0} \cdot K_{дм}}$$

где  $m = 5,3 \cdot 10^{-4}$  кг (фактическая масса подвижного узла);

$l_{цм} = 4,73 \cdot 10^{-3}$  м (плечо приложения инерциальной силы на маятник),

$k_1 = 6,5$  — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$k_2 = 1$ , — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$\tau_1 = 9,9 \cdot 10^{-5}$  с — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$\tau_2 = 3,3 \cdot 10^{-5}$  с, — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$T_2 = 1,8 \cdot 10^{-6}$  с — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$T_\phi = 7,5 \cdot 10^{-6}$  с — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$U_{оп} = 6,4$  В;  $d_0 = 8 \cdot 10^{-6}$  м;  $J = 1,53 \cdot 10^{-8}$  кг·м<sup>2</sup>;  $K_{дв} = 5,07 \cdot 10^{-3}$  м/с;  $G_y = 3,76 \cdot 10^{-4}$  Н м/рад;  $R_{дм} = 162$  Ом;  $R_н =$

2688 Ом; <<Eqn413.wmf>>

где  $m = 5,3 \cdot 10^{-4}$  кг (фактическая масса подвижного узла);

$l_{цм} = 4,73 \cdot 10^{-3}$  м (плечо приложения инерциальной силы на маятник),

$k_1 = 6,5$  — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$k_2 = 1$ , — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$t_1 = 9,9 \cdot 10^{-5} \text{ с}$  — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$t_2 = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ , — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$T_2 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$T_\phi = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  — зависит от сопротивления напыленных резисторов;

$U_{\text{оп}} = 6,4 \text{ В}$ ;  $d_0 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;  $J = 1,53 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $K_{\text{дв}} = 5,07 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ ;  $G_y = 3,76 \cdot 10^{-4} \text{ Н м/рад}$ ;  $R_{\text{дм}} = 162 \text{ Ом}$ ;  $R_{\text{н}} = 2688 \text{ Ом}$ ;

$K_{\text{дм}} = 2 \cdot B_p \cdot I_{\text{пр}} \cdot I_{\text{ос}} = 0,0197$ .

С учетом анализа передаточной функции можно сделать вывод, о непосредственном влиянии стабильности напыленных резисторов на характеристики акселерометра. Это обусловлено зависимостью постоянных времени передаточной функции от сопротивления резисторов.

Изменение сопротивления напыленных резисторов может носить и случайный и систематический характер. Систематическая составляющая погрешности при алгоритмической обработке сигнала может быть минимизирована. С точки зрения цели магистерской диссертации интерес представляет минимизация случайной составляющей изменения сопротивления тонкопленочных резисторов. В метрологической терминологии данный параметр называется стабильностью и оценивается анализом гистерезисной петли при циклическом воздействии.

Проведенный анализ передаточной функции акселерометра показал влияние на ее коэффициенты ( $k_1, k_2, t_1, t_2, T_2, T_\phi$ ) изменения сопротивления напыленных резисторов. Для повышения точности акселерометра необходимо повышать стабильность (временную и температурную) напыленных резисторов.

#### Литература:

1. Вавилов В. Д. Интегральные датчики / В. Д. Вавилов. — НГТУ. 2003. -503 с.
2. Броддай И. Физические основы МЭМС / И. Броддай, Дж. Мерей. — М.: Мир, 2005. — 496 с.
3. Обухов В. И. Технология интегральных измерительных преобразователей / В. И. Обухов. — Н. Новгород: Аф НГТУ, 1994. — 150 с.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Исследование метода оценки и оптимизации планировки городской дорожной сети на основе интеллектуальной транспортной системы

Ван Чжэ, студент

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

*С непрерывным развитием процесса строительства урбанизации проблема городских пробок становится все более серьезной, и ключом к решению проблемы является научная конфигурация существующих дорожных ресурсов, чтобы обеспечить полное удовлетворение растущего спроса на поездки. Исходя из этого, используя интеллектуальный транспорт в качестве отправной точки, во-первых, вводится метод оценки ключевых узлов и участков городской дорожной сети; во-вторых, объясняется идея оптимизации схемы дорожной сети; наконец, с уровня перенаправления и мониторинга движения обсуждается конкретный метод оптимизации схемы дорожной сети для справки.*

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) — это система мониторинга, управления и оптимизации дорожного движения путем комплексного использования современных информационных технологий и коммуникационных технологий с целью повышения эффективности дорожного движения, уменьшения количества пробок и аварий, а также улучшения условий передвижения городских жителей. Городская дорожная сеть является важным компонентом ИТС, и ключевым моментом для оценки и оптимизации ее планировки является полное использование преимуществ современных информационных технологий и коммуникационных технологий, а также корректировка планировки с помощью анализа данных, моделирования и интеллектуальных стратегий управления движением, чтобы повысить эффективность движения и уменьшить количество заторов и аварий. Исходя из этого, изучается метод оценки и оптимизации планировки городской дорожной сети на основе интеллектуальной системы управления дорожным движением для дальнейшего улучшения качества поездок городских жителей.

### 1. Оценка планировки городской дорожной сети

#### 1.1. Общая идея

В настоящее время, в условиях быстрого развития экономики и общества, городской дорожной сети трудно эффективно удовлетворять растущий спрос на поездки населения, поэтому оптимизация планировки городской дорожной сети стала предметом пристального внимания в области транспорта [1]. Исходя из этого, для объективной оценки планировки городской дорожной сети используются следующие идеи:

Во-первых, мы выбираем показатели экономической, экологической и социальной выгоды для оценки планировки городской дорожной сети в целом. При разработке системы оценки используются метод сравнительной оценки и метод комплексной оценки экспертов, а общая идея заключается в модернизации существующей дорожной сети и использовании интеллектуальных технологий для повышения интеллектуального и современного уровня дорожной сети, чтобы обеспечить техническую гарантию для улучшения пропускной способности городских дорог. При выборе схемы городской дорожной сети в полной мере учитываются местные политические, социальные, финансовые и культурные факторы, и такие факторы влияния не анализируются, чтобы упростить процесс исследования.

Во-вторых, для полной оценки эффективности планировки дорожной сети выбраны показатели мезоуровня, такие как площадь дорог на душу населения, плотность дорожной сети и связность дорог. Вышеперечисленные показатели являются физическими показателями, изменение которых тесно связано с численностью городского населения, базой и количеством автотранспорта. Если физическая инфраструктура города неблагоприятна, то экономический и социальный эффект от оптимизации планировки городской дорожной сети будет недостаточно значительным, что приведет не только к напрасной трате ресурсов, но и не позволит полностью решить проблему транспортных заторов в городе. Поэтому перед выбором планировки городской дорожной сети исследователям необходимо провести исследование, чтобы понять уровень экономического развития города и дать точное объяснение значения параметров городского движения, на основании чего зарезервировать достаточное пространство для преобразований.

Наконец, поскольку планировка дорожной сети напрямую влияет на режим, временную последовательность и программу городского строительства, при оптимизации планировки дорожной сети городского движения исследователям необходимо проанализировать конкретные проблемы, полностью понять текущую ситуацию развития сети городского движения, проанализировать конкретные проблемы текущих физических показателей и провести глубокий анализ соответствующих проблем. В настоящее время проблемы сосредоточены в физических показателях планировки дорожной сети, нарушениях в проектировании местных узлов и т.д. Длительное существование вышеуказанных проблем приведет к беспрепятственному функционированию транспортной системы, что скажется на экономическом развитии городского транспорта. Ключом к решению этих проблем является улучшение текущей планировки дорожной сети, разработка многоуровневой схемы планировки и принятие новых мер по строительству дорог. Принимая существующие проблемы за отправную точку, предлагается концепция разработки интеллектуальной транспортной системы, которая используется для корректировки схемы расположения городской дорожной сети в режиме реального времени с целью максимального использования преимуществ интеллектуального транспортного ландшафта.

Основным содержанием данного исследования является оптимизация планировки городской дорожной сети, то есть перепроектирование текущей структуры дорожной сети города с акцентом на интеллектуальное проектирование ключевых участков и узлов и реализацию соответствующих функций. В процессе конкретного исследования также оцениваются ключевые факторы, влияющие на качество работы городской дорожной сети, чтобы проанализировать, является ли текущая планировка городской дорожной сети разумной или нет, и на этой основе используются интеллектуальные технологии для реализации научной планировки дорожной сети. После завершения оценки эффективности планировки исследователи могут также оценить эффективность работы текущей системы городской дорожной сети с помощью интеллектуальной системы транспортной сети и разработать целевые меры по улучшению, чтобы поднять пропускную способность и уровень обслуживания участка дороги на новую высоту.

## 1.2. Методы оценки

### 1.2.1. Ключевые участки дорог

Для ключевых участков дорог используется метод нечеткой оценки. На основе исторических данных о городских дорогах и соответствующих норм в качестве основных показателей для оценки качества работы транспорта принимаются среднее значение коэффициента задержки на ключевых узлах, степень насыщенности и среднее значение скорости движения на ключевых участках дорог.

При анализе коэффициента задержки на ключевых узлах необходимо учитывать не только причину задержки, место и время задержки, но и место и время остановки. В целом, чем больше значение этого показателя, тем более неудовлетворительным яв-

ляется качество работы [2]. Степень насыщенности участка дороги — это соотношение между проектной и фактической интенсивностью движения, которое может свидетельствовать как о качестве эксплуатации, так и об удовлетворенности пользователей. Чем больше значение этого показателя, тем серьезнее противоречие между спросом и предложением движения на данном узле. Чем больше значение этого показателя, тем серьезнее противоречие между переизбытком трафика на узле. Чтобы определить среднее значение скорости транспортного средства, необходимо сначала рассчитать общее расстояние, пройденное транспортными средствами, и общее время в пути, а затем вычислить их соотношение. В целом, чем больше среднее значение скорости транспортного средства, тем более идеальным является состояние эксплуатации и тем ниже стоимость проезда для населения. На практике исследователь должен взять за основу фактическую работу дорожной сети, взять участки дорог с неудовлетворительной работой и важные участки дорог в качестве объектов исследования и определить значения индексов оценки ключевых узлов и участков дорог в соответствии с вышеуказанным методом расчета. После понимания ситуации со всеми ключевыми участками дорожной сети, она будет относиться к структуре дорожной сети и обеспечит надежную основу для добавления интеллектуальных транспортных средств с помощью функций сбора, расчета и регулирования ИТС, чтобы действительно достичь целевого назначения и обеспечить полное использование соответствующих объектов.

### 1.2.2. Ключевые узлы

При определении индексов оценки ключевых узлов исследователи не только учитывают характеристики метода нечеткой оценки, но и анализируют исторические данные городских дорог и соответствующие нормы, и в итоге устанавливают такие индексы оценки, как задержка, насыщенность и коэффициент эффективности. Впоследствии, в соответствии с требованиями техники дорожного движения и спецификациями проектирования городских дорог, узлы были разделены на четыре уровня, а результаты были рассчитаны на основе взвешенного показателя для определения уровня измерения.

## 2. Идеи и методы оптимизации на основе интеллектуального транспорта

### 2.1. Идеи оптимизации

Структурное распределение городской дорожной сети похоже на структуру направленного графа ребер и узлов модели теории графов, на основе модели теории графов, следующая формула может быть использована для представления региональной дорожной сети:

$$Q = \{V_i | M_{ij}\} \quad (1)$$

Где:  $V_i$  — количество перекрестков, включенных в дорожную сеть от начального до конечного пункта;

$M_{ij}$  — общее количество комбинаций путей от начального до конечного пункта дорожной сети.



Идея оптимизации заключается в следующем: анализируются критические участки и узлы пересечения всех путей от начальной точки до целевой точки. В соответствии с ключевыми участками дорог и узлами пересечения изучите условия для организации интеллектуального движения и скорректируйте транспортный поток на участках дорог и узлах путем добавления интеллектуальных дорожных объектов для улучшения работы транспорта. Если изменение маршрутов движения приводит к проблемам с заторами на других участках дорог или узлах, необходимо расширить масштаб исследования, провести итерационную оптимизацию маршрутов движения в соответствии с затратами и временем, которые могут быть задействованы, и решить, необходимо ли устанавливать дополнительные интеллектуальные транспортные средства в более широком диапазоне или на более глубоком уровне [3]. После установки интеллектуальных транспортных средств на ключевых участках дорог и перекрестках необходимо проанализировать состояние работы дорожной сети, и если эффект улучшения не является удовлетворительным, необходимо проанализировать причины проблемы и скорректировать физическую структуру дорожной сети или использовать другие способы оптимизации дорожной сети, чтобы обеспечить бесперебойную и эффективную работу дорожной сети.

## 2.2. Методы оптимизации

### 2.2.1. Перенаправление движения

Городские дороги можно разделить на ответвления, второстепенные, главные и скоростные на четырех уровнях, а функциональное расположение, конкретные роли и требования к дорогам разных уровней определяются свойствами земли и конкретным местоположением. Например, скоростная дорога — это дорога, соединяющая различные регионы и обеспечивающая высокоскоростное движение в каждом регионе, и ее функция заключается в основном в сокращении временного и пространственного расстояния между городами и поселками. Магистральные и скоростные дороги образуют транспортные коридоры, а основная функция второстепенных дорог — сбор и распределение трафика, которые могут быть объединены с боковыми дорогами с функциями подъезда для сбора трафика в окрестностях.

В последние годы под влиянием урбанизации количество автомобилей, принадлежащих городским жителям, увеличивается, и число автомобилей растет быстрее, чем общие темпы роста дорожных ресурсов. В период ежедневных пиковых нагрузок на дорогах часто возникают заторы, что приводит к снижению комфорта передвижения, увеличению потребления энергии, увеличению времени в пути, а также к загрязнению окружающей среды, дорожно-транспортным происшествиям и другим проблемам. Традиционные способы решения проблемы заторов на магистральных дорогах включают в себя регулирование движения и оптимизацию морфологии дорожной сети с целью перенаправления трафика.

Однако в своевременности этих мер есть очевидные недостатки. Возьмем в качестве примера города с полосатой струк-

турой, формирование которых связано с топографией рельефа, с общими характеристиками больших горизонтальных пролетов и ограниченного числа подъездных коридоров, поэтому в периоды пиковой нагрузки, будь то центр городского района, торговая зона или прилегающие районы, возникают ситуации интенсивного движения, и для достижения цели отвода транспорта обычно требуется управление движением. Однако существует фиксированная схема управления движением, и только принятие таких мер, как ограничение движения, организация движения или управление сигналами, в зависимости от ситуации, позволяет достичь желаемого эффекта отвода. Когда на первоначальном пути движения возникают заторы, водителям приходится выбирать новый путь, основываясь на своем многолетнем опыте управления транспортными средствами, что косвенно свидетельствует о том, что эффект отвода дороги в основном зависит от опыта и выбора водителей. В условиях координации транспортного средства и дороги интеллектуальная дорожная система может ссылаться на данные, предоставляемые клиентским терминалом, который может отражать интенсивность дорожного движения в реальном времени до того, как водитель официально отправится в путь, и первоначально определить путь движения. После того как водитель выезжает на дорогу, система может рассчитать время в пути в соответствии с данными о текущем и альтернативном маршруте в реальном времени и достичь цели эффективного перенаправления движения посредством мгновенного взаимодействия, чтобы повысить общий уровень обслуживания и пропускную способность дороги и помочь водителям сэкономить время в пути при условии обеспечения эффективности движения.

### 2.2.2. Мониторинг дорожного движения

Система координации движения транспортных средств по дорогам состоит из системы управления движением, блока обнаружения окружающей среды, сервера управления, устройства, установленного на транспортном средстве, и системы мониторинга [4]. Блок обнаружения окружающей среды отвечает за определение состояния движения и дорожной обстановки, сбор информации о движении в реальном времени и загрузку данных на платформу управления через технологию беспроводной связи, которая определяет оптимальный маршрут в соответствии с результатами расчетов. В период пиковой нагрузки количество транспортных средств в региональной дорожной сети увеличивается в геометрической прогрессии, поэтому необходимо в режиме реального времени вычислять, подходит ли маршрут. На основе местоположения транспортных средств и соответствующих временных узлов обратная связь в режиме реального времени с информацией о дорожном движении используется для обеспечения оптимального пути следования путем многократного расчета и корректировки маршрута.

## Заключение

Во-первых, данные о дорожном движении в интеллектуальной транспортной системе (ИТС) позволяют оценить городскую дорожную сеть на основе данных, выявить узкие места

в движении, точки заторов и зоны, подверженные авариям, и тем самым обеспечить основу для оптимизации схемы дорожной сети. Во-вторых, программное обеспечение для имитации и моделирования движения может использоваться для виртуального моделирования городских дорожных сетей, имитации транспортных потоков при различных сценариях, оценки эффективности вариантов планировки и определения оптимальных решений. В-третьих, для регулирования транспортного потока в режиме реального времени, уменьшения за-

торов и задержек, а также повышения общей эффективности дорожной сети можно использовать интеллектуальные стратегии управления дорожным движением, такие как интеллектуальная синхронизация сигналов и оптимизированное расположение полос. В-четвертых, при оптимизации схемы дорожной сети необходимо учитывать интеграцию различных видов транспорта и оптимизировать взаимодействие и связь различных видов транспорта, чтобы повысить общую эффективность движения и удобство поездок.

#### Литература:

1. Дао Баоцюань, Лю Цзин, Ма Чао и др. Исследование реформы преподавания курса «Проектирование и интеграция интеллектуальных транспортных систем» на основе инженерной сертификации [J]. Наука и техника ветра, 2023(28):100–102.
2. Ду Хунмин, Танг Ши. Разработка и применение облачной платформы данных для многосегментной интеллектуальной системы управления городским железнодорожным транспортом [J]. Исследования городского железнодорожного транспорта, 2023(10):176–181+188.
3. Юнь Вэньцзе, Ли Миньхань, Сюй Юн и др. Интеллектуальная система эксплуатации и обслуживания инфраструктуры городского железнодорожного транспорта на основе комплексного применения режима «одно транспортное средство + одна платформа» [J]. Исследования городского железнодорожного транзита, 2023(10):162–167.
4. Коу Шихао, Яо Яо., Чжэн Хун, и др. Оценка планировки городского движения в Китае на основе данных о дорожной сети и теории сложных графов [J]. Журнал информационной науки о Земле, 2021(5):812–824.

## Сталежелезобетонные комбинированные конструкции, работающие на изгиб

Галутва Дарья Сергеевна, студент магистратуры  
Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

*В статье автор исследует преимущества сталежелезобетонных плит перекрытия перед плитами со стержневой арматурой и необходимость изучения расчётных показателей сталежелезобетонных плит при применении их различных конфигураций.*

**Ключевые слова:** сталежелезобетонные конструкции, стальной профилированный настил.

На сегодняшний день выбор конструктивных элементов и строительных материалов при проектировании зданий основывается не только на обеспечении прочности несущих конструкций. Многолетний опыт использования типовых элементов, развитие BIM-технологий и постоянное совершенствование и модернизация строительных материалов и механизмов все больше сводит задачу современного проектирования к повышению эффективности строительства.

Одним из решений, соответствующим потребностям проектировщиков в их стремлении повысить эффективность конструкций, является сталежелезобетон, появившийся в XIX веке и являющийся актуальным по сей день.

Сталежелезобетонные конструкции представляют собой комбинированную систему, в которой железобетон и стальные элементы работают совместно. Для подобных конструкций основными стальными элементами являются стальной профилированный настил (СПН), стальные прокатные профили и гибкая арматура. Номенклатура сталежелезобетонных конструкций, работающих на изгиб, выделяет следующие виды изделий:

— сталежелезобетонные плиты, состоящие из монолитного железобетона и стального профилированного настила (СПН).

При изготовлении СПН играет роль несъёмной опалубки плиты, а на стадии эксплуатации профнастил начинает работать как внешняя рабочая арматура совместно с рабочим армированием плиты;

— комбинированные балки, основным элементом которых является стальная балка, объединённая с железобетонной плитой с помощью специальных упоров или путём обетонирования балки;

— более усовершенствованным конструктивным решением являются сталежелезобетонные монолитные плиты с внешним армированием из профнастила уложенных по комбинированным балкам, работающим совместно с плитой.

Подбор материалов для сталежелезобетонных плит перекрытий производится в соответствии с [1]. Бетон принимается тяжёлый плотностью от 2200 до 2500 кг/м<sup>3</sup> и мелкозернистый средней плотности от 1800 до 2200 кг/м<sup>3</sup>. Сталь используют в виде гибкой жёсткой арматуры. В качестве гибкой арматуры принимается горячекатаная или термомеханически упрочнённая арматура периодического профиля диаметром 6–50 мм, допускается использование канатов диаметром 6–18 мм классов А-400, А-500, А-600, В-500 и Вр-500. В качестве жёсткой

арматуры принимают прокатные профили из стали С245, С255 и С345. В качестве несъёмной опалубки плит используются профили листовые гнутые из оцинкованной стали с трапециевидными гофрами открытого или закрытого типа. Таким образом, высокие показатели прочности, широкий выбор материалов для изготовления и простота монтажа, обусловленная наличием в одном из виде конструкций несъёмной опалубки, позволяют использовать сталежелезобетонные плиты при строительстве как малоэтажных, так и многоэтажных промышленных, гражданских и общественных зданий.

Применение сталежелезобетонных перекрытий с профилированным настилом по комбинированным балкам даёт следующие преимущества:

- снижение расхода стали на 15% на балки;
- сокращение трудозатрат при строительстве на 25–40% по сравнению с традиционными монолитными перекрытиями (со стержневой арматурой);
- сокращение сроков строительства на 25%;
- уменьшение массы перекрытия на 30–50% по сравнению с железобетонными перекрытиями традиционной конструкции:
  - уменьшению строительной высоты на 10%;
  - увеличению жесткости перекрытий здания при действии горизонтальных нагрузок;
  - размещение коммуникаций в гофрах профилированного настила перекрытия;
  - отсутствие деревянной опалубки;
  - повышение безопасности труда и пожарной безопасности на стадии монтажа.

Ещё в конце XIX века считалось, что стальные конструкции, облицованные бетоном, обладают повышенной огнестойкостью, прочностью и жесткостью, по сравнению с обычными стальными конструкциями. Убедиться в этом удалось лишь после проведенных испытаний в Англии в 1923 году, при этом было отмечено, что при наличии монолитных частей в стальных конструкциях подверженных изгибу, фактические прогибы и напряжения получаются меньше расчётных.

Уже в 1929 году британские инженеры Каугей и Скотт заявили о возможности применения объединённых деталей из стали и железобетона. Так, в 1939 году в Швейцарии были запатентованы первые сталежелезобетонные балки системы «Альфа». Такие балки представляли из себя спираль из арматурной стали, замоноличенную в бетон и приваренную к верхнему поясу тавровой балки. Основная идея конструкции заключалась во включении в работу верхнего пояса железобетонной плиты. Первые сталежелезобетонные конструкции нашли своё применение в пролётных дорожных строениях. Пролётные

строения с балками представленного типа были построены в Нью-Йорке и Швейцарии, после чего получили широкое распространение.

В 1946 году Проектстальконструкция впустила первые типовые проекты объединённых пролётных строений из углеродистой стали и монолитной плиты с клёпанными соединениями. Эти конструкции имели пролёт 21, 32,4 и 42,5 метра и использовались при восстановлении автомобильных дорог в тяжёлое послевоенное время. Такие конструкции были наиболее просты и менее трудоёмки при монтаже, что являлось важнейшим критерием в тот период, но достигалось это за счёт перерасхода стали в главных балках конструкций.

В гражданском и промышленном строительстве широкое применение получили трубобетонные конструкции. В 1970-х годах в Америке было разработано новое конструктивное решение «SWMB» для возведения высотных зданий. В основу системы легло использование стальных труб, заполненных сверхпрочным бетоном, в качестве колонн. Первым зданием, построенным с применением системы «SWMB» стало 58-ми этажно административное здание «Two Union Square» высотой 230,7 м в городе Сиэтл, США. Помимо трубобетонных колонн, в здании были применены сталежелезобетонные балки и плиты перекрытий, что помогло снизить затраты на строительство высотки на 30%.

Монолитные железобетонные плиты по стальному профилированному настилу (СПН) применялись в гражданском строительстве в России и за рубежом, однако, их использование осложнялось отсутствием нормативной базы для проектирования.

Ярким отечественным примером применения сталежелезобетона в строительстве гражданских зданий являются «Сталинские» высотки. Семь многоэтажных зданий, высота которых варьируется от 90 до 180 метров, были построены в период с 1947 по 1957 год. Здесь сталежелезобетон использовался при возведении рамного каркаса. Основные конструкции каркаса принимались из стальных прокатных профилей, обетонированных тяжёлым бетоном, за счёт чего и обеспечивалась совместная работа стали и железобетона.

Важным фактором, влияющим на применение сталежелезобетона при проектировании, является также и то, что до определённого момента нормативная база по проектированию конструкций такого вида попросту отсутствовала, первые актуальные рекомендации появились лишь в 2017 году.

В 1978 году научно-исследовательским институтом железобетона имени А. А. Гвоздёва и ЦНИИПРОМЗДАНИЙ было разработано первое в СССР руководство по проектированию сталежелезобетонных колонн и балок «Руководство по про-



Рис. 1. Балка системы «Альфа»

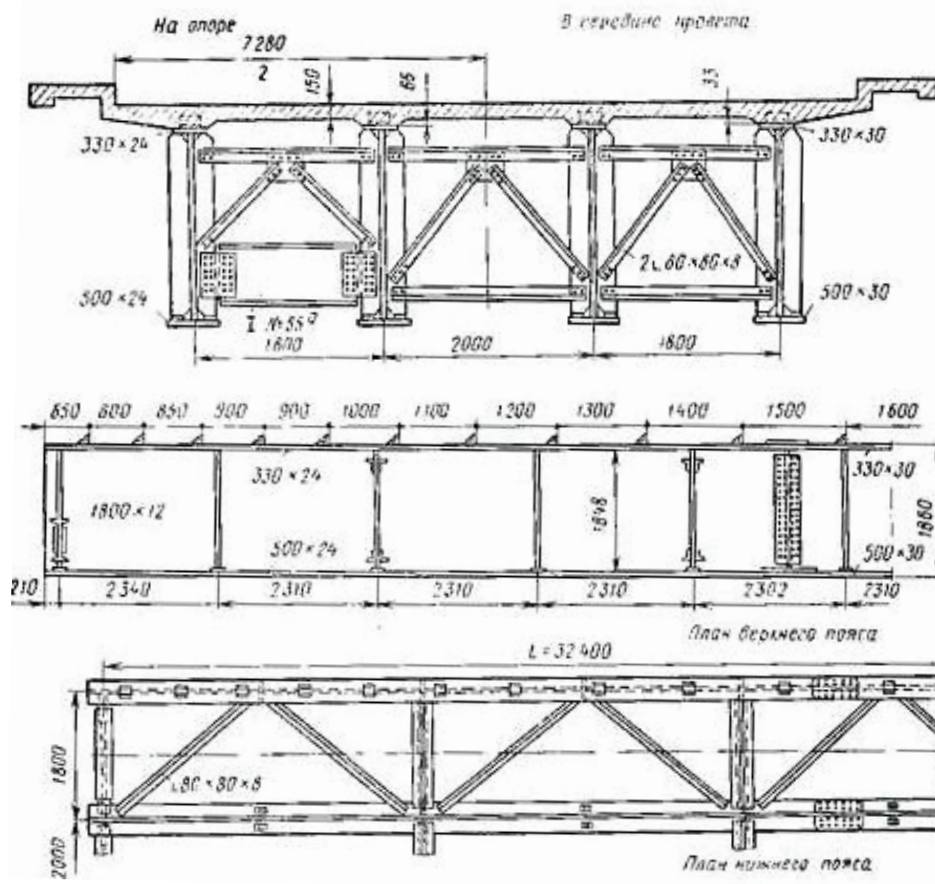


Рис. 2. Типовые сталежелезобетонные конструкции, разработанные Проектстальконструкцией

ектированию железобетонных конструкций с жёсткой арматурой», в 1987 году вышло ещё одно руководство по проектированию сталежелезобетонных плит перекрытия по профилированному настилу «Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом». Т. к. данные редакции носили рекомендательный характер и не являлись нормативными до 2017 года комбинированные конструкции рассчитывались инженерами по [4].

Активное обсуждение проблем проектирования комбинированных конструкций началось лишь в нашем веке. В 2015 году на форме 100+ Forum Russia ведущие специалисты страны подняли вопрос об усовершенствовании нормативной базы сталежелезобетонных конструкций, приводя опыт строительства уже осуществлённых проектов.

В 2016 году Ассоциацией развития стального строительства был разработан стандарт СТО «Сталежелезобетонные конструкции. Правила проектирования» [2]. На основе документа организации в 2017 году был выпущен первый в России свод правил СП 266.13252800.2016. Конструкции сталежелезобетонные» [3].

Данный стандарт требовал от инженеров хороших навыков ручного расчёта конструкций, в связи с чем возникла потребность в методических указаниях и рекомендациях по расчёту конструкций из сталежелезобетона. Такие были выпущены в 2018 году НИИЖБ имени Гвоздёва А. А. совместно с ЦНИИСК имени Кучеренко В. А. и были включены в методику расчёта [4]. После чего компании-производители начали выпуск собственных СТО с рекомендациями по проектированию и расчётными данными и геометрическими характеристиками своей продукции.

#### Литература:

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
2. Руководство по проектированию сталежелезобетонных конструкций / Ассоциация развития стального строительства; [И. И. Ведяков, Д. В. Конин, С. Б. Крылов, В. А. Семенов, А. С. Крылов, Л. С. Рожкова]. — Москва: АКЦИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2018. — 116 с.
3. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.
4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84\*.
5. Монография. Плитная сталежелезобетонная конструкция // Научное издание / Д. А. Пекин. — М.: Изд. АСВ, 2010. — 440 с.

## Использование теплоизоляционных пенобетонов на основе техногенного сырья

Зайцева Валерия Константиновна, студент магистратуры  
 Научный руководитель: Аубакирова Ирина Утарбаевна, кандидат технических наук, доцент  
 Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье автор рассматривает результаты исследований теплоизоляционного пенобетона с применением мелкодисперсных заполнителей техногенных отходов.

**Ключевые слова:** теплоизоляционный пенобетон, техногенное сырьё, стеклобой, отходы камнепиления, прочность, плотность, теплопроводность.

В настоящее время ячеистые бетоны широко применяются в качестве эффективных теплоизоляционных материалов. Их пористая структура обеспечивает хорошие теплоизоляционные свойства и достаточную прочность для использования в качестве материалов для теплоизоляции.

Из результатов научных и практических исследований следует, что существующие методы производства неавтоклавных пенобетонов с разнообразными сырьевыми компонентами, в том числе с сырьем вторичного производства требуют подробного изучения.

Для решения поставленных задач были выбраны следующие материалы: цемент, мелкодисперсный заполнитель — отходы камнепиления и стеклобой, синтетический углеводородный пенообразователь, вода [1].

Состав пенобетонной смеси был определен экспериментально, согласно СН 277–80. «Строительные нормы. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона» [2].

Для получения цементных бетонов неавтоклавного твердения было подобрано три состава пенобетона с мелкодисперсным наполнителем таких как стеклобой и отходы камнепиления [3].

Согласно программе исследований, были определены следующие физико-механические параметры: прочность на растяжении при изгибе и прочность на сжатие образцов-балочек 40x40x160 мм и теплопроводность.

Задачей исследования являлось получение теплоизоляционных ячеистых бетонов следующих технических характеристик (в соответствии с ГОСТ 25820–2021 [4]):

- марка по плотности от D200 до D500;
- теплопроводность от 0,07 до 0,14 Вт/(м\*°C);
- прочность на сжатие от M2 до M25 (класс по прочности на сжатие B0,75 — B2).

Подбор состава пенобетонной ячеистой смеси назначался в соответствии с СН 277–80 п. 4 [2] с учетом отношения массы наполнителя к массе вяжущего (С). За исходное водотвёрдое отношение принято В/Т= 0,6, которое обеспечивает необходимую текучесть раствора, определяемую с помощью вискозиметра Сутгарда. Для проектируемой плотности пенобетона 500 кг/м<sup>3</sup> диаметр расплыва смеси при литевом способе формирования должен быть 30 см. Расход материалов на замес осуществлялся на основе расчетных зависимостей (1) — (4), приведенных ниже:

$$P_{\text{сух}} = \frac{P_c}{K_c} \cdot V; \quad (1)$$

$$P_{\text{г}} = \frac{P_{\text{сух}}}{C + 1}; \quad (2)$$

$$P_{\text{к}} = P_{\text{сух}} - P_{\text{г}}; \quad (3)$$

$$P_{\text{воды}} = P_{\text{сух}} \frac{B}{T}; \quad (4)$$

где  $P_{\text{сух}}$  — расход сухих материалов, кг;  $\rho_c$  — средняя плотность пенобетона, высушенного до постоянной массы, кг/м<sup>3</sup>,  $K_c$  — коэффициент увеличения массы в результате твердения за счет связанной воды (принимается  $K_c=1,1$ );  $P_{\text{г}}$  — расход вяжущего вещества, кг;  $P_{\text{к}}$  — расход кремнеземистого компонента (наполнителя), кг;  $P_{\text{воды}}$  — расход воды, л.

Показатель С назначался в соответствии с техническим документом СН 270–80, таблица 2 стр. 7 [2] и составлял для безавтоклавного бетона на цементном вяжущем 0,75; 1; 1,25; В/Т — определялся опытным путем исходя из предыдущих исследований. На рисунках 1–4 представлены диаграммы зависимостей прочности пенобетона на сжатие, на изгиб, а также результаты определения теплопроводности и плотности пенобетона с различными заполнителями (стеклобой и отходы камнепиления).

В лаборатории кафедры ТСМиМ СПбГАСУ проведены исследования по использованию стеклобоя и отходов камнепиления для создания теплоизоляционного пенобетона. В результате получены образцы с плотностью в диапазоне от 321 до 541 кг/м<sup>3</sup> и прочностью на сжатие от 0,1 до 1,89 Мпа.

### Заключение

1. Посредством экспериментальных исследований разработан теплоизоляционный пенобетон безавтоклавного твердения с применением техногенного сырья, характеризующийся высокими эксплуатационными свойствами, позволяющий повысить популярность производства ограждающих конструкций зданий и сооружений.

2. Мелкодисперсный заполнитель стеклобой превосходит по физико-механическим характеристикам и уменьшение в составе цемента способствует удешевлению готовых изделий.

3. Несмотря на недостатки цементных ячеистых бетонов неавтоклавного твердения, изделия с применением техногенного сырья могут быть использованы в строительстве, что позволяет повысить экологичность окружающей среды [5,6].

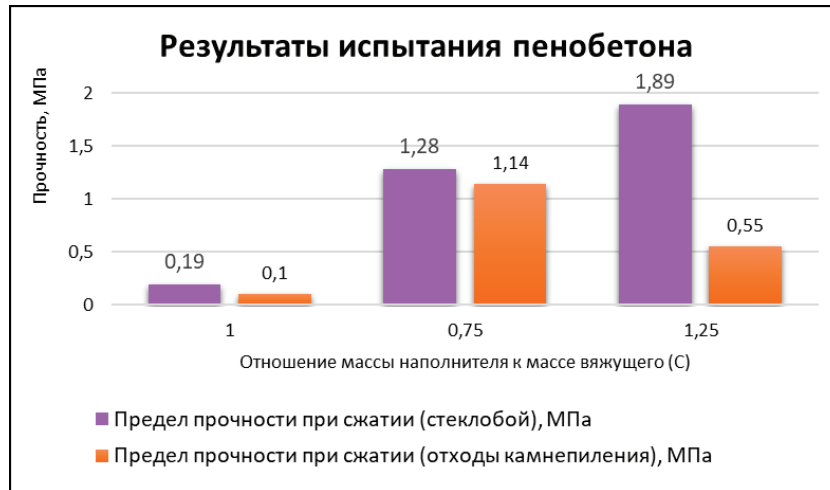


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии к отношению массы наполнителя к массе вяжущего (C)

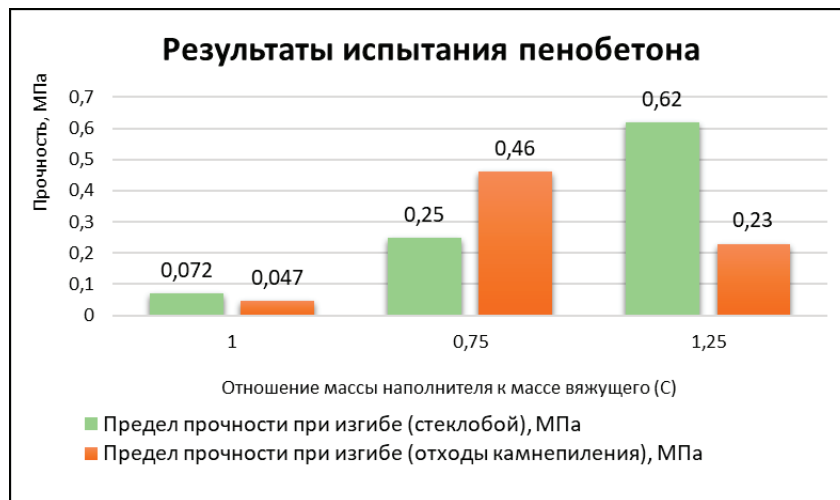


Рис. 2. Зависимость прочности при изгибе к отношению массы наполнителя к массе вяжущего (C)

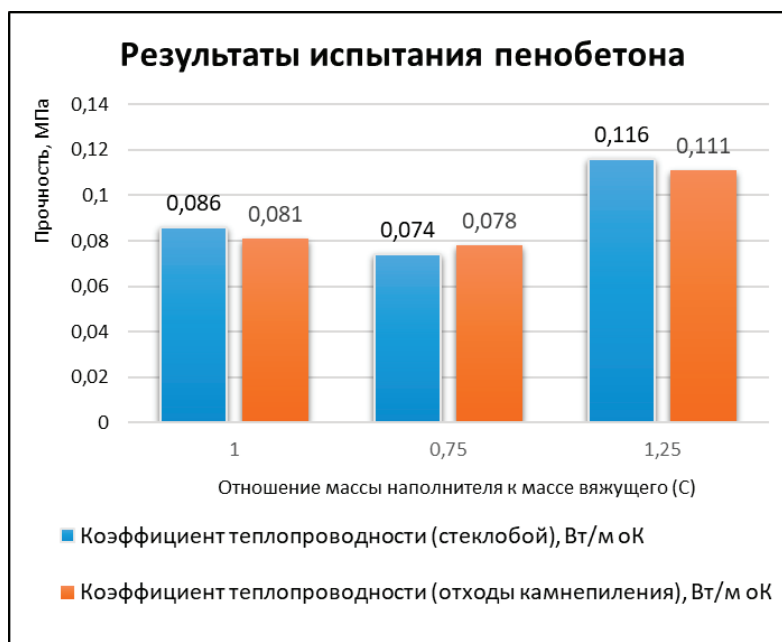


Рис. 3. Зависимость теплопроводности к отношению массы наполнителя к массе вяжущего (C)

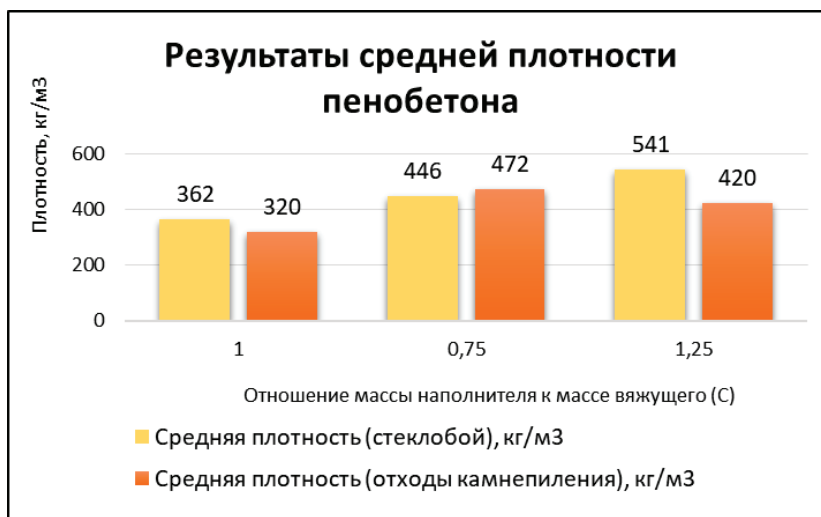


Рис. 4. Зависимость плотности к отношению массы наполнителя к массе вяжущего (С)

Литература:

1. Зайцева, В. К. Теплоизоляционный пенобетон с использованием техногенного сырья // Молодой ученый. — 2024. — № 21 (520).
2. СН 277–80 «Строительные нормы. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона».
3. Опекунов В. В. Использование отходов камнепиления в производстве ячеистых бетонов // Строительная наука и техника. 2011 г.
4. ГОСТ 25820–2021 «Бетоны легкие. Технические условия».
5. Асаналиева Ж. Д. Неавтоклавный пенобетон на основе наполнителей из вторичных материалов и промышленных отходов // Academy. 2019. № 10(49). С. 20–25.
6. С. Н. Леонович; Д. В. Свиридов, Г. Л. Шукин, П. И. Радюкевич, А. Л. Беланович, В. П. Савенко, С. А. Карпушенков. Состав сухой смеси для неавтоклавного пенобетона естественного твердения // Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы». 2015 г.

## Сравнение вариантов строительства земляного полотна на «слабых» грунтах

Колбинцев Владимир Васильевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Семехин Эдуард Фролович, кандидат технических наук, профессор  
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

*Нужно не думать, как кого-то победить, а думать, как самому стать лучше.*

В. Путин

2023 год был ознаменован большим событием в дорожной отрасли — в эксплуатацию введены заключительные этапы скоростной автомобильной дороги М-12, позволяющей доехать от Москвы до Казани за 6,5 часов. Стоимость строительства составила астрономическую по меркам дорожного строительства сумму — почти 900 миллиардов рублей.

Для выполнения работ в кратчайшие сроки, проектируемая трасса, протяженностью 810 км была разделена на 9 этапов (с нулевого в Москве, в пределах ЦКАД, по восьмой в Казани), и строительство каждого этапа поручено крупнейшим дорож-

но-строительным организациям России, а также привлечена подрядная организация из Китая.

Особый интерес представляет то, что генподрядный договор предполагал выполнение работ «под ключ». В стоимость контракта были включены не только полный комплекс строительно-монтажных работ, от подготовки территории строительства, включающей в себя рубку леса и переустройство практически всех пересекающих проектируемую трассу инженерных сетей, до полного благоустройства (монтаж барьерного ограждения, освещения, нанесение разметки), но

и разработка всей рабочей документации по своему этапу строительства.

Данный подход поставил генподрядные организации в относительно равные условия и позволил применить весь свой ранее накопленный опыт по строительству крупных объектов, применить уже отработанные конструктивно-технические решения, позволяющие оперативно и качественно выполнить поставленную задачу, а также извлечь при реализации строительства объекта опыт и финансовую выгоду. Однозначно можно утверждать, что наибольшая финансовая выгода достигается при умении организовать процесс так, чтоб при минимальных усилиях, достигался максимальный результат.

Нельзя не отметить огромное значение наличие компьютерных программ, позволяющее, при должном владении навыками их использования, выполнять обработку огромных объемов информации, выполнять построение пространственных 3D моделей местности с заложением в них всех необходимых характеристик и параметров, с которыми необходимо работать инженерам в процессе решения вопросов по реализации объекта строительства. Инженеры-гидротехники могут внести в программный комплекс характеристики грунтов и спрогнозировать величину осадки насыпи во времени, при

различных прикладываемых к ней (к насыпи) нагрузках, определить необходимые условия для обеспечения устойчивости земляного полотна в процессе отсыпки, а также при дальнейшей эксплуатации проектируемой дороги.

Системы автоматизированного проектирования, в том числе высококлассные Российские разработки, обеспечивают полное сопровождение этапа проектирования объекта инфраструктуры в рамках жизненного цикла объекта.

Высокое развитие и интеграция информационных технологий в проектирование и строительство, применение в расчетах методов конечных элементов, позволяют исключить применение избыточных коэффициентов запаса, закладываемых в конструкции, а также более адресно назначать проектные решения, основываясь на анализе множества параметров, учет которых был ранее невозможен.

Примером реализации объекта дорожной инфраструктуры при обозначенных выше условиях, стал рассмотренный в квалификационной работе участок трассы одного из этапов скоростной автомобильной дороги, категории 1Б, построенной в период 2021–2024 гг, на территории Владимирской области. Основные технико-экономические характеристики данной дороги приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатель Вид работ	Количество Новое строительство
Категория дороги	1Б
Протяженность, км	109,37
Число полос движения	4
Расчётная скорость, км/ч	120
Ширина проезжей части, м	2х7,5
Ширина земляного полотна, м	25,5
Ширина остановочных полос, м	2,5
Ширина разделительной полосы, м	3,0
Тип дорожной одежды	Капитальный
Вид покрытия проезжей части	Асфальтобетон
Расчётные нагрузки: для автомобильной дороги	по ГОСТ Р 32960–2014 А-11.5, Н-14
для искусственных сооружений	А-14, Н-14

В соответствии с результатами инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий для участка проектирования характерны в основном 2-й («сырой») и 3-й («мокрый») типы местности по характеру и степени увлажнения. Верхние слои естественного основания сложены главным образом глинистыми разновидностями дисперсных грунтов, что обуславливает широкое распространение по трассе переувлажненных супесей (ИГЭ-46, ИГЭ-86, ИГЭ-12в), суглинков (ИГЭ-56, ИГЭ-96, ИГЭ-13в) и глин (ИГЭ-14б) с показателем консистенции (текучести) более 0,5.

С точки зрения работы переувлажненных глинистых грунтов в основании земляного полотна автомобильных дорог следует выделить следующие свойственные для них особенности:

— невозможность достижения на поверхности таких грунтов требуемых нормами значений коэффициента уплотнения;

— относительно низкая прочность в нестабилизированном (неконсолидированном) состоянии (условия быстрого сдвига);

— медленное протекание процессов фильтрационной консолидации.

Ввиду указанных особенностей проектом определены следующие противодеформационные мероприятия:

— для обеспечения устойчивости земляного полотна на переувлажненных глинистых грунтах основания в нестабилизированном состоянии (на период строительства) предусмотрена частичная замена переувлажненных глинистых грунтов стабильными дренирующими грунтами с  $K_f \geq 0,5$  м/сут. (до-



статочная глубина замены определена расчетом) и/или армирование основания насыпи высокопрочным геотекстилем (требуемая марка прочности геотекстиля установлена расчетом);

— для предотвращения возможного разрушения покрытия вследствие неравномерных деформаций, вызванных консолидацией грунтов основания в период эксплуатации, монолитные

слои дорожных одежд устраиваются после завершения интенсивной части осадки в соответствии с п. 7.31 СП 34.13330.2012.

Конструктивные решения по противодеформационным мероприятиям представлены на рис. 1, рис. 2.

Технология укладки армирующего тканного геотекстиля принята в соответствии с ОДМ 218.5.003–2010.

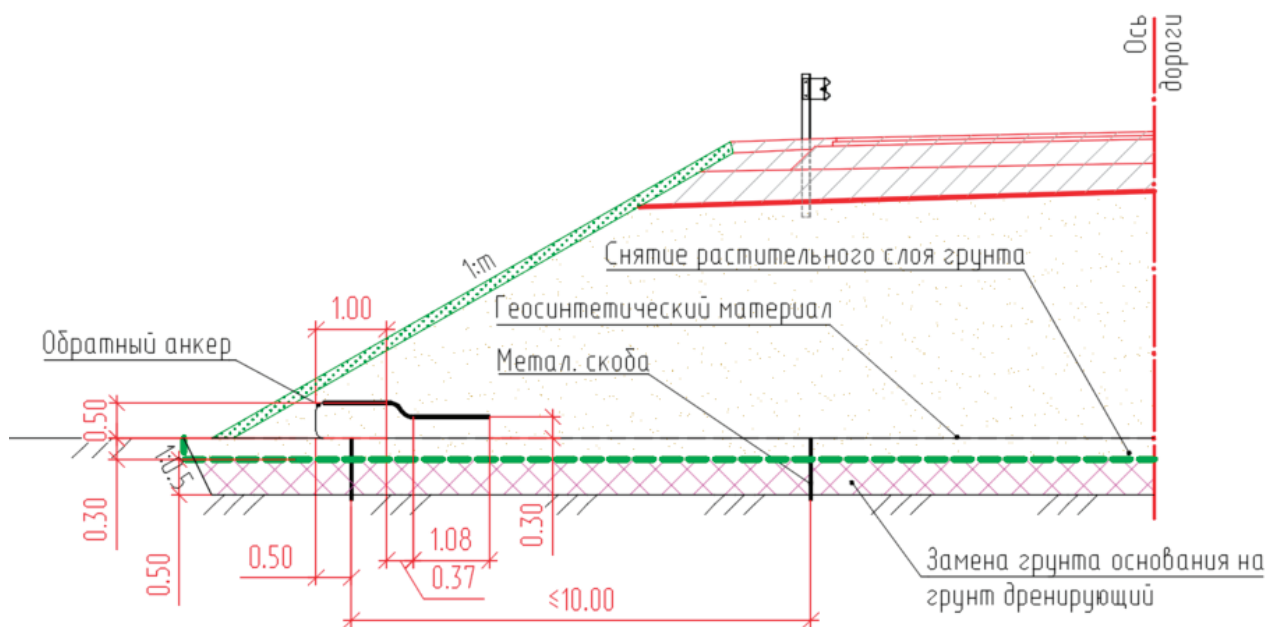


Рис. 1. Укладка геосинтетического материала на всю ширину подошвы насыпи по слою замены грунта основания, глубиной 0,5 м

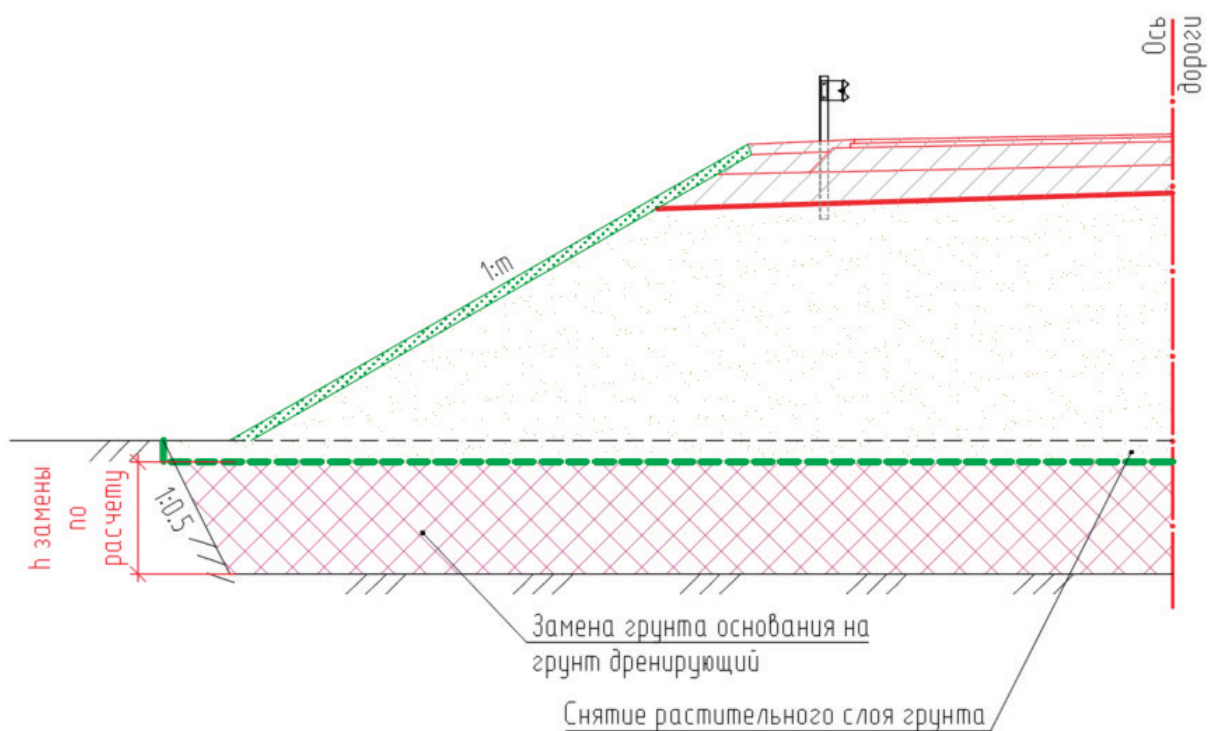


Рис. 2. Замена слабого грунта основания насыпи на песок дренающий

Разность сметной стоимости при применении только одного конструктивного решения на всю строительную длину рассматриваемого участка составила 4,4% в пользу метода, предполагающего применение геополотна при проведении противодеформационных мероприятий. Помимо экономии в части сметной стоимости, необходимо отметить практически 50% снижение нагрузки на строительную технику, значительное снижение нагрузки на местные дороги, за счет уменьшения объема заменяемого грунта, а следовательно уменьшение износа и снижение вероятности значительного

ухудшения состояния существующей сети дорог за период строительства.

Полученные результаты ни в коем случае не свидетельствуют о том, что необходимо полностью исключать метод замены грунта без применения геосинтетических материалов. Применение геосинтетики актуально в случае большой мощности слабых грунтов по устраиваемой насыпью, а также сжатых сроках производства СМР, когда невозможно применение таких методов как временная пригрузка либо предварительная консолидация.

#### Литература:

1. ГОСТ 25100–2011 «Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация».
2. ГОСТ 33063–2014 «Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов».
3. ГОСТ 33149–2014 «Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях».
4. СП 34.13330.2012 «Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85\*».
5. ОДМ 215.5.003–2010 — «Применение геосинтетических материалов в строительстве и ремонте автомобильных дорог».

## Современные тенденции проектирования высокоплотной застройки

Сагат Айжан Нуржанкызы, студент магистратуры

Научный руководитель: Исходжанова Галина Рашетовна, кандидат архитектуры, профессор

Казахская головная архитектурно-строительная академия (г. Алматы)

*Современные тенденции проектирования высокоплотной застройки направлены на решение множества вызовов, связанных с урбанизацией, экологией и социальными аспектами. В данной статье рассматриваются ключевые подходы и инновационные решения, применяемые в проектировании плотных городских пространств. Особое внимание уделяется интеграции зелёных технологий, устойчивому транспортному планированию, социальным взаимодействиям и экономическим выгодам. Анализируются примеры успешных проектов, иллюстрирующие потенциал высокоплотной застройки в создании комфортной и устойчивой городской среды.*

*Ключевые слова: высокоплотная застройка, урбанизация, зелёные технологии, устойчивое транспортное планирование, многофункциональные пространства, социальное взаимодействие, инклюзивность, экономическая устойчивость, зелёные крыши, вертикальные сады, энергоэффективные системы, общественные пространства.*

Глобальные тенденции урбанизации приводят к значительному увеличению плотности застройки в городах по всему миру. В условиях ограниченности земельных ресурсов и необходимости обеспечения высокого качества жизни, проектировщики и архитекторы сталкиваются с задачей создания устойчивых, функциональных и экологически безопасных городских пространств. Современные подходы к проектированию высокоплотной застройки направлены на решение этих вызовов через инновационные архитектурные и градостроительные решения.

Целью данной статьи является анализ современных тенденций проектирования высокоплотной застройки и выявление наиболее эффективных подходов к созданию устойчивых и комфортных городских пространств. Основные задачи включают:

- Исследование ключевых аспектов зелёных технологий в архитектуре и градостроительстве.
- Анализ методов устойчивого транспортного планирования в условиях высокой плотности населения.

- Оценка социального взаимодействия и инклюзивности в современных проектах.

- Выявление экономических выгод высокоплотной застройки.

### Основные тенденции в проектировании высокоплотной застройки

#### Интеграция зелёных технологий.

Одной из ключевых тенденций в проектировании высокоплотной застройки является интеграция зелёных технологий. Это включает создание зелёных крыш и вертикальных садов, которые способствуют улучшению качества воздуха, снижению температуры и созданию дополнительного зелёного пространства в городах. Зелёные технологии также включают использование энергоэффективных строительных материалов и систем, таких как солнечные панели и системы сбора дождевой воды.

*Зелёные крыши и вертикальные сады.* Зелёные крыши и вертикальные сады являются эффективным решением для интеграции зелёных насаждений в высокоплотную застройку. Эти технологии помогают снизить эффект городского теплового острова, улучшить качество воздуха и создать дополнительные рекреационные зоны для жителей. Примеры успешного применения зелёных крыш включают Bosco Verticale в Милане и One Central Park в Сиднее.

*Энергоэффективные системы и материалы.* Использование энергоэффективных систем и материалов также играет важную роль в современном проектировании. Применение солнечных панелей, систем сбора дождевой воды и пассивных методов обогрева и охлаждения способствует снижению энергопотребления и уменьшению экологического следа зданий. В проектах высокоплотной застройки это особенно важно для обеспечения устойчивости и экологической безопасности.

### Устойчивое транспортное планирование

Высокая плотность застройки требует эффективного транспортного планирования, чтобы уменьшить загрязнение воздуха и транспортные заторы. Современные проекты ориентированы на развитие общественного транспорта, создание велосипедных дорожек и пешеходных зон. Это способствует снижению зависимости от автомобилей и улучшению качества городской среды.

*Общественный транспорт и велосипедная инфраструктура.* Развитие сети общественного транспорта и велосипедных дорожек является важным аспектом устойчивого транспортного планирования. Такие меры способствуют уменьшению использования личных автомобилей, снижению уровня загрязнения и улучшению здоровья населения. Примеры успешного транспортного планирования включают Копенгаген и Амстердам, где велосипедная инфраструктура интегрирована в городскую среду.

*Пешеходные зоны.* Создание пешеходных зон в высокоплотных районах способствует улучшению качества жизни жителей и уменьшению транспортных заторов. Пешеходные зоны стимулируют социальное взаимодействие, уменьшают уровень шума и загрязнения воздуха. Примером успешного применения является пешеходная зона на Таймс-сквер в Нью-Йорке.

### Многофункциональные пространства.

Проектирование многофункциональных пространств является ещё одной важной тенденцией в высокоплотной застройке. Такие пространства объединяют жилые, коммерческие, культурные и рекреационные зоны, что способствует созданию более динамичной и разнообразной городской среды. Многофункциональные здания и кварталы помогают сократить необходимость в транспортировке и способствуют более эффективному использованию городского пространства.

*Многофункциональные комплексы.* Многофункциональные комплексы, такие как Hudson Yards в Нью-Йорке, объединяют различные виды использования в одном пространстве, создавая удобную и функциональную городскую среду. Такие

проекты способствуют экономическому развитию, создавая рабочие места и улучшая качество жизни жителей.

*Общественные пространства.* Создание качественных общественных пространств в проектах высокоплотной застройки стимулирует социальное взаимодействие и улучшает общее качество жизни. Общественные пространства, такие как парки, площади и скверы, являются важными элементами городской инфраструктуры, способствующими физической активности и социальным контактам.

### Социальное взаимодействие и инклюзивность

Современные проекты высокоплотной застройки стремятся улучшить социальное взаимодействие и инклюзивность. Это достигается через создание общественных пространств, которые способствуют взаимодействию между жителями различных социальных групп. Важно учитывать потребности всех жителей, включая пожилых людей, детей и людей с ограниченными возможностями, чтобы создать комфортную и инклюзивную среду.

*Инклюзивный дизайн.* Инклюзивный дизайн предполагает создание доступных и комфортных условий для всех категорий населения. Это включает доступность общественного транспорта, зданий и общественных пространств для людей с ограниченными возможностями. Примером успешного инклюзивного дизайна является проект Barangaroo в Сиднее, где особое внимание уделено доступности и удобству для всех жителей.

*Социальные программы и мероприятия.* Важным аспектом инклюзивного проектирования является проведение социальных программ и мероприятий, направленных на укрепление связей между жителями. Это могут быть культурные мероприятия, спортивные соревнования и общественные инициативы, способствующие созданию сплоченной и активной городской общины.

### Экономическая устойчивость

Высокоплотная застройка также направлена на обеспечение экономической устойчивости. Современные проекты стремятся создавать рабочие места и стимулировать экономическое развитие, интегрируя коммерческие и жилые зоны. Это способствует созданию рабочих мест вблизи мест проживания, что снижает необходимость в длительных поездках и повышает качество жизни.

*Экономическое развитие и рабочие места.* Интеграция коммерческих зон в проекты высокоплотной застройки способствует экономическому развитию и созданию новых рабочих мест. Это может включать офисные здания, торговые центры и зоны для малого бизнеса, что способствует разнообразию экономической деятельности и устойчивости.

*Жилищное строительство.* Обеспечение доступного и качественного жилья является важным аспектом экономической устойчивости высокоплотной застройки. Современные проекты включают разнообразные типы жилья, чтобы удовлетворить потребности различных социальных групп и обеспечить доступное жилье для всех категорий населения.

### Примеры успешных проектов

#### *Hudson Yards, Нью-Йорк, США*

Проект Hudson Yards в Нью-Йорке является одним из крупнейших и наиболее известных примеров высокоплотной застройки. Этот многофункциональный комплекс включает офисные здания, жилые помещения, торговые центры и культурные учреждения. В проекте широко использованы зелёные технологии, включая зелёные крыши и энергоэффективные системы (Рисунок 1).

#### *Marina Bay Sands, Сингапур*

Marina Bay Sands в Сингапуре — это ещё один пример успешной интеграции высокоплотной застройки и зелёных технологий. Комплекс включает гостиницу, казино, торговый

центр и музей, а также знаменитую платформу SkyPark с зелёными насаждениями. Проект демонстрирует возможности создания функциональных и экологически устойчивых городских пространств (Рисунок 2).

#### *Bosco Verticale, Милан, Италия*

Bosco Verticale в Милане представляет собой пример вертикального леса, интегрированного в жилые здания. Проект включает две башни, покрытые более чем 20 000 деревьев и кустарников, что способствует улучшению качества воздуха и созданию уникальной экосистемы в городской среде (Рисунок 3).

### Заключение

Современные тенденции проектирования высокоплотной застройки направлены на создание устойчивых, функцио-



Рис. 1. Hudson Yards, Нью-Йорк, США



Рис. 2. Marina Bay Sands, Сингапур



Рис. 2. Bosco Verticale, Милан, Италия

нальных и экологически безопасных городских пространств. Интеграция зелёных технологий, таких как зелёные крыши и вертикальные сады, энергоэффективные системы и материалы, способствует улучшению качества воздуха, снижению температуры и созданию дополнительных рекреационных зон. Устойчивое транспортное планирование, включающее развитие общественного транспорта, велосипедной инфраструктуры и пешеходных зон, помогает снизить загрязнение воздуха и уменьшить транспортные заторы.

Многофункциональные пространства, объединяющие жилые, коммерческие, культурные и рекреационные зоны, создают более динамичную и разнообразную городскую среду, сокращают необходимость в транспортировке и способствуют эффективному использованию городского пространства. Современные проекты также стремятся улучшить социальное взаимодействие и инклюзивность, создавая общественные пространства, учитывающие потребности всех жителей, включая

пожилых людей, детей и людей с ограниченными возможностями.

Экономическая устойчивость высокоплотной застройки обеспечивается через создание рабочих мест и стимулирование экономического развития, интегрируя коммерческие и жилые зоны. Примеры успешных проектов, таких как Hudson Yards в Нью-Йорке, Marina Bay Sands в Сингапуре и Bosco Verticale в Милане, демонстрируют потенциал высокоплотной застройки в создании комфортной и устойчивой городской среды.

Таким образом, современные подходы к проектированию высокоплотной застройки позволяют не только эффективно использовать ограниченные земельные ресурсы, но и создавать комфортные и экологически безопасные условия для жизни в городах. Гармоничное сочетание архитектурных решений и природных компонентов играет ключевую роль в формировании устойчивого и динамичного городского пространства, отвечающего вызовам современности.

#### Литература:

1. Glaeser, E. L. (2011). *Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier*. Penguin Press.
2. Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Island Press.
3. Lehmann, S. (2015). *Low Carbon Cities: Transforming Urban Systems*. Routledge.
4. Newman, P., & Kenworthy, J. (2015). *The End of Automobile Dependence: How Cities are Moving Beyond Car-Based Planning*. Island Press.
5. United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs.
6. Wheeler, S. M., & Beatley, T. (2014). *Sustainable Urban Development Reader*. Routledge.
7. Birkeland, J. (2008). *Positive Development: From Vicious Circles to Virtuous Cycles through Built Environment Design*. Earthscan.
8. Farr, D. (2018). *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*. Wiley.
9. Jenks, M., & Dempsey, N. (Eds.). (2005). *Future Forms and Design for Sustainable Cities*. Architectural Press.
10. Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press.

## Снижение влияния дополнительных осадок от нового строительства путём стабилизации грунтового основания под существующим зданием

Степанов Иван Вадимович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье автор рассматривает способы снижения дополнительных осадок существующего здания от нового строительства путём стабилизации грунтового основания под фундаментами существующего здания.*

**Ключевые слова:** дополнительные осадки, стабилизация грунтового основания, снижение осадок, влияние нового строительства, инъектирование грунта основания, окружающая застройка.

В качестве объекта исследования было выбрано здание бизнес-центра, находящееся в самом центре Петербурга в зоне исторической застройки Санкт-Петербурга, в пределах объединенной охранной зоны памятников истории и культуры, кроме того, здание окружают объекты культурного наследия.

По периметру участка нового строительства находится историческая застройка, большая часть которой является объектами культурного наследия. Предельные дополнительные деформации основания фундаментов сооружений окружающей застройки, расположенные в зоне влияния нового строительства или реконструкции определяются согласно таблице К.1 приложения К СП 22.13330.2016. Исторические здания относятся к пункту 5 Таблицы К.1 «Многоэтажные и одноэтажные здания исторической застройки или памятники истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования. Согласно пункту 5 в случае, если здание находится в работоспособном состоянии, то предельные осадки могут составлять до 10 мм, а относительная разность осадок до 0,0006, в случае, если здание находится в ограниченно-работоспособном состоянии, то предельная осадка составляет не более 5 мм, а разность осадок не более 0,0004. [1]

В условиях Санкт-Петербурга выполнение данных требований представляется весьма сложной задачей на которую, зачастую, приходится тратить не малую долю бюджета нового строительства в исторической части города.

### Схема 1

В схеме 1 рассматривался выполненный физически вариант в части компенсационных мероприятий для окружающей застройки. Решения предусматривают выполнение усиления тела фундаментов инъектированием цементного раствора с добавлением извести и усиление грунтов основания по технологии «jet-grouting». Грунтоцементные сваи выполняются на 2 метра ниже подошвы фундамента под каждой из 3-х лент объекта культурного наследия. Воздействия от устройства грунтоцементных свай в модели не учитывались. Расчётная схема показана на рисунке 1.

Последовательность производства работ следующая: выполнение усиления грунта основания существующего здания на глубину 2 метра ниже подошвы фундамента по технологии «jet-grouting», устройство ограждения котлована, выполнение

свай с уровня планировки, откопка пионерного котлована, устройство перекрытий 1-го уровня, откопка котлована до отметки –6000, устройство перекрытий 2-го уровня, откопка котлована до проектной отметки, устройство ростверка, строительство надземной части здания.

При вышеперечисленных условиях осадка объекта культурного наследия составила 42 мм, что на 3 мм меньше, чем осадка при отсутствии компенсационных мероприятий, но превышает в 8 раз предельно допустимые осадки для здания. Неравномерность осадок составила 0,0005, что превышает допустимые нормами значения.

### Схема 2

В схеме 6 показаны решения инъектирования грунта основания двухкомпонентным органоминеральным составом Resmix IS-F. Ввиду большой неравномерности осадок в схеме 5 было принято решение выполнять инъектирование для создания геополлимерной плиты под существующим зданием. Инъектирование планируется выполнить под всё здание целиком для создания геополлимерной плиты. Для получения аналитических данных по уменьшению значения дополнительной осадки окружающей застройки выполнен ряд математических расчётов по закреплению грунта на глубину с шагом 2 м от точки отсчёта до глубины 10 м, до получения значения осадки здания менее 5 мм. Значение в 5 мм выбрано, поскольку рассматриваемое здание является объектом культурного наследия и находится в ограниченно-работоспособном состоянии, поэтому, согласно табл. 1, осадка не должна превышать 5 мм. Расчётная схема показана на рисунке 2.

Последовательность производства работ следующая: выполнение усиления грунта основания путем инъектирования грунта основания существующего здания двухкомпонентным органоминеральным составом Resmix IS-F, устройство ограждения котлована, выполнение свай с уровня планировки, откопка пионерного котлована, устройство перекрытий 1-го уровня, откопка котлована до отметки –6000, устройство перекрытий 2-го уровня, откопка котлована до проектной отметки, устройство ростверка, строительство надземной части здания.

Результата удалось достичь при глубине инъектирования 10 м, осадка составила 1 мм, что соответствует нормам, при этом, неравномерность осадок составила 0,0006, что превы-

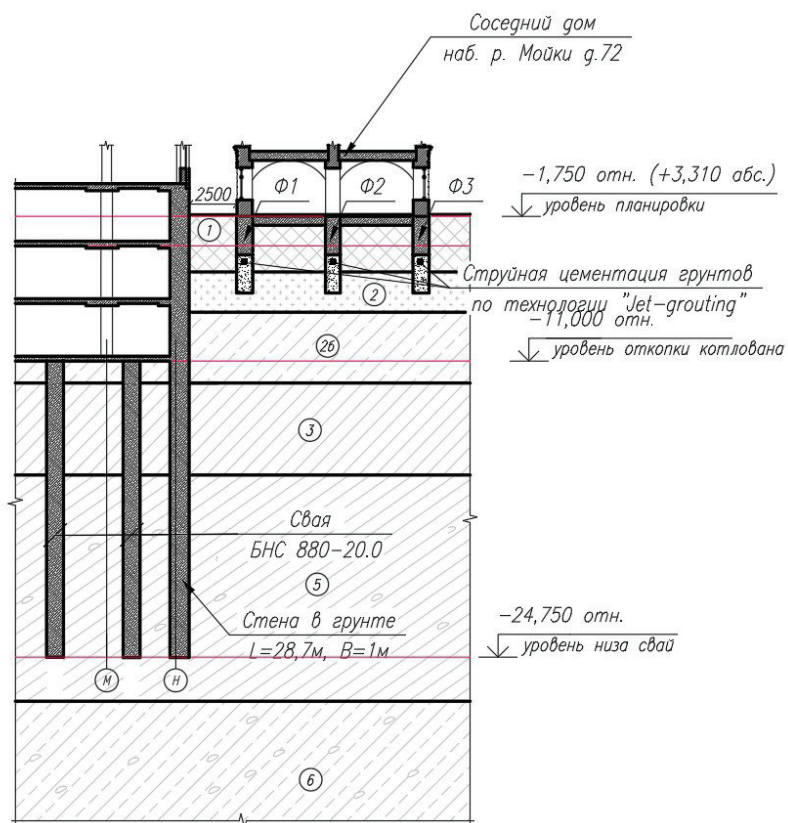


Рис. 1. Расчётная схема ограждения котлована выполненного по схеме «top-down» с компенсационными мероприятиями, выполненными по технологии «jet-grouting»

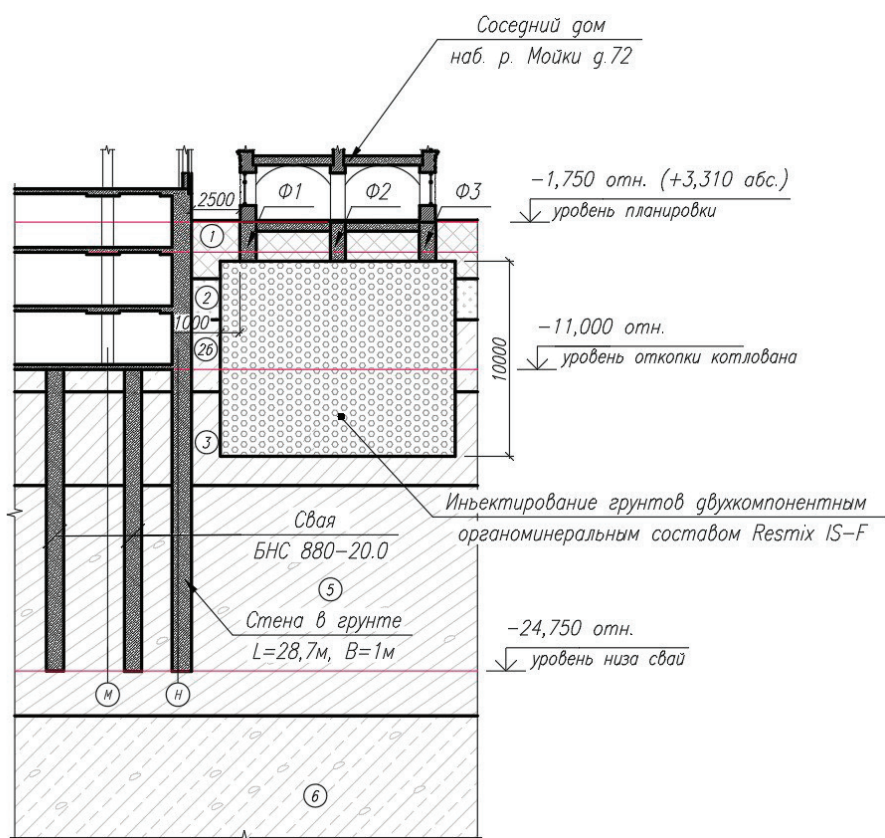


Рис. 2. Расчётная схема ограждения котлована выполненного по схеме «top-down» с компенсационными мероприятиями, выполненными по схеме 2

шает норму в 1,5 раза. Изменения осадок фундаментов с увеличением глубины инъектирования показаны на рисунке 3. С помощью применения инновационного материала и выполнения геоплимерной плиты удалось уменьшить осадки в 40 раз по сравнению с проектным решением.

### Схема 3

В схеме 3 было принято решение совместить выполнение. Данное решение позволило уменьшить крен здания и привести осадки и их неравномерность к нормативным значениям. Инъектирование «плитой» выполняется на 2 метра ниже подошвы фундамента, инъектирование вдоль ограждения котлована выполняется на 10 метров ниже поверхности земли. Глубина увеличивается с шагом 2 метра до получения значения осадки здания менее 5 мм. Значение в 5 мм выбрано, поскольку рассматриваемое здание является объектом культурного наследия и находится в ограниченно-работоспособном состоянии, его осадка не должна превышать 5 мм. Расчётная схема показана на рисунке 4.

Последовательность производства работ следующая: выполнение усиления грунта основания путем инъектирования грунта основания существующего здания двухкомпонентным органоминеральным составом Resmix IS-F, устройство ограждения котлована, выполнение свай с уровня планировки, откопка пионерного котлована, устройство перекрытий 1-го уровня, откопка котлована до отметки -6000, устройство пере-

крытий 2-го уровня, откопка котлована до проектной отметки, устройство ростверка, строительство надземной части здания.

Результата удалось достичь при глубине инъектирования 8 м под подошвой фундамента и 16-ть метров вдоль ограждения котлована, осадка составила 4 мм, что соответствует нормам, при этом, неравномерность осадок составила 0,0003, что соответствует нормативным значениям. Соответственно, данный вариант усиления является наиболее удачным и советует условиям сохранения возможной плотной исторической застройки.

С помощью применения инновационного материала и выполнения геоплимерной плиты удалось уменьшить осадки в 10 раз по сравнению с проектным решением.

Изменения осадок фундаментов с увеличением глубины инъектирования показаны на рисунке 5.

### Заключение

Исходя из представленных данных видно, что выполнение усиления по технологии «jet-grouting» в схеме 1 не позволяет достичь условий сохранности здания, попадающего в зону влияния нового строительства, осадка составляет 42 мм, что значительно превышает нормативные значения. В схеме 2 удалось снизить неравномерность осадок и добиться нормативного значения для работоспособного состояния здания. В схеме 3 удалось снизить неравномерность осадок, полученное значение соответствует нормативным требованиям для ограниченно работоспособного состояния здания.

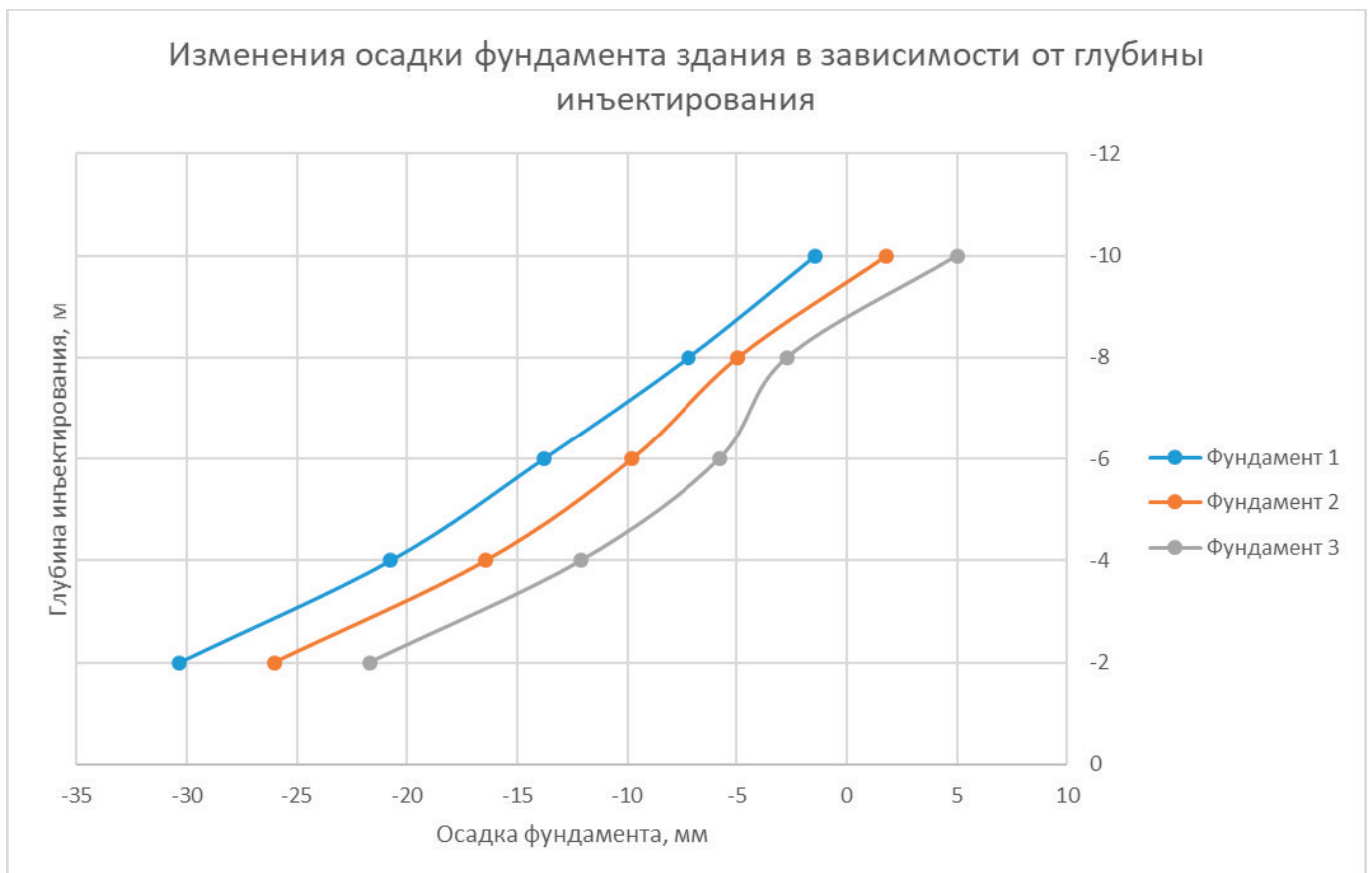


Рис. 3. График изменения осадки фундамента в зависимости от глубины инъекции



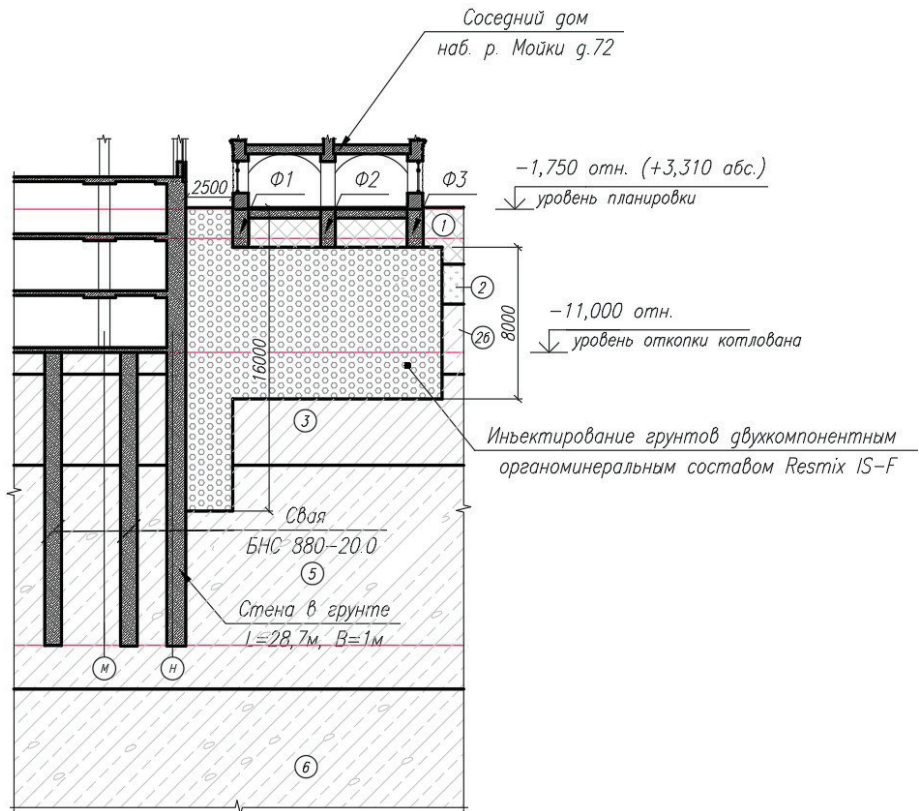


Рис. 4. Расчётная схема ограждения котлована выполненного по схеме «top-down» с компенсационными мероприятиями, выполненными по схеме 3

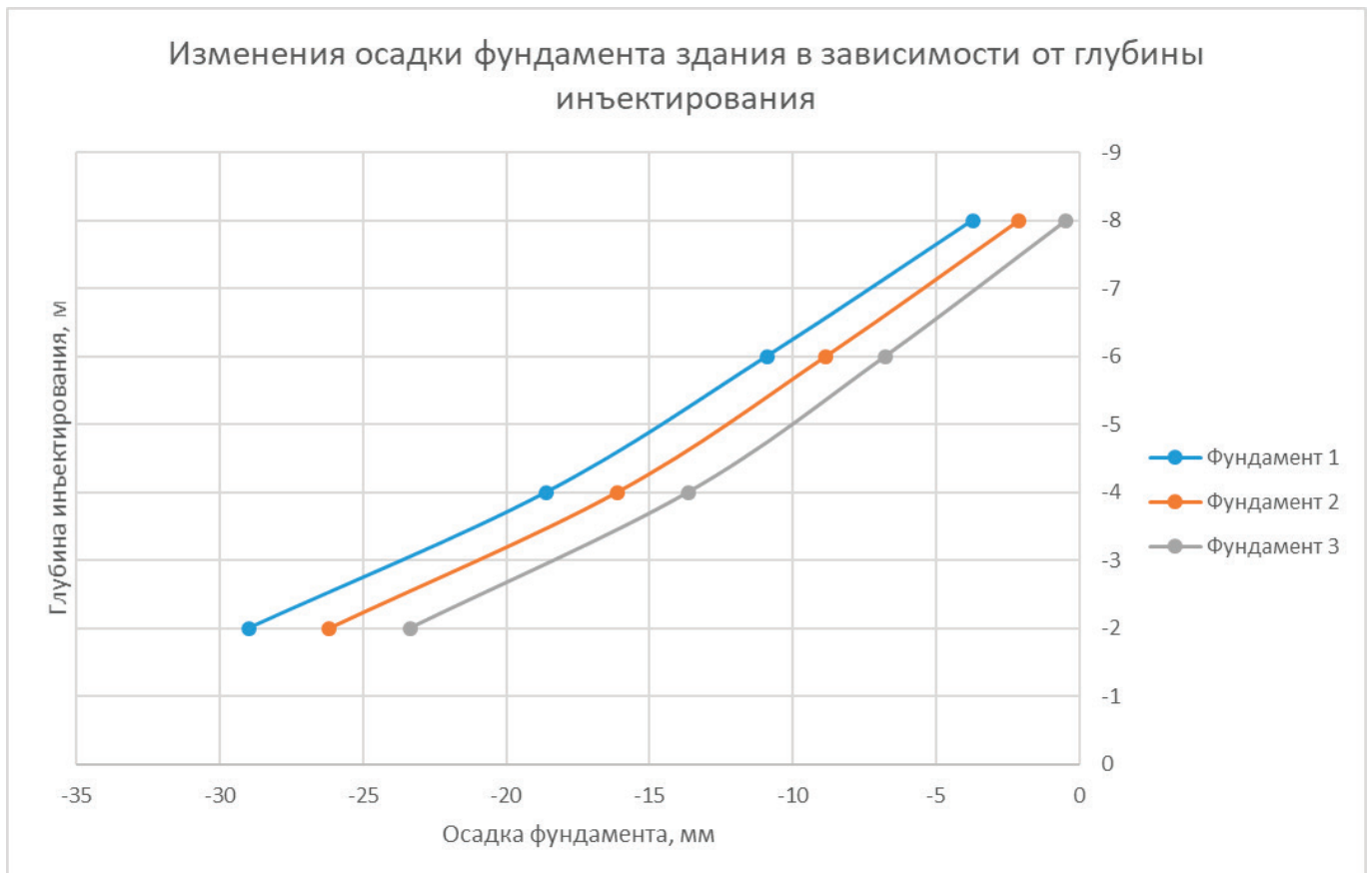


Рис. 5. График изменения осадки фундамента в зависимости от глубины инъекции

Таблица 1. Сравнение полученных результатов

Номер схемы	Осадки существующего здания, м			Неравномерность осадок	Максимальные горизонтальные перемещения ограждения котлована, м
	Ф1	Ф2	Ф3		
1	-0,04211	-0,03983	-0,03718	0,0005	-0,02749
2	-0,00142	0,00180	0,00502	0,0006	-0,02308
3	-0,00373	-0,00210	-0,00047	0,0003	-0,02784

## Литература:

1. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83\*.
2. Камбефор А. Инъекция грунтов: Пер. с франц.— М.: Энергия, 1971.— 334 с.
3. Мангушев Р. А. и др. Методы подготовки и устройства искусственных оснований: Учеб. пособие / Р.А. Мангушев, Р.А. Усманов, С. В. Ланько, В. В. Конюшков.— М.— СПб.: Изд-во АСВ, 2012.— 280 с.
4. Аббуд М. Геотехническое обоснование стабилизации осадок фундаментов с помощью инъекционного закрепления грунтов: дис. канд. тех. наук: 05.23.02 / Аббуд Мухаммед.— СПб, 2000.— 163 с.
5. Никифоров А. А. Методы усиления оснований и фундаментов, применяемые в инженерной реставрации // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология.— 2003.— № 2. С. 181–188.



# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 23 (522) / 2024

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
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 19.06.2024. Дата выхода в свет: 26.06.2024.

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](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

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