

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



14²⁰²⁵
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 14 (565) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

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

Международный редакционный совет:

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

На обложке изображен *Юлий Михайлович Шокальский* (1856–1940), русский и советский ученый-географ, гидрограф, океанограф, картограф.

Юлий Михайлович родился 17 октября 1856 года в Петербурге, в семье юриста Михаила Осиповича Шокальского. Мать будущего ученого Екатерина Ермолаевна была старшей дочерью Анны Петровны Керн, подруги Александра Сергеевича Пушкина. Сын Пушкина, Григорий Александрович, помогал Екатерине Ермолаевне воспитывать мальчика, когда тот остался без отца.

Счастливым обстоятельством в его жизни было знакомство с семейством этнографа, исследователя Арктики Ивана Ивановича Шопена, действительного члена Императорского Русского географического общества. Частые беседы с ученым зародили в мальчике интерес к географии.

По окончании прогимназии Юлий поступил в морское училище, которое окончил с Нахимовской премией, а затем блестяще завершил курс Морской академии. Во время летней практики Шокальский плавал в Балтийском море. Вместе с другими выпускниками готовился к кругосветному плаванию, но помешала война с Турцией. По окончании морского училища Юлий Михайлович прослужил около года на крейсере «Кречет».

Его научная деятельность началась с поступления на службу в Главную геофизическую обсерваторию, где он стал заведующим отделением морской метеорологии. Затем он перешел в морское училище, где начал преподавать математику, навигацию и физическую географию. Здесь Юлий Михайлович обнаружил блестящие педагогические способности. Будущие моряки горячо любили и уважали своего талантливого учителя и воспитателя. Шокальский не оставлял педагогической работы до самой смерти. Он преподавал в Морской академии, в Ленинградском университете и в других учебных заведениях.

С 1887 года и на протяжении последующих 20 лет Юлий Михайлович возглавлял библиотеку Морского министерства. В 1907 году он перешел на службу в Главное гидрографическое управление, заняв должность заведующего метеорологической частью. Шокальский ввел в науку понятие «Мировой океан», считая все океаны — Индийский, Атлантический, Северный Ледовитый, Тихий — частями Мирового океана.

Свои многолетние научные работы по изучению морей Юлий Михайлович обобщил в капитальном труде «Океанография», который вышел в свет в 1917 году. Эту классическую работу в 1919 году премировала Российская Академия наук и позднее Парижская академия наук.

Морю Шокальский посвятил свои классические труды «Океанография» и «Физическая океанография», положившие начало отечественной науке об океане. По инициативе ученого была основана Севастопольская морская обсерватория. На ее базе в 1923–1928 годах он смог осуществить свою давнишнюю мечту — провести детальные экспедиционные работы по изучению Черного моря. Для экспедиции было выделено особое судно. Ученые располагали приборами новейших конструкций. Судно экспедиции три четверти года находилось в плавании.

Исследования велись с борта корабля, который останавливался в открытом море через каждые 30 миль, а в прибрежной полосе — через каждые 5 миль. Море изучалось от поверхности до самого дна. Ученые измеряли глубины, брали пробы воды и грунта на разных глубинах. В прибрежных районах дночерпателем и драгой собирали бентос. На судне находилась химическая лаборатория. Юлий Михайлович сам участвовал во всех больших рейсах. Работа на судне велась круглые сутки, в любую погоду.

В начале XX века Шокальский являлся, пожалуй, самым крупным российским ученым в области картографии и геодезии. Он создал первую гипсометрическую карту России, дающую геометрически точное изображение рельефа суши и морского дна. А «Большой атлас мира», изданный им в 1905 году, стал важнейшей вехой в отечественной картографии. Юлий Михайлович был первым редактором советских школьных атласов.

Имя Шокальского неразрывно связано с деятельностью Русского географического общества. В 1882 году Юлия Михайловича избрали действительным членом Императорского Русского географического общества, а в 1917 году он стал первым избранным председателем Общества, не являвшимся членом императорской фамилии.

В 1931 году на Международном географическом конгрессе в Париже делегаты Американского географического общества вручили Шокальскому Золотую медаль Каллума — высшую награду этого общества.

В возрасте 75 лет Шокальский по собственному желанию покинул пост председателя Русского географического общества, уступив свое место Николаю Ивановичу Вавилову. В знак признательности за заслуги его объявили почетным председателем Общества, и до конца своих дней Юлий Михайлович продолжал активно участвовать в его работе.

Жизнь Шокальского протекала на стыке двух исторических эпох, сделав его свидетелем грандиозных изменений, произошедших в России. Он 37 раз представлял русскую географическую науку на международных географических, морских, картографических конгрессах и конференциях, был почетным членом крупнейших научных географических обществ мира. Скончался Юлий Михайлович в 1940 году в возрасте 83 лет в Ленинграде, похоронен на Литераторских мостках.

Именем ученого назван Центральный лекторий Русского географического общества в Петербурге, а также 12 географических объектов и явлений, в том числе пролив между двумя островами в архипелаге Северной Земли; два острова в проливе Карские Ворота и при входе в Обскую губу; на Северном острове Новой Земли — ледник Шокальского, названный так Георгием Яковлевичем Седовым, а также теплое течение в Баренцевом море, идущее вокруг Шпицбергена.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Апраксин И. Н.**
Влияние различных факторов на время
опроса программируемого логического
контроллера панелью управления
в SCADA-системе 1
- Белов Н. С.**
Изучение современных подходов
к ускорению загрузки веб-приложений
и повышению их отзывчивости 2
- Kirillov R. M.**
Java for UI auto tests using Selenide plus
Selenoid 6
- Мокин А. В.**
Технические возможности веб-приложений
для проведения и анализа опросов
общественного мнения с использованием
технологий определения направления
движения взгляда и курсора респондента17

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Евстропов А. А.**
Исследование принципа гашения
дуги в выключателях среднего класса
напряжения переменного тока.....21
- Марченков П. И.**
Развитие и приведение в нормативное
состояние дорожной сети Иркутской области
на основе широкого использования местных
каменных материалов.....26
- Медченко Е. В.**
Влияние несинусоидальности напряжений
на энергоэффективность системы
электрооборудования металлургического
предприятия.....31
- Пономарева А. В., Шершакова Т. В.**
Опыт ускоренной разработки технической
документации сложных технических изделий...33
- Соболева И. Ю., Нигай Р. П., Эргашева В. В.**
Повышение долговечности колесных пар
подвижного состава36

- Файзиев А. Э.**
Энергетическое завтра: баланс технологий
и природной среды39
- Хассанейн Р. А. А. М.**
Интенсификация добычи нефти бурением
боковых стволов на примере нефтегазовых
месторождений Западной Сибири47

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Князева А. С., Корышев И. А.**
Сравнительный анализ применения
конструктивных решений компенсации
температурных расширений50
- Речкина К. Ю.**
Оптимизация монолитного строительства:
выбор наиболее эффективной опалубочной
системы на основе сравнительного анализа52

БИОЛОГИЯ

- Онищенко Т. И.**
Формирование естественнонаучной
грамотности посредством интеграции
биоинженерных решений.....56

МЕДИЦИНА

- Ахмедов М. М., Дулатов О. Т., Назаркул А. С.,
Илесбек Н. Д., Таукелова М. К.**
Открытый аортальный проток
у недоношенных новорожденных59
- Мамоненков Н. К.**
Физиологический аспект укуса человека
перепончатокрылыми61

ВЕТЕРИНАРИЯ

- Семёнова Т. С.**
Качество и безопасность продукции
животноводства в условиях бывшего
Семипалатинского испытательного ядерного
полигона.....65

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Влияние различных факторов на время опроса программируемого логического контроллера панелью управления в SCADA-системе

Апраксин Игорь Николаевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Трофимова Ольга Геннадиевна, кандидат технических наук, доцент
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В статье проводится регрессионный анализ времени опроса ПЛК (программируемый логический контроллер) панелью управления по протоколу ModBus TCP. Исследуются факторы, такие как длина кабеля, загруженность процессора ПЛК и панели, размер запроса и частота опроса. Данные собраны в результате 120 экспериментов и подвергнуты анализу. Результаты позволяют выявить наиболее значимые факторы и оптимизировать систему для минимизации задержек.

Ключевые слова: ПЛК, SCADA-система, ModBus TCP, время опроса, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, длина кабеля, загруженность процессора, размер запроса, количество запросов, оптимизация системы, промышленная автоматизация, задержки передачи данных, панель управления, Ethernet, статистическая значимость.

Введение

В системах управления на основе SCADA задержки при обмене данными между ПЛК и панелью управления связаны с несколькими факторами. Подобные задержки могут приводить к сбоям и снижению эффективности системы, особенно в критически важных процессах. Поэтому исследование факторов, влияющих на время опроса ПЛК, является важной задачей для оптимизации производительности.

Протокол ModBus TCP широко используется для обмена данными между устройствами в системах автоматизации. Он отличается простотой реализации, но чувствителен к качеству связи и нагрузке на устройства. Знание того, как различные факторы влияют на время опроса, позволяет корректно настраивать параметры системы и предотвращать нежелательные задержки.

В данной работе исследуются следующие факторы:

1. Длина кабеля между ПЛК и панелью, м;
2. Загруженность процессора ПЛК, %;
3. Загруженность процессора панели управления, %;
4. Размер запроса, байт;
5. Количество одновременных запросов, количество запросов.

Целью исследования является определение наиболее значимых факторов, влияющих на время опроса.

Методика исследования

Для проведения экспериментов была использована следующая конфигурация оборудования:

- **ПЛК:** Нефтеавтоматика МК-503-120;
- **Панель управления:** ECX-2000-2G Vecom
- **Соединение:** Ethernet;
- **Кабель:** 1 м, 5 м, 10 м, 20 м, 50 м, 100 м.

Сбор данных

Данные собирались путем измерения времени опроса ПЛК панелью управления с помощью программного обеспечения для мониторинга ModBus-трафика. Для каждого значения фактора фиксировалось среднее время опроса. После проведения всех экспериментов были проведены регрессионный и дисперсионный анализы, в ходе которых были получены следующие значения:

На основании проведенного регрессионного и дисперсионного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Дисперсионный анализ подтверждает статистическую значимость всех факторов, за исключением времени работы ПЛК. Для всех факторов значение $F > F_{критического}$, что свидетельствует о значительном влиянии этих параметров на время опроса.

2. Факторы с наибольшим влиянием:

Таблица 1. Регрессионный анализ

Фактор	P — значение	X1	Доверительный интервал
Длина кабеля	1.90504E-23	1.599533835	1.55–1.64
Время работы ПЛК	0.383814641	0.004876692	-0.0066–0.0163
Загруженность ПЛК	4.753E-16	2.980255639	2.74–3.21
Загруженность панели	1.95858E-13	5.216225564	4.64– 5.78
Длина запроса	2.65246E-15	4.393849624	4.018– 4.769
Кол-во запросов	7.30346E-12	590.6505263	510.67–670.62

Таблица 2. Дисперсионный анализ

Фактор	P — значение
Длина кабеля	5,5975E-158
Время работы ПЛК	1,57684E-26
Загруженность ПЛК	7,7211E-204
Загруженность панели	2,6639E-248
Длина запроса	7,2724E-241
Кол-во запросов	0

— Длина кабеля ($P = 1.9 \times 10^{-23}$) существенно увеличивает задержку. При увеличении длины на 10 м время опроса возрастает на ~16 мс.

— Загруженность ПЛК ($P = 4.75 \times 10^{-16}$) и загруженность панели ($P = 1.96 \times 10^{-13}$) оказывают значительное влияние, особенно при загрузке более 50 %.

— Длина запроса ($P = 2.65 \times 10^{-15}$) прямо пропорциональна времени обработки данных.

— Количество одновременных запросов ($P = 7.3 \times 10^{-12}$) является критическим параметром, так как увеличение числа запросов приводит к росту задержки на сотни миллисекунд.

3. Фактор со слабым влиянием:

— Время работы ПЛК ($P = 0.38$) не оказывает значимого воздействия на время опроса, что подтверждается пересечением доверительного интервала с нулем.

4. Практические рекомендации:

— Ограничить длину кабеля до **20 м** для минимизации задержек.

— Сократить количество одновременных запросов или применять механизм очередности обработки.

— Использовать методы сжатия данных или уменьшать длину запросов.

— Оптимизировать распределение нагрузки между устройствами, перераспределяя вычисления между несколькими ПЛК или панелями.

Таким образом, исследование подтвердило сильное влияние нескольких факторов на время опроса. Полученные данные могут использоваться для повышения производительности SCADA-систем и минимизации задержек в реальных промышленных процессах.

Литература:

1. Моделирование сложных вероятностных систем: учеб. пособие / В. Г. Лисиенко, О. Г. Трофимова, С. П. Трофимов, Н. Г. Дружинина, П. А. Дюгай. Екатеринбург: УРФУ, 2011. 200 с.
2. Владимирский Б. М. Математика. Общий курс: учебник для вузов / Б. М. Владимирский, А. Б. Горстко, Я. М. Ерусалимский. СПб.: Лань, 2008. 960 с.

Изучение современных подходов к ускорению загрузки веб-приложений и повышению их отзывчивости

Белов Никита Сергеевич, ведущий специалист по продуктам, инженер-программист (г. Москва)

В статье рассматриваются современные подходы к оптимизации загрузки и повышению отзывчивости веб-приложений. Проведён анализ ключевых архитектурных решений, методик и инструментов, направленных на улучшение пользовательского опыта и производительности интерфейса. Особое внимание уделяется применению серверного рендеринга, разделения кода, ленивой загрузки, использования CDN и форматов изображений нового поколения. Описаны

наиболее эффективные фреймворки и методы анализа производительности с помощью инструментов Lighthouse, WebPageTest и Chrome DevTools. Сформулированы рекомендации для разработчиков и компаний, направленные на устойчивое повышение производительности веб-продуктов.

Ключевые слова: оптимизация веб-приложений, производительность, отзывчивость интерфейса, серверный рендеринг, ленивая загрузка, Core Web Vitals, Lighthouse, SSR, CDN, frontend-фреймворки.

Современные веб-приложения становятся всё более сложными и функциональными, что предъявляет высокие требования к их производительности. Пользователи ожидают мгновенного отклика и минимального времени загрузки, а любая задержка может привести к снижению удовлетворенности и потере аудитории. Согласно исследованиям Google, вероятность отказа пользователя от взаимодействия с веб-ресурсом возрастает, если загрузка страницы занимает более трёх секунд [1, с. 221].

В этих условиях разработчики и компании стремятся внедрять эффективные подходы к оптимизации веб-приложений, направленные как на сокращение времени загрузки, так и на улучшение отзывчивости пользовательского интерфейса. С каждым годом появляются новые инструменты и технологии, позволяющие достигать высокой производительности даже в условиях ограниченной пропускной способности сети и использования маломощных устройств.

Целью исследования является анализ современных подходов к ускорению загрузки и повышению отзывчивости веб-приложений. В рамках статьи будут рассмотрены как технические решения (например, ленивые загрузки, кэширование, разделение кода), так и архитектурные подходы (SSR, PWA, использование Web Workers), а также инструменты измерения производительности и пользовательского опыта.

Актуальность темы обусловлена растущим значением пользовательского опыта как ключевого фактора конкурентоспособности цифровых продуктов, а также необходимостью адаптации веб-приложений к разнообразным условиям использования.

Современные методы оптимизации веб-приложений разрабатываются с учётом необходимости минимизации времени отклика системы и ускорения загрузки контента для конечного пользователя. Одним из ключевых направлений в данной области является комплексный подход к снижению общего времени загрузки путём изменения логики передачи и обработки ресурсов на клиентской и серверной сторонах [3, с. 4].

В частности, внимание уделяется оптимизации критического пути рендеринга, который включает в себя последовательные этапы: получение HTML-документа, анализ и построение DOM-дерева, выполнение стилей и скриптов, а также отрисовку контента. Исследования, проведённые в рамках Web Performance Working Group, показывают, что наибольшее влияние на длительность загрузки оказывают статические ресурсы — изображения, стили и скрипты.

Одним из наиболее эффективных решений является использование распределённых сетей доставки контента. Внедрение CDN в среднем сокращает задержку доставки ресурсов до конечного пользователя на 35–40 %, особенно в географически распределённых системах.

Другим не менее важным методом является предварительное кэширование статических ресурсов с использованием современных протоколов HTTP/2 и HTTP/3, что позволяет сократить количество запросов к серверу и повысить эффективность повторного посещения страниц. Внедрение механизмов контроля версий кэшируемого контента также является обязательной частью стратегии ускорения загрузки.

Оптимизация изображений представляет собой отдельный блок методов, в рамках которого применяется адаптивная компрессия, замена форматов (например, JPEG и PNG на WebP и AVIF), а также генерация различных версий изображений для разных размеров экрана. Согласно эмпирическим данным, представленным Google PageSpeed Insights (2023 г.), внедрение современных форматов изображений может снизить общий вес страницы на 20–30 %.

На рисунке 1 представлены сравнительные данные о влиянии различных методов оптимизации на скорость загрузки веб-приложений, полученные по результатам обобщения статистики с платформ Lighthouse, GTmetrix и WebPageTest (средние значения по тестируемым проектам, $n = 200$).

Как видно из диаграммы, наиболее ощутимый эффект достигается при применении кэширования (до 40 %) и CDN (до 35 %). Комбинация методов позволяет добиться кумулятивного ускорения, однако важно учитывать их взаимодействие и архитектуру конкретного веб-приложения.

Отзывчивость пользовательского интерфейса является ключевым компонентом перцептивной производительности веб-приложений. Пользователи ожидают реакцию интерфейса в пределах 100–200 мс после ввода команды, что обусловлено психофизиологическими особенностями восприятия задержек. Любое отставание более 500 мс уже воспринимается как «задержка», а превышение порога в 1000 мс может привести к фрустрации и отказу от взаимодействия.

С точки зрения архитектуры веб-приложений, повышение отзывчивости достигается путём минимизации блокирующих операций в основном потоке и распределения вычислительной нагрузки на вспомогательные процессы. Одним из наиболее эффективных решений является применение Web Workers — фоновых потоков,



Рис. 1. Диаграмма ускорения загрузки

отделённых от основного UI-потока. Их использование снижает значение метрики Time to Interactive (TTI) на 25–30 % при обработке сложных операций, таких как парсинг JSON или работа с большими массивами данных.

Альтернативным методом повышения отзывчивости является использование Offscreen Canvas, позволяющего производить рендеринг графики в контексте отдельного потока без блокировки интерфейса. Это особенно эффективно в визуально насыщенных приложениях — играх, редакторах изображений и интерактивных дашбордах. Применение Offscreen Canvas в SPA-приложениях сокращает общую задержку отрисовки на 20–25 %.

Дополнительный эффект достигается за счёт виртуализации DOM-элементов, особенно в интерфейсах с большим количеством повторяющихся компонентов, таких как таблицы или списки. Применение подхода «windowing» позволяет отрисовывать только те элементы, которые находятся в пределах видимой области, тем самым снижая нагрузку на рендер и повышая отзывчивость. В ряде сравнительных тестов виртуализация уменьшала время отрисовки сложных таблиц на 38 %.

На рисунке 2 представлены обобщённые данные о снижении значения метрики TTI при применении различных подходов.

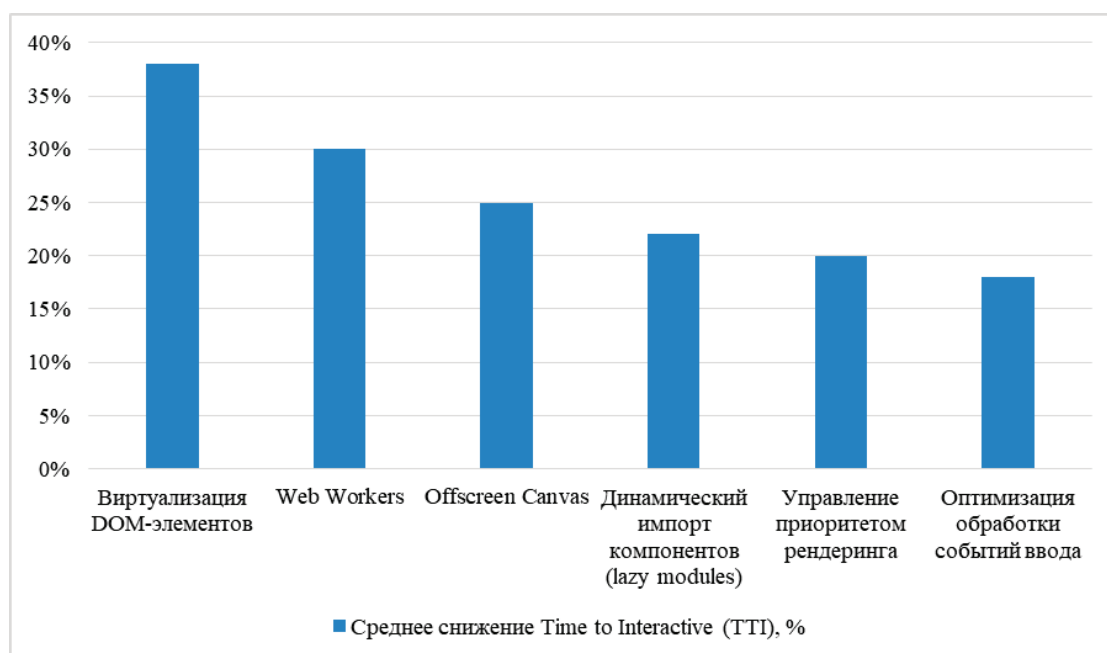


Рис. 2. Снижение значения метрики TTI при применении различных подходов

Эти методы в совокупности обеспечивают значительное повышение воспринимаемой отзывчивости интерфейса за счёт перераспределения вычислительной нагрузки, асинхронности выполнения тяжёлых операций и адаптивной отрисовки контента.

Ниже представлена таблица 1, отражающая сравнение популярных фреймворков и библиотек по параметрам, связанным с производительностью веб-приложений.

Оценка производительности веб-приложений требует использования инструментов, способных не только фиксировать количественные метрики, но и интерпретировать их с учётом реального пользовательского опыта [2, с. 195]. Современные методики тестирования базируются на концепции Core Web Vitals, предложенной Google в 2020 году и официально включённой в алгоритмы ранжирования.

Ключевыми метриками являются:

- LCP (Largest Contentful Paint) — отображение основного контента;
- FID (First Input Delay) — задержка при первом взаимодействии;
- CLS (Cumulative Layout Shift) — стабильность визуального контента;
- TTI (Time to Interactive) — время до полной интерактивности интерфейса;
- TBT (Total Blocking Time) — суммарное время блокировки основного потока.

Инструменты анализа и тестирования производительности представлены в таблице 2.

В ближайшие годы ожидается активное развитие подходов, ориентированных на адаптивную загрузку контента с учётом устройства, канала связи и пользовательского поведения. Широкое распространение получают технологии граничных вычислений и serverless-архитектур, позволяющие обрабатывать запросы ближе к пользователю и минимизировать задержки [5, с. 27].

Большое значение приобретут автоматизированные системы на базе искусственного интеллекта, способные в реальном времени оптимизировать рендеринг и маршрутизацию ресурсов. Ожидается углублённая интеграция WebAssembly и компилируемых фреймворков (Svelte, Qwik), что позволит резко сократить клиентскую нагрузку [4, с. 82].

Кроме того, стандартизация новых протоколов (например, HTTP/3 и WebTransport) и дальнейшее развитие Core Web Vitals как основы UX-ориентированной оценки создадут базу для ещё более точного контроля производительности и повышения качества цифрового взаимодействия.

Современная разработка веб-приложений требует системного подхода к обеспечению высокой производительности и отзывчивости. Разработчикам и компаниям рекомендуется использовать архитектурные решения, предполагающие серверный рендеринг, статическую генерацию и частичную гидратацию интерфейсов, так как они позволяют сократить время загрузки и ускорить отображение контента на пользовательских устройствах. Важно интегрировать инструменты анализа производи-

Таблица 1. Сравнительный анализ фреймворков и библиотек для веб-разработки

№	Фреймворк / Библиотека	Подход к рендерингу	Среднее время генерации страницы (мс)	Основные особенности
1	Astro	Static Site Generation (SSG)	300	Минимум JS по умолчанию, фокус на HTML; частичная или отложенная гидратация компонентов
2	SvelteKit	Partial Hydration	620	Компиляция в нативный JS, отсутствие виртуального DOM, высокая скорость отрисовки
3	Next.js	Server-Side Rendering (SSR)	780	Поддержка ISR (Incremental Static Regeneration), API routes, гибридная модель
4	Nuxt.js	Server-Side Rendering (SSR)	820	Аналог Next.js для Vue, хорош для SEO, гибкость в рендеринге
5	Vue (SPA)	Client-Side Rendering (CSR)	980	Быстрая инициализация после загрузки, но задержка первого рендера
6	React (SPA)	Client-Side Rendering (CSR)	1100	Гибкость и масштабируемость, но большие задержки на старте без SSR

Таблица 2. Инструменты анализа и тестирования производительности

№	Инструмент	Поддержка Core Web Vitals	Лабораторные / Полевые метрики	Уровень детализации
1	Lighthouse	Полная	Да / Да	Высокий
2	WebPageTest	Полная	Да / Частично	Очень высокий
3	Chrome DevTools	Частичная	Да / Нет	Низкоуровневый
4	GTmetrix	Частичная (через Lighthouse)	Да / Нет	Средний
5	PageSpeed Insights	Полная	Да / Да (CrUX)	Базовый

тельности — такие как Lighthouse, WebPageTest и Chrome DevTools — непосредственно в процессы сборки и развёртывания, чтобы осуществлять регулярный контроль ключевых метрик и оперативно реагировать на отклонения. Особое внимание должно уделяться метрикам Core Web Vitals (LCP, FID, CLS), так как они напрямую отражают качество пользовательского опыта и учитываются в ранжировании поисковых систем.

Оптимизация загрузки должна включать применение ленивой и асинхронной загрузки компонентов, разделение кода, использование современных форматов изображений (WebP, AVIF), а также обязательную минификацию и сжатие ресурсов средствами GZIP или Brotli. Распределённая доставка контента через CDN (например, Cloudflare, Akamai) позволяет снизить сетевые задержки и обеспечить масштабируемость приложений, особенно в условиях географически распределённой аудитории. Также важно учитывать поведенческие и технические особенности конечных пользователей: адаптивная загрузка, skeleton UI и прогрессивное улучшение интерфейса обеспечивают положительное восприятие даже на слабых

устройствах и медленных сетях. В долгосрочной перспективе компании должны инвестировать в обучение команд разработчиков, формировать культуру внимательного отношения к производительности и внедрять регулярные аудиты с анализом метрик как неотъемлемую часть процесса развития цифрового продукта.

Проведённое исследование подтвердило, что достижение высокой производительности веб-приложений требует интеграции различных подходов: от архитектурных решений до микрокомпонентных оптимизаций. Использование современных фреймворков с поддержкой SSR и SSG, внедрение инструментов анализа в процесс CI/CD и постоянный мониторинг метрик Core Web Vitals позволяют обеспечить не только быструю загрузку, но и стабильную отзывчивость интерфейса. Практический кейс показал значительное улучшение показателей после применения комплексной оптимизации.

Таким образом, ускорение веб-приложений — это не единичная задача, а стратегический процесс, который должен быть встроен в культуру разработки и сопровождаться постоянным анализом пользовательского опыта.

Литература:

1. Воронов А. Э. Технологии построения пользовательских интерфейсов информационных систем // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. — 2021. — № 1(43). — С. 220–223.
2. Гридин В. Н., Анисимов В. И., Васильев С. А. Методы повышения производительности современных веб-приложений // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2020. — № 2(212). — С. 193–200.
3. Лутаев Д. О. Исследование и анализ методов оптимизации производительности веб-приложений // Современные научные исследования и инновации. — 2023. — № 10(150). — С. 1–5.
4. Трошина М. В., Кобзева П. С., Кашапова Л. Р. Исследование методов оптимизации производительности веб-приложений с использованием новейших технологий // Успехи в науке и образовании: сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса. — 2023. — С. 81–83.
5. Чернецкий И. И. Создание инновационного метода адаптивной веб-разработки для повышения производительности и удобства веб-приложений // Молодой ученый. — 2024. — № 29(528). — С. 25–33.

Java for UI auto tests using Selenide plus Selenoid

Kirillov Roman Mikhailovich, technical team leader testing
Lemma Group LLC (Moscow)

Introduction to the topic

In modern software development, ensuring the reliability and stability of web applications has become a critical concern. Automation of user interface (UI) testing plays an essential role in achieving this goal, especially given the growing complexity and interactivity of web systems. Developers and analysts consistently strive to enhance the quality of digital services, and automated testing provides a scalable and systematic method to verify their functionality. This article explores the practical integration of Java with the Selenide and Selenoid frameworks to improve the efficiency, maintainability, and scalability of UI tests.

This research is aimed at computer science professionals, graduate students, researchers, and engineers involved in software testing and development. The paper systematically examines the capabilities of Java as a programming language for UI testing, with a special focus on its interoperability with Selenide and Selenoid. The objective is to provide a comprehensive understanding of these tools and demonstrate effective testing strategies through technical illustrations.

Java continues to maintain a strong position in the field of automated testing due to its platform independence, rich library support, and broad adoption in enterprise environments. The analysis begins with a brief justification for Java's dominance

in test automation. Subsequently, attention is directed toward Selenide—a high-level wrapper for Selenium WebDriver known for its simplified syntax and enhanced waiting mechanisms. Particular emphasis is placed on Selenoid, a powerful tool for executing UI tests in isolated containerized environments. Selenoid not only allows for parallel test execution but also supports integration with Selenium Grid and video recording capabilities.

The presented material is structured to provide both theoretical context and practical value. Key areas covered include the architectural foundations of test automation using Java, implementation patterns such as Page Object, integration with TestNG, and advanced configuration scenarios for running cross-browser tests using Selenoid. Test cases based on the website yandex.ru are used for illustrative purposes, reflecting realistic testing scenarios.

Furthermore, the article addresses specific challenges related to Safari browser testing and proposes viable workarounds. These include the use of real macOS machines or cloud platforms that offer Safari environments. The discussion also includes an overview of nuances in browser behavior that may arise in different environments, with recommendations on how to mitigate such challenges.

To provide a clear and logical structure, the content is divided into thematically organized sections. The first part presents the core principles of using Selenide, followed by an in-depth review of Selenoid. Then, the paper explores the application of the Page Object pattern and concludes with practical examples and references to relevant documentation and tools.

The findings and examples presented in this article are intended to serve as a practical guide for testers who wish to enhance their knowledge of automated UI testing using Java and related technologies. The content aims to bridge the gap between academic study and industrial application, offering insights that are directly applicable in professional practice.

Benefits and basics of Java for UI testers

Java has been employed in a substantial number of large-scale software projects due to the stability and maturity of its ecosystem. One of its distinguishing characteristics is a reliable and consistently evolving architecture. For novice testers, Java offers a relatively gentle learning curve owing to its logical syntax, extensive documentation, and rich community support. An additional strength of the language lies in its backward compatibility: core developers ensure that new language features do not disrupt the functionality of existing code. As a result, many libraries created more than a decade ago remain relevant and fully functional today.

In the context of web application testing, Java demonstrates considerable advantages through its comprehensive set of tools and frameworks. Build systems such as Maven and Gradle simplify dependency management and project configuration. Testing frameworks like TestNG provide flexible mechanisms for test grouping, parameterization, and execution control.

Moreover, auxiliary libraries, including Apache Commons, facilitate operations with files, network connections, and other system resources. Collectively, these components form a robust foundation for the development of comprehensive test suites capable of addressing diverse aspects of user interface behavior.

The sustained preference for Java in UI test automation, despite the availability of alternatives such as JavaScript, Python, or C#, can be attributed to several fundamental principles. Among them is the enduring concept of «write once, run anywhere» supported by the Java Virtual Machine (JVM), which allows test code to be executed across multiple platforms with minimal modification. This feature significantly reduces platform-specific implementation overhead and enhances the portability of automated tests. Accordingly, tests authored in Java can be reliably executed on Windows, Linux, and macOS systems without requiring environment-specific adaptations.

Another factor contributing to Java's continued relevance is the existence of a large and active community of testing professionals. Numerous technical blogs, forums, and online communication channels, such as specialized Telegram groups, serve as platforms for knowledge exchange and problem-solving. The accessibility of such resources facilitates continuous learning and prompt resolution of technical issues that may arise during test development and execution.

Subsequent sections of this paper will examine the practical implementation of Java in conjunction with the Selenide framework. Prior to that, however, it is important to develop a clear understanding of Selenide's architectural principles and functional capabilities as a high-level abstraction over Selenium WebDriver.

Basic introduction to Selenide

Selenide is a specialized Java library that extends Selenium WebDriver and is designed to simplify the process of creating user interface tests. It introduces a higher level of abstraction over standard WebDriver operations and automates many of the configuration and waiting routines that would otherwise require manual implementation.

When working with Selenium directly, testers are responsible for managing multiple technical aspects, including browser driver setup, element visibility waiting strategies, and handling of exceptions caused by asynchronous loading or unstable network conditions. Selenide, by contrast, encapsulates these concerns within its API, allowing the tester to concentrate on validating functional outcomes rather than configuring execution contexts.

For example, when using Selenium, it is common to write code that explicitly sets up the WebDriver and configures timeouts.

In Selenide, the same functionality is achieved with far more concise syntax. It is sufficient to define the target browser in the configuration object and use compact selectors and fluent methods to interact with page elements

Selenide's default behavior includes automatic waiting for element presence and state. If a requested element does not appear immediately, Selenide continues polling for its presence

```

15
16     public void webDriverConf() { no usages
17         WebDriver driver = new ChromeDriver();
18         driver.get("https://yandex.ru");
19         WebElement searchInput = driver.findElement(By.name("text"));
20         searchInput.sendKeys(...keysToSend: "Selenide");
21         searchInput.submit();
22     }
23

```

Fig. 1. Configuration WebDriver with Selenium

```

3     import com.codeborne.selenide.Condition;
4     import org.testng.annotations.Test;
5
6     import static com.codeborne.selenide.Selenide.$;
7     import static com.codeborne.selenide.Selenide.open;
8
9     public class YandexSearchTest {
10
11         @Test
12         public void testSearch() {
13             open(relativeOrAbsoluteUrl: "https://yandex.ru");
14             $(cssSelector: "input[name='text']").setValue("Selenide").pressEnter();
15             // Check that the results page contains the required text
16             $(cssSelector: "body").shouldHave(Condition.text("selenide.org"));
17         }
18     }
19

```

Fig. 2. Example with Selenide

within a default timeout window (typically four seconds). This eliminates the need for testers to configure explicit or implicit waits manually. For instance, the statement `$("#element").shouldHave(text("expected"))` will continually evaluate the element's content until the condition is satisfied or the timeout expires.

One of the most prominent syntactic enhancements provided by Selenide is the use of the `$` and `$$` operators to locate elements and collections of elements, respectively. These operators streamline the syntax and make the test code significantly more readable. The library also provides a range of methods tailored to common UI actions:

- `setValue(String text)` — enters text into the field.
- `append(String text)` — supplements existing text without overwriting it.
- `pressEnter()`, `pressEscape()`, `pressTab()` — emulation of pressing the corresponding keys.
- `click()` — standard click.

- `hover()` — mouseover.
- `should(Condition...)` — universal method, where you can pass a set of conditions (for example, **visible**, **enabled**, **text(...)**).
- `shouldBe(Condition...)` and `shouldHave(Condition...)` — variations of the previous one to help express the check in a more readable form.
- `uploadFromClasspath(String filePath)` — loading a file stored in the project resources.
- `download()` — download. Allows you to check if the item actually gives the correct file.

These methods facilitate the development of concise, maintainable, and readable test cases. However, as testing requirements increase in complexity—encompassing diverse UI components, transitions, and dynamic content—it becomes essential to implement architectural design patterns such as Page Object. This ensures long-term maintainability and reusability of test logic.

Using Page Object pattern with TestNG

The Page Object pattern represents a widely adopted architectural design in the domain of automated UI testing. Its primary objective is to enhance code maintainability, modularity, and clarity by encapsulating the user interface structure and behavior within dedicated classes. According to this pattern, each significant page or page component in a web application is represented by a separate class. These classes include fields that correspond to web elements and methods that describe user interactions with these elements.

This approach is particularly effective in projects that involve complex user interfaces. It facilitates changes and updates to the UI by localizing modifications within a specific class, thus reducing the risk of introducing unintended side effects. For example, if the search input field on the Yandex homepage undergoes a change in its CSS selector or ID, only the locator definition within the corresponding Page Object class (e.g., **YandexMainPage**) needs to be updated. All associated test cases remain unaffected due to their reliance on the centralized interface.

The test scenario, in this case, becomes highly readable and mirrors the logical flow of user actions: the homepage is

opened, a query is entered into the search field, the Enter key is pressed, and a new results page is loaded. Each of these steps corresponds to a method invocation from the Page Object class. This abstraction enables domain-level test scripts that emphasize behavior over implementation details.

Subsequently, additional Page Object classes can be developed for subsequent pages, such as **YandexResultsPage**, encapsulating assertions and interactions relevant to search result verification. The logical sequence of actions across multiple classes enhances the test structure and reduces redundancy.

TestNG provides further enhancements for structured test execution. It supports grouping of test methods, dependency management, and the configuration of setup and teardown routines through annotations such as **@BeforeMethod** and **@AfterMethod**. One of the most powerful features of TestNG is its support for parameterized testing via the **@DataProvider** annotation. This allows a single test method to be executed with multiple input values, improving code reuse and enabling coverage of a broader set of scenarios.

For instance, it is possible to define an array of search queries that will be passed to the test method during execution. Each

```

2
3 import com.codeborne.selenide.SelenideElement;
4 import static com.codeborne.selenide.Selenide.*;
5
6 public class YandexMainPage { 2 usages
7
8     // Search field locator
9     private SelenideElement searchInput = $(cssSelector: "[name='text']"); 2 usages
10
11     // Method of opening the page
12     public YandexMainPage openPage() { no usages
13         open(relativeOrAbsoluteUrl: "https://yandex.ru");
14         return this;
15     }
16
17     // Method of entering a search query
18     public YandexMainPage typeSearchQuery(String query) { no usages
19         searchInput.setValue(query);
20         return this;
21     }
22
23     // Method of sending the request
24     public YandexResultsPage submitSearch() { no usages
25         searchInput.pressEnter();
26         return new YandexResultsPage();
27     }
28 }
29

```

Fig. 3. Example of how methods work for the main page

```

20
21     @Test
22     public void verifySearchWorks() {
23         YandexMainPage mainPage = new YandexMainPage().openPage();
24         YandexResultsPage resultsPage = mainPage
25             .typeSearchQuery("Selenide")
26             .submitSearch();
27
28         resultsPage.verifyLinkPresent(string: "selenide.org"); // Sham testing
29     }
30
31

```

Fig. 4. Example of calling methods in a test scenario

```

31
32     @DataProvider(name = "searchQueries")
33     public Object[][] createData() {
34         return new Object[][] {
35             {"Selenide"},
36             {"Selenoid"},
37             {"Java"},
38         };
39     }
40
41     @Test(dataProvider = "searchQueries")
42     public void verifyMultipleQueries(String query) {
43         new YandexMainPage().openPage() YandexMainPage
44             .typeSearchQuery(query)
45             .submitSearch() YandexResultsPage
46             .verifyLinkPresent(string: "yandex.ru"); // We conditionally check that the Yandex link is always visible
47     }
48

```

Fig. 5. Example of using @DataProvider with a test scenario

test run utilizes a different query, and the test logic remains unchanged.

This technique not only improves test coverage but also contributes to performance optimization by minimizing the number of individual test methods. It is especially effective in cases where functional behavior must be validated under varying input conditions.

In conclusion, the Page Object pattern, when combined with the configuration and parameterization capabilities of TestNG, provides a solid foundation for constructing maintainable, scalable, and readable UI test suites. The synergy of these techniques is crucial for large-scale automated testing frameworks that require consistency, reusability, and high clarity of test scenarios.

Delve into Selenide methods: small «features»

Although many test developers are familiar with the core features of Selenide, the framework offers a range of additional capabilities that address more complex and dynamic testing scenarios. These features become particularly valuable when dealing with modern web applications that utilize

asynchronous content loading, dynamic DOM manipulation, and variable data representations.

A common task in automated testing is interacting with elements that are not immediately available in the DOM or are rendered asynchronously via AJAX requests. To address such cases, Selenide provides support for extended conditions. One such method is **Condition.matchesText(String regex)**, which enables verification of text content using regular expressions. This functionality proves especially useful when dealing with dynamic content such as timestamps, session identifiers, or user-specific data fragments.

In addition to handling single elements, Selenide facilitates interaction with collections of elements through the **ElementsCollection** API. This allows testers to work with multiple elements simultaneously, which is essential when validating lists, tables, or repeated UI components. For instance, on a search results page such as Yandex's, it is possible to use the double dollar sign (\$) operator to obtain all hyperlink elements and perform bulk operations or assertions.

Selenide also supports attribute-level verification. A common example includes checking the value of the **alt** attribute in an image element. The statement `$(«img#logo»).`

```

13
14     public void checkAndClickListElement() { no usages
15         ElementsCollection links = $(cssSelector: "a.link");
16         links.shouldHave(sizeGreaterThan(expectedSize: 5)); // Checking that there are more than five links
17         links.get(0).click(); // Click on the first link
18     }

```

Fig. 6. Example of working with ElementsCollection

`shouldHave(attribute(«alt», «Yandex»))` confirms that the logo's alternate text is correctly specified. This type of assertion is useful for validating accessibility attributes, SEO-related tags, and correctness of dynamically generated UI attributes.

Interaction with JavaScript dialog boxes such as Alert, Confirm, and Prompt is simplified through the use of Selenide's `switchTo().alert()` interface. The methods `accept()`, `dismiss()`, `prompt()`, and `setValue()` allow developers to manipulate alert dialogs without relying on low-level WebDriver calls. This abstraction enhances code clarity and reduces the possibility of synchronization errors.

Selenide's support for frame navigation also deserves mention. The method `switchTo().frame(«frameName»)` allows switching context into an iframe, while `switchTo().defaultContent()` returns the context to the main document. These methods are tightly integrated with Selenide's implicit waiting system, ensuring that the context switch occurs only after the frame becomes available, thereby improving test stability.

Debugging failing test cases is another area where Selenide offers convenience. The method `screenshot(String fileName)` creates a snapshot of the current browser view and stores it for post-execution analysis. This capability proves valuable when investigating layout issues, visual shifts, or unexpected UI behavior resulting from external factors such as incomplete loading or browser-specific rendering errors.

Moreover, Selenide provides mechanisms to execute setup and teardown logic before and after each test. Although some of these features can be implemented directly within Selenide, it is often recommended to configure them within the TestNG framework using the `@BeforeMethod` and `@AfterMethod` annotations. These hooks are used to reset session state, clear cookies, or close browser instances via `WebDriverRunner.closeWebDriver()`.

In summary, the extended functionality offered by Selenide significantly enhances the expressiveness and robustness of UI tests. Its integrated conditions, support for collections and attributes, streamlined handling of dialogs and frames, and built-in debugging tools make it an effective solution for developing reliable and maintainable automation suites.

Introduction to Selenoid and crossbrowser tests

After local test scenarios are stabilized and validated, the focus often shifts toward executing these tests in parallel and across different web browsers. This requirement emerges frequently in enterprise environments and large-scale testing pipelines, where efficiency and coverage are of paramount importance. Selenoid, a powerful tool developed by the Aerokube team, addresses these needs through containerized browser execution.

Selenoid is a component that extends the capabilities of Selenium Grid by providing a lightweight, Docker-based solution for running browsers in isolated containers. Unlike traditional grid setups, which may involve complex infrastructure, Selenoid simplifies deployment and scaling by utilizing pre-configured Docker images of browsers. This enables consistent test environments and better resource utilization.

The deployment of Selenoid begins with the installation of Docker and the use of Aerokube's Container Manager (CM), which assists in automatically downloading the necessary images and generating the configuration files. A typical setup includes a `browsers.json` configuration file, where each browser version and its associated image is declared. The container manager ensures that the correct containers are launched and terminated on demand.

```

48     @Test
49     public void handleAlert() {
50         open(relativeOrAbsoluteUrl: "http://example.com/with-alert");
51         // Press the button that triggers the alert
52         $(cssSelector: "#showAlertButton").click();
53         switchTo().alert().accept();
54         // Checking that something happened after the confirmation
55         $(cssSelector: "#result").shouldHave(Condition.text("Confirmed"));
56     }

```

Fig. 7. Example of working with a dialog box in a test scenario

```
1 # Download config Manager
2 curl -s https://aerokube.com/cm/bash | bash \
3     && ./cm selenoid start --vnc \
4     && ./cm selenoid-ui start
```

Fig. 8. Download and start command

One of the notable features of Selenoid is its support for real-time monitoring through the built-in VNC server. By enabling the `--vnc` flag during container startup, testers gain access to live sessions of the browser instances. This functionality is accessible either through a dedicated VNC viewer or via the web-based Selenoid UI. The latter provides a convenient graphical interface for tracking test execution, viewing logs, downloading videos, and analyzing screenshots.

To integrate Selenide-based tests with Selenoid, the tester configures the remote WebDriver URL to point to the active Selenoid hub. This is achieved through the **Configuration.remote** property in Selenide. Additionally, the desired capabilities, such as browser type and version, are specified to match those defined in **browsers.json**.

Cross-browser testing can be further enhanced by leveraging TestNG's **@DataProvider** functionality. By creating an array of browser identifiers, such as **«chrome»**, **«firefox»**, and **«opera»**, the same test method can be executed multiple times, each time with a different browser context. During execution, Selenoid dynamically provisions the required browser containers, provided they are available and correctly configured.

The addition of new browsers, such as Microsoft Edge, involves minimal changes: it is sufficient to add the browser identifier to the data provider array and ensure the corresponding Docker image is present and referenced in the configuration. This modularity and scalability make Selenoid an effective tool for continuous integration and continuous testing environments.

Overall, Selenoid's architecture allows for efficient distribution of test executions, reduced infrastructure complexity, and improved consistency of test outcomes across browser types. Its compatibility with Docker and Selenium, combined with its ease of setup and real-time monitoring capabilities, make it a valuable component in modern UI automation frameworks.

Peculiarities with safari and ways to resolve difficulties

Among modern web browsers, Safari presents a number of distinct challenges for automated testing, particularly when the goal is to incorporate it into cross-browser pipelines. The limitations stem not only from the architecture of the Safari browser itself, but also from licensing restrictions and technical constraints associated with the macOS operating system.

Unlike Chrome or Firefox, Safari cannot be reliably containerized using standard Docker-based infrastructure. This limitation is primarily due to Apple's licensing policy, which prohibits the virtualization of macOS on non-Apple hardware. Consequently, Selenoid does not provide official Docker images for Safari, making direct integration into containerized testing frameworks infeasible.

Furthermore, SafariDriver—the official WebDriver implementation for Safari—has historically exhibited instability and feature limitations, particularly on earlier versions of macOS. For instance, inconsistent behavior in headless mode or issues with file upload dialogs have been documented in several Safari releases. These deficiencies complicate the creation of fully automated test pipelines that rely on uniform WebDriver behavior across browsers.

Despite these constraints, several viable approaches exist for incorporating Safari into UI test automation:

1. Physical macOS Infrastructure: One of the most reliable methods involves setting up actual macOS machines with Safari installed. After enabling the «Allow Remote Automation» feature within Safari's Developer menu, these machines can be registered as nodes in a Selenium Grid. While Selenoid manages containerized browsers (e.g., Chrome, Firefox), Safari test cases are routed through the physical macOS node, ensuring compatibility.

2. Cloud-Based Testing Services: Platforms such as Sauce Labs, BrowserStack, and similar services provide remote access to real devices and browsers, including various versions

```
34
35 @BeforeMethod(alwaysRun = true)
36 public void setUp() {
37     Configuration.remote = "http://localhost:4444/wd/hub";
38     Configuration.browser = "chrome";
39     Configuration.browserSize = "1920x1080";
40 }
```

Fig. 9. Selenide configuration for Selenoid access

```

2
3 import com.codeborne.selenide.Configuration;
4 import org.testng.annotations.DataProvider;
5 import org.testng.annotations.Test;
6 import pages.YandexMainPage;
7
8 public class CrossBrowserTest {
9
10     @DataProvider(name = "browsers")
11     public Object[][] createBrowsers() {
12         return new Object[][] {
13             {"chrome"},
14             {"firefox"},
15             {"opera"}
16         };
17     }
18
19     @Test(dataProvider = "browsers")
20     public void testYandexSearchInDifferentBrowsers(String browser) {
21         // Specify the deleted Selenium grid
22         Configuration.remote = "http://localhost:4444/wd/hub";
23         Configuration.browser = browser;
24         Configuration.browserSize = "1920x1080";
25
26         // Run the script
27         new YandexMainPage().openPage()
28             .typeSearchQuery("Selenide")
29             .submitSearch()
30             .verifyLinkPresent(string: "selenide.org");
31     }
32 }
33

```

Fig. 10. Example of test scenario using @DataProvider for cross-browser testing and running tests on Selenium

of Safari running on macOS. These services offer REST APIs and integration libraries to allow seamless execution of test suites. Although such solutions may introduce additional costs, they eliminate the need for local hardware maintenance and are particularly useful when Safari tests are required only intermittently.

3. Visual Regression Tools: In scenarios where functional automation on Safari is infeasible, it is still possible to verify UI rendering correctness through visual comparison. Tools like Percy capture page screenshots rendered in Safari and compare them against reference images. While this approach does not offer end-to-end functional validation, it can still detect layout anomalies, missing elements, and unintended visual regressions.

It is also critical to acknowledge the browser-specific restrictions that affect test design. For example, Safari imposes stricter rules regarding popup handling, file input dialogs, and certain JavaScript-driven actions. Test engineers must account for these behaviors by reviewing and adjusting browser settings and confirming compatibility with WebDriver capabilities. The «Allow Remote Automation» option is often hidden and requires explicit enabling to permit remote control.

Additionally, the evolution of the WebKit rendering engine—on which Safari is based—may introduce API-level changes across browser versions. Therefore, test engineers are advised to consult Apple's official documentation to verify compatibility and to perform version-specific validations.

In summary, the inclusion of Safari in automated testing requires additional infrastructural and organizational effort compared to other browsers. However, when approached methodically—either through dedicated macOS environments or via cloud platforms—Safari testing can be effectively incorporated into a comprehensive quality assurance strategy.

A few useful subtleties when setting up Selenide+Selenoid

The integration of Selenide with Selenoid introduces a number of configuration nuances that require careful consideration. These subtleties become particularly important in projects where test environments must be stable, observable, and scalable in continuous integration (CI) pipelines or multi-threaded execution contexts.

First, in cases where video recording of test executions is necessary (e.g., for debugging failed tests), it is essential to configure the Selenoid containers with proper volume mounting. Specifically, containers should be launched with the `-v /path/to/videos:/opt/selenium/videos` option. This ensures that all recorded video files are saved persistently and remain accessible for post-execution analysis.

Secondly, although Selenide is designed to automatically close the browser session upon completion of a test, this behavior may require explicit enforcement in environments involving parallel execution. In such cases, invoking `WebDriverRunner.closeWebDriver()` explicitly within the `@AfterMethod` hook of TestNG guarantees that each WebDriver instance is properly terminated and the associated Docker container is released. This practice contributes to more efficient resource management, particularly when Selenoid is configured to run a fixed number of concurrent containers.

Another consideration involves Selenide's configuration parameters such as `Configuration.timeout` and `Configuration.headless`. These settings, while beneficial in local testing environments, may behave differently when applied within containerized Selenoid instances. For example, headless mode can cause discrepancies in drag-and-drop operations or certain UI renderings, as the graphical context differs from fully-rendered environments. In such cases, using

VNC-enabled containers helps observe test behavior in real time and identify deviations.

In addition, scenarios may arise where browsers are required to operate behind a proxy or with specific security settings, such as custom certificates or relaxed SSL validation. Selenoid supports the injection of custom capabilities via JSON configuration or dynamically during runtime. These capabilities can be passed to Selenide using the `DesiredCapabilities` object or through `Configuration.browserCapabilities`. Examples include proxy settings, browser arguments, and preferences required for internal environments.

This capabilities object is then used by Selenide when running the test. By the way, TestNG integrates easily with CI systems (Jenkins, TeamCity, GitLab CI, etc.). You just prescribe build and run commands, and at each commit, tests can automatically run in Selenoid, generating progress reports.

It's worth mentioning the convenience of the Selenoid UI as well. It's a web application that clearly shows which tests are currently running, which containers are busy, whether you can watch live video. The interface is friendly and gives testers a quick way to diagnose. You can also see logs, screenshots, and other details there.

In the end, the combination of Selenide and Selenoid gives a powerful base for UI-autotests, allowing testers not to get caught up in the routine of customizing Selenium Grid and constantly writing explicit expectations. The project team gets a flexible, clear system that can be easily maintained and scaled without hassle.

Tips for structuring your project

A well-organized project structure is crucial for the scalability, readability, and maintainability of any automated UI testing framework. In large teams or long-term projects, the absence of a consistent directory layout and module separation often leads to code duplication, unclear responsibilities, and inefficient onboarding of new contributors. Java-based projects, including those that use Selenide and Selenoid, benefit greatly from the adoption of standard architectural conventions.

The recommended approach is to separate source code and test code using the conventional Maven or Gradle directory layout:

```
27
28     MutableCapabilities capabilities = new DesiredCapabilities();
29     capabilities.setCapability(capabilityName: "enableVNC", value: true);
30     capabilities.setCapability(capabilityName: "enableVideo", value: false);
31     capabilities.setCapability(capabilityName: "browserName", value: "chrome");
32     capabilities.setCapability(capabilityName: "browserVersion", value: "latest");
33
34     // There may be additional custom proxy settings here....
35     Configuration.browserCapabilities = capabilities;
36
```

Fig. 11. Parameters for running test scenarios for CI

- **src/main/java** — this directory should contain infrastructure-related components, including Page Object classes, configuration utilities, browser factories, and any reusable helper methods or constants;
- **src/test/java** — this directory should include test classes, test data providers, test suites, and any class containing direct assertions or test flows.

This structure promotes the principle of separation of concerns. By isolating the infrastructure logic from the actual test cases, developers and testers can work in parallel and avoid conflicts. Moreover, this separation allows infrastructure components to be reused across multiple test suites and even different testing layers (e.g., API or performance testing).

Tests should be grouped in a meaningful way, such as by functional modules or use case categories. For example, all tests related to the search functionality on a website could be placed in a dedicated package named **search**, while tests targeting login and authentication could reside in the **auth** package. This categorization facilitates selective test execution and improves traceability of test coverage.

Test class names should follow a consistent and descriptive naming convention, such as **SearchTests**, **LoginTests**, or **UserProfileTests**. Similarly, method names should indicate the purpose of the test, e.g., **shouldDisplaySearchResultsForValidQuery()** or **shouldShowErrorMessageForInvalidCredentials()**.

It is also recommended to store test data separately in configuration files (e.g., **json**, **xml**, **yaml**) or resource classes. This practice helps decouple test logic from data and makes the system more adaptable to localization, environment changes, and data-driven testing.

For parameterization and runtime flexibility, configuration values such as browser type, base URL, and timeouts should be passed through environment variables or external property files. Tools like Maven Surefire, Gradle, or CI/CD pipelines can inject these values at runtime without modifying the codebase.

In the context of reporting and diagnostics, structured output folders should be configured to capture test artifacts, such as logs, screenshots, and video recordings (when using

Selenium). These assets are essential for post-execution analysis and debugging.

Finally, documentation should not be overlooked. Each major package and class should contain brief Javadoc-style descriptions to explain its purpose and usage. A high-level **README.md** file or **docs/** folder can describe the setup instructions, execution steps, and environment configuration guidelines.

By adhering to these structural guidelines, teams can ensure that their UI automation projects remain robust, comprehensible, and adaptable to future growth and changes.

A little about performance and parallel running

When the number of automated tests increases significantly, the total execution time begins to grow proportionally. In such cases, it is advisable to consider the implementation of parallel test execution. TestNG provides built-in capabilities for parallelization at the level of classes, methods, or test suites. In parallel, Selenium operates reliably in multithreaded mode. By specifying a fixed number of concurrent browser containers in the configuration (e.g., 5–10), test execution can be distributed across these containers, thereby improving overall throughput.

However, the implementation of parallel testing introduces certain architectural requirements, particularly with regard to shared resources. If multiple tests access the same database, it becomes necessary to either allocate independent datasets for each thread or apply transactional isolation to ensure rollback of changes after each test execution. Failure to implement such strategies may result in race conditions, test deadlocks, or inconsistent outcomes. These challenges fall under the broader domain of test architecture design and should be addressed at the planning stage.

Another aspect relates to the dynamic provisioning of browser containers. Selenium creates containers on demand if the predefined pool is insufficient. During mass parallel test runs, a noticeable delay may occur while Docker initializes new containers. To mitigate this, it is a common practice to maintain a warm pool of pre-initialized containers that are

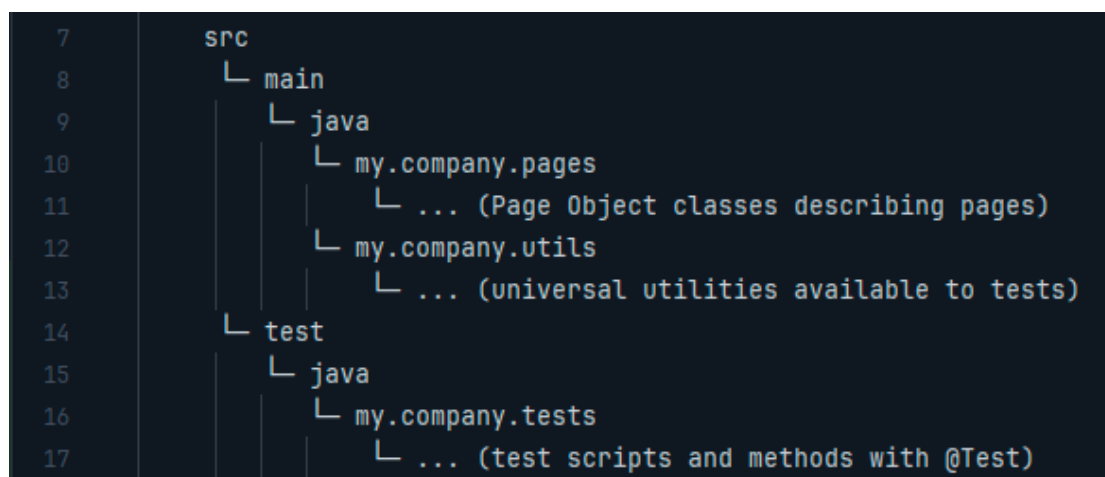


Fig. 12. Schematic of a standard automation project

always ready for immediate use. Selenoid's configuration parameters allow such behavior to be fine-tuned based on the expected load and hardware constraints.

In continuous integration and delivery (CI/CD) pipelines, where source code compilation and automated testing are integrated into a unified workflow, parallel execution provides measurable gains. For illustrative purposes, consider a test suite comprising 1,000 individual tests, each taking approximately 10 seconds to complete. When executed sequentially, the total runtime exceeds 10,000 seconds (nearly three hours). With parallelization across 10 containers, the runtime is reduced to roughly 1,000 seconds (approximately 16–17 minutes), representing a significant improvement in feedback loop efficiency.

Nevertheless, the number of parallel threads must be selected judiciously. If the load exceeds the server's CPU or memory capabilities, performance degradation may occur. Empirical tuning is recommended to determine the optimal concurrency level, with continuous monitoring of resource usage during test execution. Tools such as Docker stats, Grafana, or other infrastructure-level profilers can be employed for this purpose.

Occasionally, specific browsers such as Firefox may exhibit reduced stability under high concurrency. In such cases, it is advisable to allocate fewer threads to these browsers or increase their memory quota. Chrome, in most scenarios, demonstrates greater resilience to parallel execution; however, stability issues cannot be fully ruled out, and behavior should be evaluated in the context of the specific application under test.

In summary, parallel testing constitutes a powerful mechanism for accelerating the delivery of test results. When properly configured, the combined use of TestNG and Selenoid enables flexible control over the number of execution threads and the distribution of workloads across different browsers. This approach supports the development of scalable and high-performance automated testing frameworks aligned with the demands of modern software development lifecycles.

Digression: a few words about cultural aspects in autotests

Before proceeding to the final conclusions, it is appropriate to make a brief digression concerning the influence of cultural and regional factors on the practice of UI test automation. In different countries, students, researchers, and engineers may approach testing methodologies with varying degrees of formality and rigor. In some regions, a pragmatic attitude prevails, where writing minimal, rapid tests is acceptable as long as the functionality is verified. In other academic or industrial contexts, formalized and structured testing practices are emphasized. Regardless of such differences, Selenide and Selenoid remain universally applicable tools. Their focus on stability, expressiveness, and flexibility makes them suitable for usage by undergraduate and graduate students as well as by professionals in countries such as Russia, Germany, or Brazil.

Notably, cultural distinctions may also manifest in browser preferences. In China, for example, users may rely on browsers

such as 360 Browser or QQBrowser; in South Korea, Naver Whale is commonly used; and in Japan, some organizations continue to utilize legacy versions of Internet Explorer. While Selenoid does not provide official support for all regional or proprietary browsers, it remains technically feasible to create custom Docker images for such environments. Although this process requires additional configuration and effort, it demonstrates the extensibility of the Selenoid infrastructure.

The purpose of highlighting these nuances is to emphasize that testing strategies should be aligned with the needs and preferences of actual end users. If a significant portion of the product's audience accesses the application through Safari or mobile Chrome, then corresponding test coverage should be prioritized. Conversely, for internal or corporate applications used exclusively with Chrome, test environments can be simplified accordingly. The goal is not to achieve exhaustive browser coverage, but to implement a rational allocation of resources based on the target audience.

This approach to test planning is not a question of abstract «best practices» but rather one of informed decision-making grounded in product-specific usage data. Both Selenide and Selenoid provide sufficient flexibility to support diverse configurations, but it is the responsibility of test engineers to ensure that test coverage aligns with user behavior and technological constraints.

There is ongoing debate among development teams regarding whether to prioritize depth of functional testing or breadth of browser support. There is no universal answer. However, the versatility of tools like Selenide and Selenoid allows teams to effectively support both strategies—comprehensive scenario validation and wide platform compatibility—depending on the project context.

For students engaged in academic coursework or thesis projects, the examples provided in this article can serve as a foundation. Many computer science departments actively encourage the demonstration of practical testing frameworks. Selenide, in particular, is accessible to beginners due to its simplified syntax and encapsulation of Selenium WebDriver operations, which are already present in many educational programs. As such, students are encouraged to experiment with these tools in their academic projects.

For researchers, UI test automation presents multiple directions for further investigation. Areas of interest may include the development of defect prediction heuristics, adaptive wait logic, and the integration of artificial intelligence techniques into automated testing frameworks. Thus, in addition to offering practical value, Selenide and Selenoid open up considerable potential for scientific inquiry and innovation.

Conclusion and recommendations

It is essential to recognize that automated testing is a means of increasing the efficiency and reliability of software development processes, not an end in itself. When properly planned and prioritized, automation contributes significantly to product quality, team productivity, and release stability.

Key elements of successful automation include well-defined priorities, carefully structured test scenarios, and an informed approach to browser compatibility. These aspects collectively support the development of reliable and maintainable systems.

Selenide is widely appreciated for its concise and readable syntax, as well as its integrated mechanisms for element waiting and state validation. Selenium, in turn, offers a lightweight and scalable approach to browser containerization, facilitating parallel execution and resource efficiency. Combined, these tools provide a dependable solution that is equally applicable in educational, research, and industrial contexts.

Java remains a leading language in enterprise environments due to its mature ecosystem, extensive tooling, and large

professional community. Its compatibility with tools such as Selenide and Selenium makes it an optimal choice for constructing scalable, cross-platform UI automation frameworks.

Readers who wish to deepen their understanding of the topics covered in this article are encouraged to explore the supplementary materials listed in the reference section. These include practical case studies, conference presentations, and technical articles that address advanced aspects of working with Selenide, Selenium, and TestNG. Continued learning and exploration in this field can contribute not only to individual professional development but also to broader advancements in automated software testing methodologies.

References:

1. Official Selenide Documentation — URL: <https://ru.selenium.org/>
2. Github-Selenide repository — URL: <https://github.com/selenide/selenide>
3. Aerokube Selenium — URL: <https://aerokube.com/selenium/latest/>
4. Report on Selenium at the SQA Days conference (video) — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MbkW9rGcEwU>
5. The article «Page Object in UI testing» — URL: <https://habr.com/ru/post/466009/>
6. TestNG Documentation — URL: <https://testng.org/doc/>
7. SafariDriver Features — URL: https://developer.apple.com/documentation/webkit/testing_with_webdriver_in_safari
8. Links on working with Docker and Selenium — URL: <https://docs.docker.com/get-started/>, <https://www.selenium.dev/documentation/grid/>
9. An example of Allure and Selenide integration — URL: https://docs.qameta.io/allure/#_selenide
10. Cloud services for cross-browser testing — URL: <https://saucelabs.com/>, <https://www.browserstack.com/>

Технические возможности веб-приложений для проведения и анализа опросов общественного мнения с использованием технологий определения направления движения взгляда и курсора респондента

Мокин Антон Владимирович, студент

Научный руководитель: Дешко Игорь Петрович, кандидат технических наук, доцент
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

В статье автор исследует технические возможности современных цифровых платформ для проведения опросов с целью исследования общественного мнения.

Ключевые слова: проведение опросов, цифровые платформы для проведения опросов, тепловая карта, технологии определения направления движения взгляда и курсора респондентов.

В арсенале средств исследования общественного мнения сегодня существует множество возможностей их организации и проведения. Проведение опросов самых разнообразных групп населения, например, в виде анкетирования, является достаточно распространенным инструментом социальных исследований, и, вместе с тем, очень ответственным процессом. Технология проведения опроса (анкетирования) может напрямую влиять на результаты всего исследования, использующего этот подход. Корректно выстроенный алгоритм создания и проведения опроса является инструментом, способным

обеспечить подробный сбор данных об исследовании в опросе.

В наиболее простом варианте опросы, предоставляющие ограниченный в своих возможностях функционал — это сбор данных в формате «вопрос-ответ». Обычно вопрос имеет несколько вариантов ответа, либо же поле для развернутого ответа.

Современные версии опросников в виде специализированных веб-приложений позволяют использовать самые разнообразные средства анализа данных об испытуемом. Например, существует возможность отслежи-

вания поведения курсора респондента. Данный функционал позволяет определить наиболее часто посещаемые курсором места на экране во время проведения опроса. Это требует некоторой обработки данных для того, чтобы составить тепловую карту — изображение, покрывающее полупрозрачным цветовым градиентом области, где бывал курсор указателя: от более холодных цветов к более теплым цветам соответственно частоте попадания в эту область [3, с. 34].

Отслеживание взгляда — принципиально другой уровень взаимодействия с респондентом. Зрение для человека — это основной источник знаний о мире и способ взаимодействия с ним. Знание о том, куда смотрит человек, имеет огромную ценность. Этот инструмент позволяет составить тепловую карту, основываясь на направлении движения взгляда человека. Детализация данных имеет более подробную и правдоподобную структуру. Если курсор может стоять на месте, пока респондент анализирует вопрос или изображение, то его взгляд точно не стоит на одном месте экрана. Сбор и анализ таких данных представляет наибольшую ценность как для бизнеса, так и для науки.

В современном цифровом пространстве уже существуют несколько решений, позволяющих технически реализовать проведение опросов общественного мнения с использованием технологий отслеживания взгляда и курсора респондента, среди них возможности таких продуктов, как «Яндекс Взгляд», «Google Forms», «Microsoft Forms».

«Яндекс Взгляд» — это отечественный сервис для создания опросов с целью проведения исследований для бизнеса, предоставляющий пользователю удобный кон-

структор для создания опросника с различными настройками [2]. Типы опросов, предлагаемые этим сервисом, представлены на рисунке 1.

«Google Forms» — это платформа для создания опросов, или форм, разработанная американской компанией Google [1]. Данное решение предоставляет удобный конструктор, представленный на рисунке 2, для быстрого создания простых опросов — с вариантом выбора ответа.

«Microsoft Forms» — это решение для создания и проведения опросов от еще одной американской компании — «Microsoft» [4]. На рисунке 3 представлен конструктор для создания простого опроса.

По результатам анализа трех платформ для проведения опросов была составлена сводная таблица 1, представленная далее, с критериями и оценкой их удовлетворенности компаниям в формате «да» или «нет».

Важно отметить, что Таблица 1 была составлена таким образом, что критерии в действительности являются функциональными требованиями.

Таким образом, по результатам анализа аналогичных платформ для проведения опросов, можно увидеть, что на современном рынке недостаточно технологических решений, предоставляющих возможность определять направление движения взгляда и курсора респондента. Вместе с тем, расширение возможностей применения указанных выше технологий позволяет получить исследователю объективные данные об участниках исследования. Это позволяет утверждать, что назрела необходимость разработки цифровых продуктов нового поколения, отвечающих запросам современного рынка.

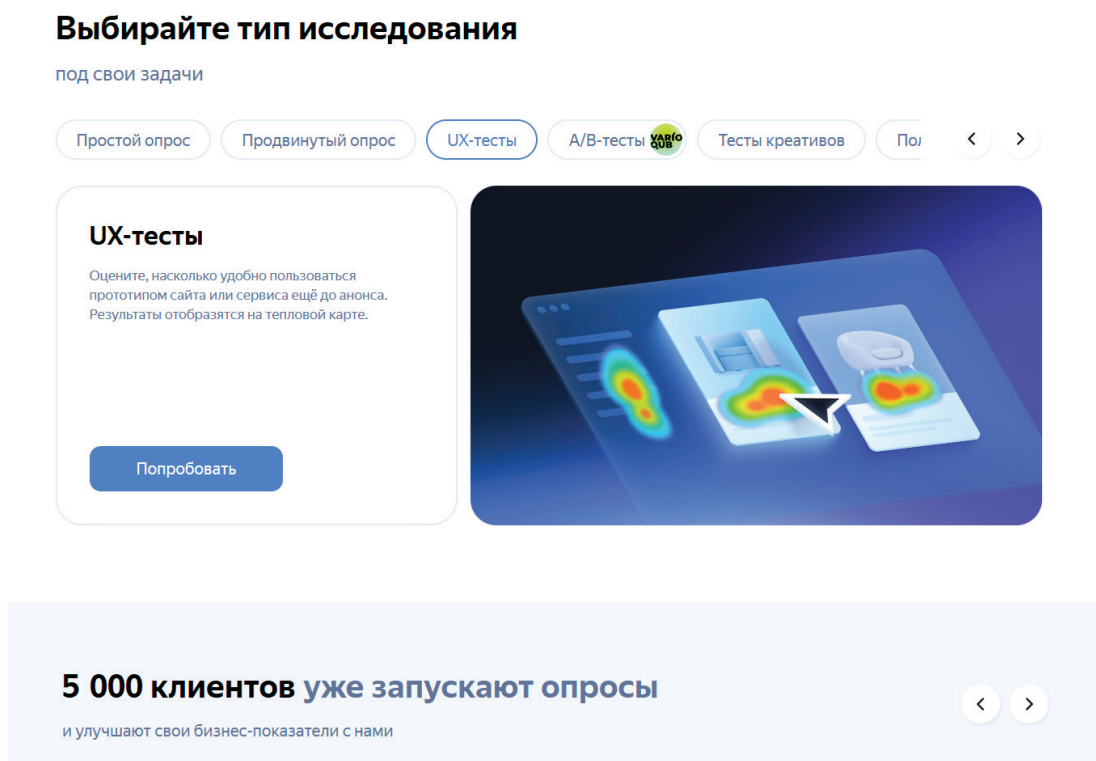


Рис. 1. Форма опросника платформы «Яндекс Взгляд»

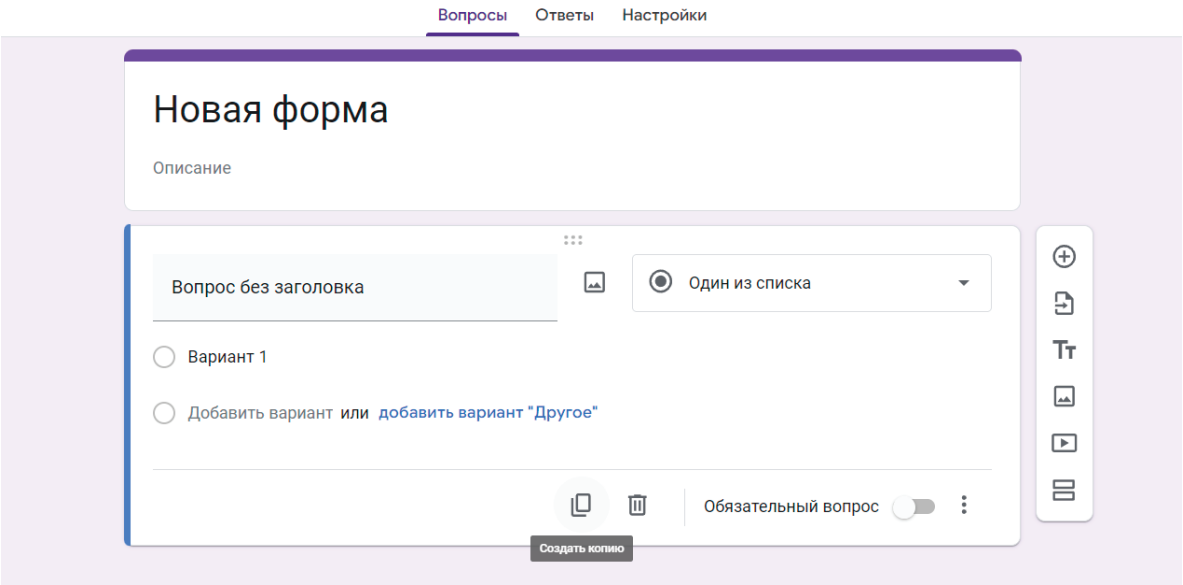


Рис. 2. Форма опросника платформы «Google Forms»

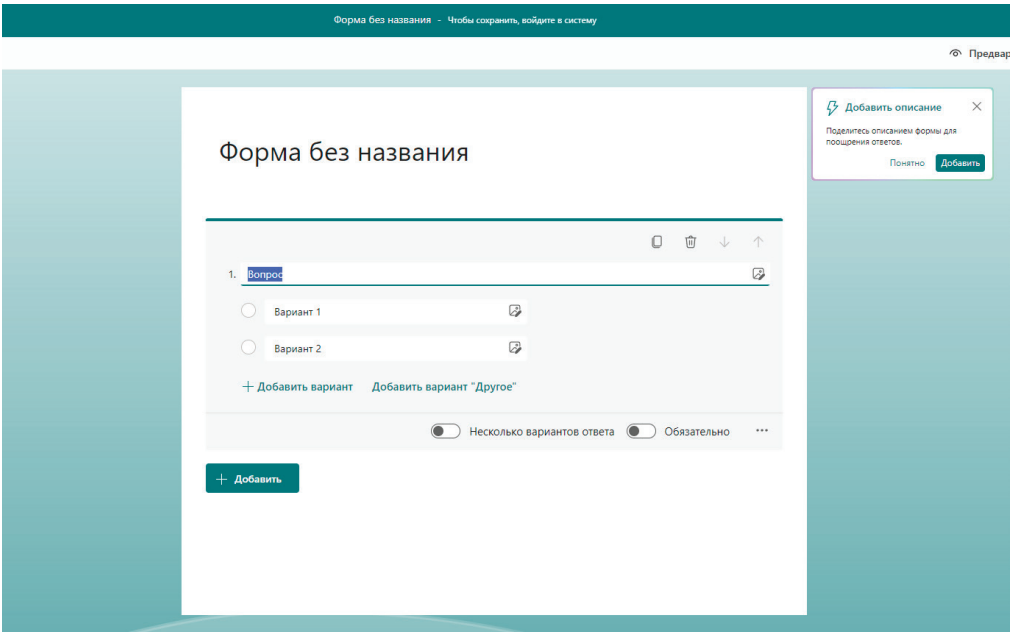


Рис. 3. Форма опросника платформы «Microsoft Forms»

Таблица 1. Сравнение платформ для проведения опросов

Критерий	«Яндекс Взгляд»	«Google Forms»	«Microsoft Forms»
Удобный конструктор для создания опроса	Да	Да	Да
Вопросы с развернутым ответом	Да	Да	Да
Вопросы с выбором ответа	Да	Да	Да
Прикрепление изображений	Да	Да	Да
Прикрепление видеофайлов	Да	Да	Да
Отслеживание курсора	Да	Нет	Нет
Отслеживание взгляда	Нет	Нет	Нет
Построение тепловых карт	Да	Нет	Нет
Анализ ответов	Да	Да	Да
Выгрузка данных	Да	Да	Да
Подбор респондентов	Да	Нет	Нет

Литература:

1. Быстро получайте информацию с помощью Google Forms. — Текст: электронный// Google Forms: [сайт]. — URL: <https://www.google.ru/intx/ru/forms/about/> (дата обращения: 10.03.2025).
2. Развивайте бизнес с исследованиями Яндекс Взгляда. — Текст: электронный// Яндекс Взгляд: [сайт]. — URL: <https://surveys.yandex.ru/> (дата обращения: 10.03.2025).
3. Якоб, Нильсен Веб-дизайн: анализ удобства использования веб-сайтов по движению глаз/ Нильсен Якоб, Перниче Кара. — Москва: ООО «И. Д. Вильямс», 2010. — 480 с. — Текст: непосредственный.
4. Easily create custom surveys, polls, and quizzes. — Текст: электронный// Microsoft Forms: [сайт]. — URL: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/online-surveys-polls-quizzes> (дата обращения: 10.03.2025).
5. WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions/ Papoutsaki Alexandra. — Текст: электронный// Computer Science: [сайт]. — URL: <https://cs.brown.edu/people/apapouts/papers/ijcai2016webgazer.pdf> (дата обращения: 10.03.2025).

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Исследование принципа гашения дуги в выключателях среднего класса напряжения переменного тока

Евстропов Андрей Андреевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Дягилев Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

В статье автор исследует механизм гашения дуги в выключателях различных типов среднего класса напряжения 6–10 кВ. Для исследования были взяты конструкции следующих коммутационных аппаратов: масляных выключателей, электромагнитных выключателей, выключателей нагрузки, вакуумных выключателей, элегазовых выключателей. Генераторные выключатели в данной статье не рассматриваются.

Ключевые слова: выключатель, электрическая дуга, гашение дуги, дугогасительная камера.

Введение

При расхождении контактов при отключении выключателя в начальный момент возникает электрическая дуга. Электрическая дуга представляет собой газовый разряд, состоящего из ионизированного газа (плазмы). Под действием сил электрического поля с большой скоростью от анода к катоду перемещаются свободные электроны в следствии этого возникают термодинамические и др. физические явления. Поэтому задача коммутационного аппарата по отключению не только создать диэлектрический промежуток между двумя контактами путем физического разрыва, но и погасить электрическую дугу.

1. Актуальность гашения дуги в коммутационном аппарате

С возрастанием тока и номинального напряжения коммутационного аппарата интенсивность горения дуги увеличивается, что создаёт сложности с её разрывом и гашением. За увеличением интенсивности горения следует: увеличение температуры плазмы, что повышает за собой вероятность нарушения целостности контактов; возможное повторное зажигание электрической дуги с увеличением риска работы сети в неполнофазном режиме, что может повлечь за собой перенапряжения и повреждения оборудования.

2. Принцип гашения дуги в коммутационном аппарате

2.1. Принцип гашения дуги в масляном выключателе

В выключателе, залитом маслом, в верхней части кармана 4 (рисунок 1) имеется воздушная подушка под не-

которым незначительным давлением за счет столба масла в основном цилиндре. При включенном выключателе свеча находится в нижнем положении и перекрывает вход в горизонтальные щели А, Б, В со стороны сегментного выреза камеры. При отключении выключателя между розеткой и свечой возникает дуга. Дуга, разлагая и испаряя масло под камерой, создает парогазовый пузырь с большим давлением. Газы не имеют выхода из-под камеры до тех пор, пока при движении свечи вверх не будут открыты выходы в горизонтальные щели. Давлением газового пузыря из нижней части основного цилиндра в карман 4 вытесняется масло и воздушная подушка в нем сжимается. Когда открывается вход в горизонтальные щели, то под действием большого давления создается интенсивное дутье газов и масла через щели поперек дуги. Благодаря сегментному вырезу в нижней части камеры обеспечиваются наиболее благоприятные условия для дутья через щели. К моменту начала дутья дуга соприкасается с нижней фибровой прокладкой камеры, при этом происходит мощное газообразование, чем усиливается дутье. В момент перехода тока через нуль давление в зоне горения дуги спадает и в это время сжатия в кармане 4 подушка расширяется и подобно поршню обеспечивает подачу свежего масла в зону щелей. При этом за счет поперечного дутья и поступления свежего масла происходит восстановление электрической прочности промежутка между свечой и розеткой и протекание тока прекращается. При отключении малых токов газообразование происходит слабо и дутье может оказаться недостаточным для восстановления электрической прочности промежутка, даже при открытии всех трех щелей. В этом случае горение дуги будет продолжаться и тогда карманы, расположенные в верхней части камеры, также будут за-

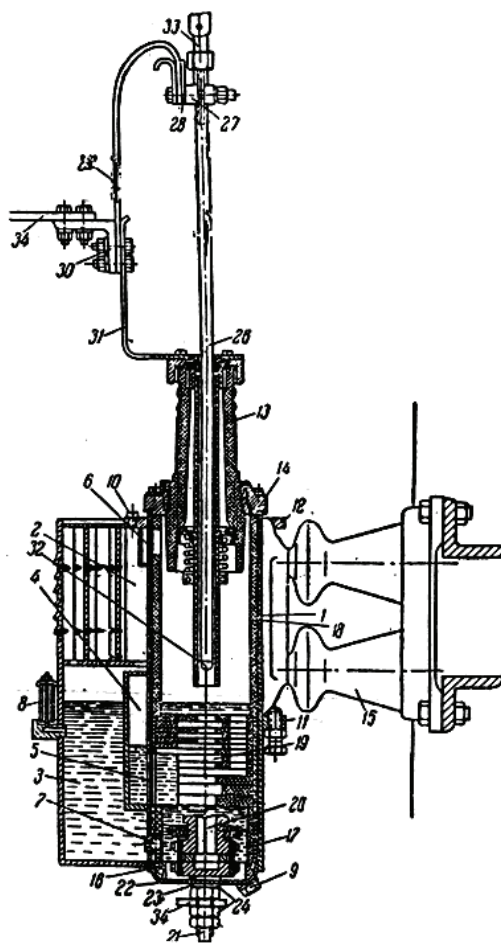


Рис. 1. Дугогасящая камера масляного выключателя ВМГ-133-II (III) [1, с.6] 1 — основной цилиндр; 2 — маслоотделитель; 3 — дополнительный резервуар; 4 — карман; 5 — отверстие кармана; 6 — выхлопные отверстия цилиндра; 7 — клапан; 8 — маслоуказатель; 9 — маслоспускная пробка; 10 — маслосливная пробка; 11 — упорный болт; 12 — проушина; 13 — проходной изолятор; 14 — фланец проходного изолятора; 15 — опорный изолятор; 16 — опорное кольцо; 17 — нижний цилиндр; 18 — верхний цилиндр; 19 — дугогасительная камера; 20 — розетка; 21 — выводной штырь розетки; 22 — фибровая прокладка; 23 — нажимная шайба; 24 — контактная гайка; 25 — контргайка; 26 — подвижной контакт (свеча); 27 — контактная колодка; 28 — промежуточная пластина; 29 — гибкая связь; 31 — кронштейн; 32 — контактный наконечник свечи; 33 — шины.

полнены газом под давлением. При переходе тока через нуль и уменьшении давления в зоне горения дуги дополнительно к поперечному дутью создается давление вдоль канала дуги за счет карманов. Это обеспечивает гашение дуги при отключении малых токов. [1]

2.2. Принцип гашения дуги в электромагнитном выключателе

На рисунке 2 изображена схема дугогасительной камеры электромагнитного выключателя и показано перемещение дуги в процессе отключения выключателя. Электрическая дуга, которая возникает между дугогасительными контактами в момент их размыкания (положение а), под действием тепловых потоков и электродинамических сил перемещается в камеру на дугогасительные рога. При этом естественное движение тепловых потоков вверх усиливается действием специального воздушного

поддува. На рисунке 2 воздушный поддув не показан. При перемещении дуга касается дугогасительного рога 1 над неподвижным контактом. Но пока дуга не оторвется от неподвижного контакта, ток проходит непосредственно с неподвижного контакта на подвижный контакт, минуя катушку электромагнитного дутья 5, которая в этот момент зашунтирована отрезком дуги между неподвижным контактом и его рогом (положение б). После того как дуга оторвется от неподвижного контакта (положение в), весь ток будет проходить через катушку электромагнитного дутья, вследствие чего создается мощное магнитное поле. В результате взаимодействия дуги с полем происходит дальнейшее перемещение дуги в камеру (положения г и д).

По мере движения дуги вверх она затягивается в узкую зигзагообразную щель керамической решетки, образуемую вырезами в пластинах и промежутками между ними. Продвигаясь в зазорах между пластинами, дуга изгибается, что дает возможность при сравнительно небольших размерах

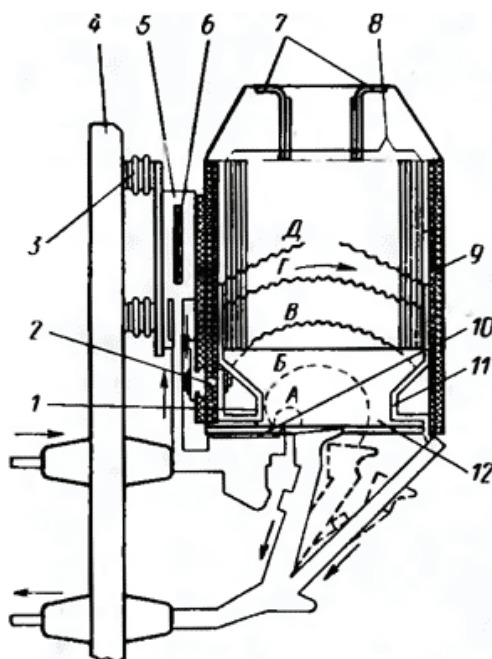


Рис. 2. Дугогасительная камера электромагнитного выключателя ВЭМ-6(10) [2, с.28]:

- 1 — дугогасительный рог неподвижного контакта; 2 — вывод от рога неподвижного контакта к катушке электромагнитного дутья; 3 — опорные изоляторы; 4 — рама; 5 — катушка электромагнитного дутья; 6 — сердечник магнитопровода; 7 — фибровые козырьки; 8 — пакет керамических пластин; 9 — керамический лоток; 10 — асбоцементная пластина; 11 — дугогасительный рог подвижного контакта; 12 — боковая облицовочная плита; 13 — латунные шпильки; 14 — торцевая изоляционная плита; 15 — асбоцементная прокладка; 16 — асбестовая прокладка; 17 — боковая изоляционная плита; А-Д — положения дуги.

камеры значительно растянуть дугу, В узком зигзагообразном канале керамической решетки происходит тесное соприкосновение дуги с поверхностью пластин, в результате чего дуга отдает пластинам значительную часть своей тепловой энергии. При подходе тока к нулевому значению происходит интенсивное охлаждение дуговой среды; столб дуги деионизируется, и она гаснет.

Дугогасительные камеры придают траектории дуги большую длину, которая может составлять 1,5–1,8 м, чем обеспечивается значительное увеличение сопротивления дуги и как следствие этого в ней падает напряжение, но величине близко к напряжению отключаемой цепи. Быстро возрастающее сопротивление дуги играет роль ограничительного сопротивления, вводимого последовательно в отключаемую цепь. Поэтому к моменту обрыва дуги уменьшается ток короткого замыкания, что облегчает процесс ее гашения. Вследствие большого сопротивления дуги напряжение восстановления сглаживается по форме и снижается по величине. Уменьшение амплитуды и сглаживание формы кривой восстанавливающегося напряжения у электромагнитных выключателей усиливается наличием последудугового сопротивления, шунтирующего контакты выключателя.

Остаточная проводимость дуги в межконтактном промежутке существует в течение очень короткого, но достаточного для восстановления напряжения времени. к моменту разрыва цепи и гашения дуги ее столб охлаждается

и в межконтактном промежутке создается высокая, все время возрастающая диэлектрическая прочность, что препятствует повторным зажиганиям. [2]

2.3. Принцип гашения дуги в выключателе нагрузки

Простейшим коммутационным аппаратом, позволяющим отключать и включать токи нагрузки в нормальном режиме, является автогазовый выключатель нагрузки типа ВН. Данный выключатель изображен на рисунке 3.

Выключатели нагрузки ВН созданы на базе разъединителей рубящего типа. На опорном изоляторе с неподвижным главным контактом 3 укреплен простейший дугогасительная камера 2 с газогенерирующими вкладышами 7 из органического стекла (см. рисунок 3 б). При отключении под действием пружины привода движение от вала 1 передается главным контактом — ножам 5, которые размыкаются в воздухе первыми, но дуги не образуется, так как весь ток проходит по дугогасительным контактам 4 и 6. При дальнейшем движении ножа 5 размыкаются дугогасительные контакты, возникшая дуга воздействует на вкладыши, из которых выделяется газ. Давление в камере повышается, а при выходе дугогасительного контакта 4 из камеры создается выхлоп газа, и дуга гаснет. При включении сначала замыкаются дугогасительные контакты 4 и 6, затем — главные 5. [3]

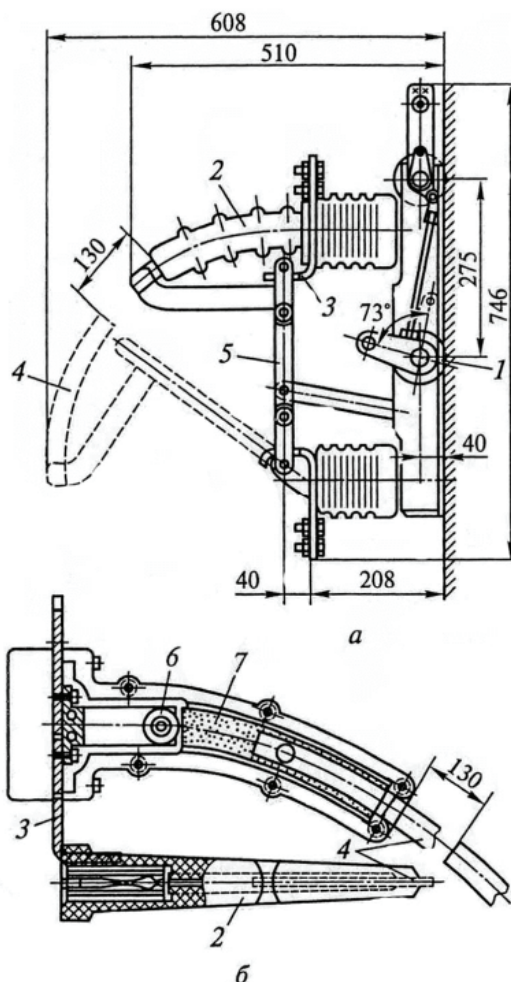


Рис. 3. Дугогасящая камера выключателя нагрузки ВН [3, с.86]: а — общий вид; б — дугогасительная камера; 1 — вал привода; 2 — дугогасительная камера; 3 — главный неподвижный контакт; 4 — подвижный дугогасительный контакт; 5 — главный подвижный контакт-нож; 6 — неподвижный дугогасительный контакт; 7 — газогенерирующие вкладыши.

2.4. Принцип гашения дуги в вакуумном выключателе

Гашение дуги происходит в вакуумной камере (см. рисунок 4). Коммутационная камера (4) находится между двумя керамическими изоляторами (3). Неподвижный и подвижный контакты подключаются внешним токовым вводам. Неподвижный контакт жестко прикрепляется к корпусу выключателя, а подвижный контакт — к приводу выключателя, который может перемещаться в вакуумной камере без нарушения вакуума только на несколько миллиметров за счет наличия металлического сильфона («гармошка» из металла цельнотянутая или сварная). Внутреннее давление вакуумной камеры составляет менее 10^{-7} бар.

Процесс отключения тока в вакуумной камере происходит следующим образом. После расхождения контактов дуга отключаемого тока, вызвавшая испарение материала контактов, гасится при первом переходе тока через нуль.

Пары металла, образованные дугой отключаемого тока, конденсируются на поверхности контактов в течении нескольких микросекунд после погасания дуги, теряя при

этом свои токопроводящие свойства. После конденсации паров металла на поверхности контактов изоляционный промежуток между ними восстанавливает свои изоляционные свойства. Пары металлов в очень малом количестве конденсируются на поверхности коммутационной камеры (4), которая защищает керамические изоляторы (3) от напыления проводящим металлическим слоем и, тем самым, защищает от нарушения их изоляционных свойств, т. е. коммутационная камера выступает как защита от нарушения диэлектрической прочности изоляторов (3).

Горение дуги в вакуумной камере при отключении токов основано на проводящей среде паров металла контактов, которая еще до полного расхождения контактов конденсируется в течение нескольких микросекунд, и диэлектрическая прочность вакуума восстанавливается полностью. Это явление в значительной мере обеспечивается тем, что энергия горения дуги паров металла из специально подобранных сплавов контактных материалов, в вакууме гораздо меньше, чем энергия горения дуги в плазме элегаза в дугогасительной камере элегазового выключателя. [4]

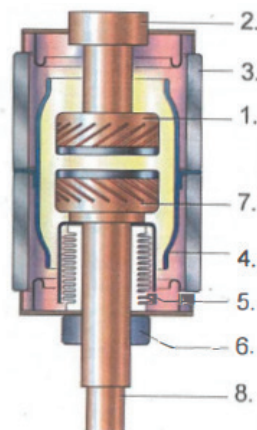


Рис. 4. Дугогасящая камера вакуумного выключателя [4, с.44]: 1 — неподвижный контакт
2 — место подключения 3 — изолятор (керамический) 4 — коммутационная камера
5 — металлический сильфон 6 — направляющая шайба 7 — подвижный контакт
8 — резьба для присоединения к приводу

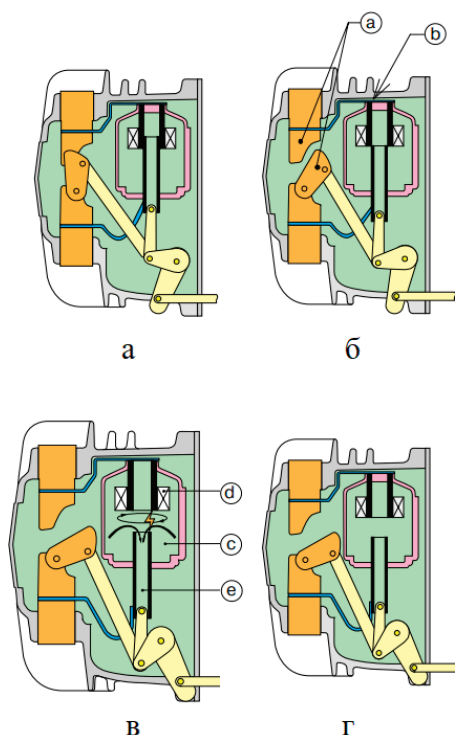


Рис. 5. Дугогасящая камера элегазового выключателя LF [5, с.3]:
а — основные контакты; б — дугогасительные контакты; д — катушка; с — расширительный объем;
е — полость цилиндрического дугогасительного контакта; а-г — состояние выключателя

2.5. Принцип гашения дуги в элегазовом выключателе

В выключателе LF применен принцип вращения дуги в элегазовой среде и метод автокомпрессии, что в комплексе позволяет создать наилучшие условия для гашения дуги. Основные этапы гашения дуги показаны на рисунке 5. Выключатель включен (см. рисунок 5а). Основные контакты разомкнуты (см. рисунок 5б). Размыкание основных контактов (а), ток проходит через дугогасительные контакты (б). Гашение дуги (см. рисунок 5в). Размыкание ду-

гогасительных контактов. При расхождении дугогасительных контактов в дугогасительной камере происходит загорание дуги. Воздействие магнитного поля, создаваемого катушкой (д), вызывает закручивание дуги и ее охлаждение. Избыточное давление в расширительном объеме (с), обусловленное повышением температуры, вызывает охлаждение дуги потоком элегаза, направленным из зоны с высоким давлением в зону с более низким давлением, что приводит к удлинению дуги и ее затягиванию в полость цилиндрического дугогасительного контакта (е). При про-

хождении тока через ноль дуга гарантировано гаснет. Выключатель выключен (см. рисунок 5г). [5]

Заключение

Гашение дуги при отключении выключателях среднего класса напряжения является обязательным, во избежание негативных последствий как для самого коммутационного аппарата, так и соседних. Условие гашения дуги для всех выключателей переменного тока — это переход тока через ноль. При этом в каждом коммутационном аппарате среднего напряжения применяются различные принципы га-

шения дуги: восстановление электрической прочности промежутка между контактом и розеткой за счет поперечного дутья и поступления свежего масла в зону гашения; увеличении сопротивления дуги вследствие её интенсивного удлинения под действием магнитного поля и охлаждения; выхлоп газа в зону горения дуги; восстановление диэлектрической прочности вакуума путем конденсации паров металла на поверхности контактов в течении нескольких микросекунд после погасания дуги; охлаждение избыточным давлением в следствии нагрева газа и направленное удлинение дуги в сторону дугогасительного контакта (зона низкого давления газа) за счет разности давлений.

Литература:

1. Батхон И. С. Инструкция по эксплуатации и ремонту выключателей типа ВМГ-133 / Батхон И. С. [Электронный ресурс] // NeHudLit.ru: [сайт]. — URL: <https://www.nehudlit.ru/books/instruktsiya-po-ekspluatatsii-i-remontu-vyklyuchateley-tipa-vmg-133.html> (дата обращения: 08.03.2025).
2. Е. И. Быков, А. М. Колузаев Электромагнитные выключатели ВЭМ-6 и ВЭМ-10 [Текст] / Е. И. Быков, А. М. Колузаев. — Москва: Энергия, 1973—104 с.
3. Н. В. Ситников, С. А. Горемыкин Электрические станции и подстанции [Текст]: учеб. пособие / Н. В. Ситников, С. А. Горемыкин — Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2016—114 с.
4. Евдокунин, Г. А., Тилер, Г. Современная вакуумная коммутационная техника для сетей напряжения: (технические преимущества и эксплуатационные характеристики) [Текст] / Г. А. Евдокунин, Г. Тилер — Санкт-Петербург: Сизова М. П., 2000—114 с.
5. Техническое описание элегазовых выключателей серии LF 6, 10 кВ / [Электронный ресурс] // elec.ru: [сайт]. — URL: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/127/000001343/attfile/01.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).

Развитие и приведение в нормативное состояние дорожной сети Иркутской области на основе широкого использования местных каменных материалов

Марченков Пётр Игоревич, студент магистратуры

Научный руководитель: Шабуров Сергей Семенович, кандидат технических наук, профессор

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Предметом исследования, изложенного в данной статье, является поиск способов снижения стоимости проведения работ по строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог в Иркутской области.

Изложены проанализированные способы снижения стоимости работ в дорожной отрасли и предложены технологии, не несущие в себе негативных качественных изменений характеристик дорожных одежд. И при этом, позволяющие экономить достаточное количество финансовых ресурсов.

Проведен анализ качественного состояния дорожной сети Иркутской области на примере Зиминского муниципального образования как выборочного составляющего показателя. Выявлены проблемы, решив которые можно способствовать ускорению темпов развития и восстановлению до нормативных показателей дорожной сети Иркутской области.

Предложенные технологии могут применяться для строительства ремонта и содержания автомобильных дорог. Применение предложенных технологий позволит снизить стоимость проведения работ и, как следствие, ускорить темп строительства и приведения сети дорог в нормативное состояние.

Ключевые слова: автомобильные дороги, органоминеральные смеси, снижение стоимости строительства автомобильных дорог, технологии дорожного строительства.

Введение

Дорожная сеть Иркутской области, равно как и любого субъекта Российской Федерации, является сложной

системой, имеющей свои проблемы, требующие решения. Одной из главных проблем, а точнее ограничивающим фактором в дорожной отрасли является вопрос недостаточности финансирования. К анализу приняты показа-

тели о состоянии дорожной сети Зиминского городского муниципального образования в качестве выборочного показателя состояния дорожной сети Иркутской области. В ЗГМО 214 автомобильных дорог, общая протяженность которых составляет 185,376 км. Лишь 26 % автомобильных дорог имеют твердое покрытие. На 1 января 2019 года доля протяженности автомобильных дорог общего пользования местного значения, находящихся в границах ЗГМО, не отвечающих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям, составляет 108,19 км или 58,58 %. К концу 2024 г. данное значение снижено до 53,5 %. Анализируя причины высоких значений несоответствия сети дорог, можно выделить тот факт, что в течение длительного периода темпы износа автомобильных дорог общего пользования превышали темпы восстановления и развития. Фактически работы по профилактическому ремонту не проводились в среднем более 20 лет, что привело к сохранению значительной доли протяженности автомобильных дорог общего пользования местного значения, не отвечающих нормативным требованиям транспортно-эксплуатационных показателей и наличию дефектов. Аналогичная ситуация сложилась по всем муниципальным образованиям области. Среди причин в отчете муниципальной программы главным образом выделяется факт недостаточности финансирования, выраженный прежде всего в несоблюдении межремонтного срока. Иными словами, причиной является игнорирование потребности в профилактических работах

и ремонте на дорожной сети. Снижение стоимости выполнения работ прежде всего по профилактическому содержанию и ремонту, а также строительству, повлечет за собой уменьшение затрат, и, как следствие увеличение объема проводимых дорожных работ.

Методы

Среди различных вариантов снижения стоимости проанализированы технологии по приготовлению холодных органоминеральных смесей.

Применение органоминеральных смесей затрагивает вопрос широкого использования местных материалов, отсевов в качестве использования инертного материала для состава смеси слоев дорожной одежды. Самым дорогостоящим материалоемким и технически сложным элементом является конструкция дорожной одежды, но вместе с тем это наиболее ответственный элемент автомобильной дороги и особенное внимание при поиске технологий, снижающих стоимость проведения работ следует уделять соответствию физико-механических характеристик нормативным требованиям. Так, в 2019 году на сети местных и региональных дорог Иркутской области проведено устройство шести опытно-экспериментальных участков с различными конструкциями дорожных одежд из смесей, приготовленных на основе органических и комплексных вяжущих материалов. Конструкция дорожной одежды по проекту представлена на рис. 1.

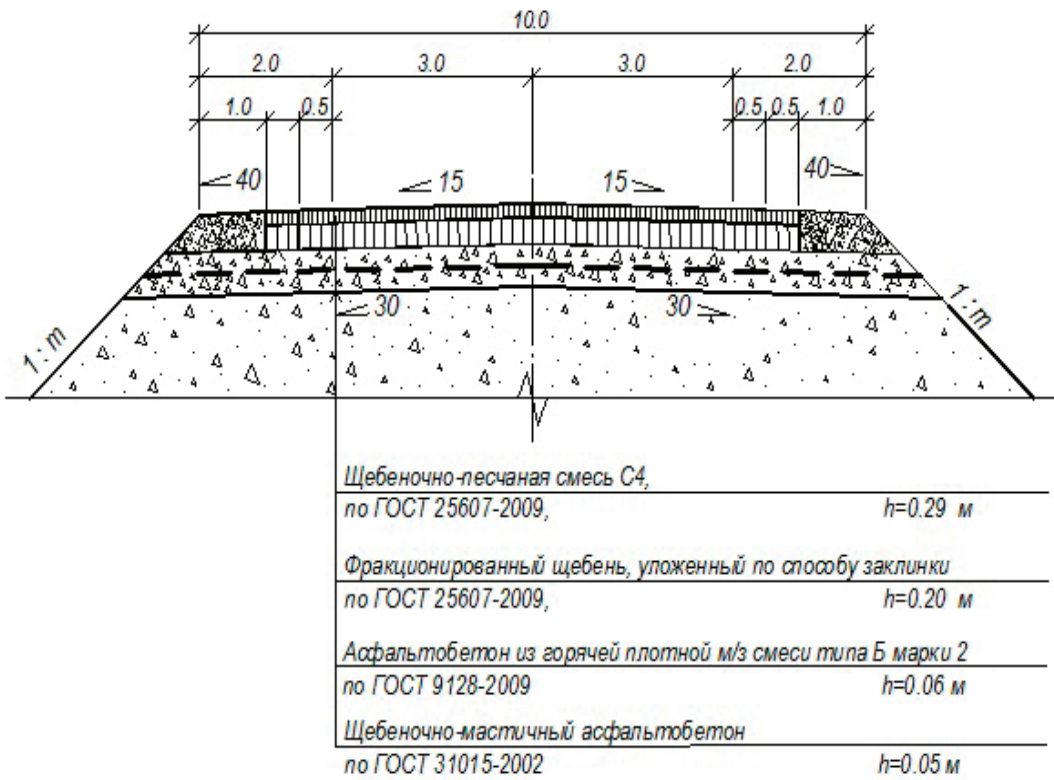


Рис. 1. Проектный вариант конструкции дорожной одежды «Автомобильная дорога подъезд к д. Плишкино на участке км 5+419 — км 10+660 в Иркутском районе Иркутской области»

Местом устройства опытно-экспериментальных участков с применением холодных органоминеральных смесей из щебеночно-гравийно-песчаных смесей и отсевов дробления является объект «Автомобильная дорога подъезд к д. Плишкино на участке км 5+419 — км 10+660 в Иркутском районе Иркутской области».

Наибольший интерес вызывает использование холодных органоминеральных смесей, приготовленных из щебеночно-гравийно-песчаных смесей в качестве верхнего слоя основания. Конструкция дорожной одежды с применением холодной органоминеральной смеси в верхнем слое основания, рис. 2.

Преимущества:

1. Возможность применения Щебеночно-песчано-гравийных смесей
2. Максимальное требование по прочности согласно ГОСТ 30491–2012, М800;
3. Возможность применения песка практически любой гранулометрии;
4. Применение битумной эмульсии (в замен горячего битума) позволяет значительно снизить энергозатраты при производстве;
5. Возможность укладки смеси при пониженных температурах.

Технологические особенности:

1. Предварительная отгрохотка фракции свыше 40 мм из ПГС;

2. Ввод органического вяжущего ЭБК-3 согласно подбору состава.

3. Увлажнение минеральной части смеси до оптимального значения.

На дорогах с низкой интенсивностью движения целесообразно использование горячих битумоминеральных смесей из гравийно-песчаных смесей для устройства покрытий автомобильных дорог, с дополнительным устройством слоя износа толщиной 2–3 см. Конструкция дорожной одежды с применением горячей битумоминеральной смесью рис. 3.

Преимущества:

1. Возможность применения Щебеночно-песчано-гравийных смесей
2. Максимальное требование по прочности согласно ГОСТ 30491–2012, М800;
3. Возможность применения песка практически любой гранулометрии;
4. Использование дешёвого (в сравнении со щебнем строительного материала)

Технологические особенности:

1. Возможна предварительная отгрохотка фракции свыше 40 мм из ПГС;
2. Разгрохотка ПГС на гравийную и песчаную составляющие (для обеспечения точной дозировки минерального заполнителя);
3. Приготовление в асфальта бетонных смесительных установках.

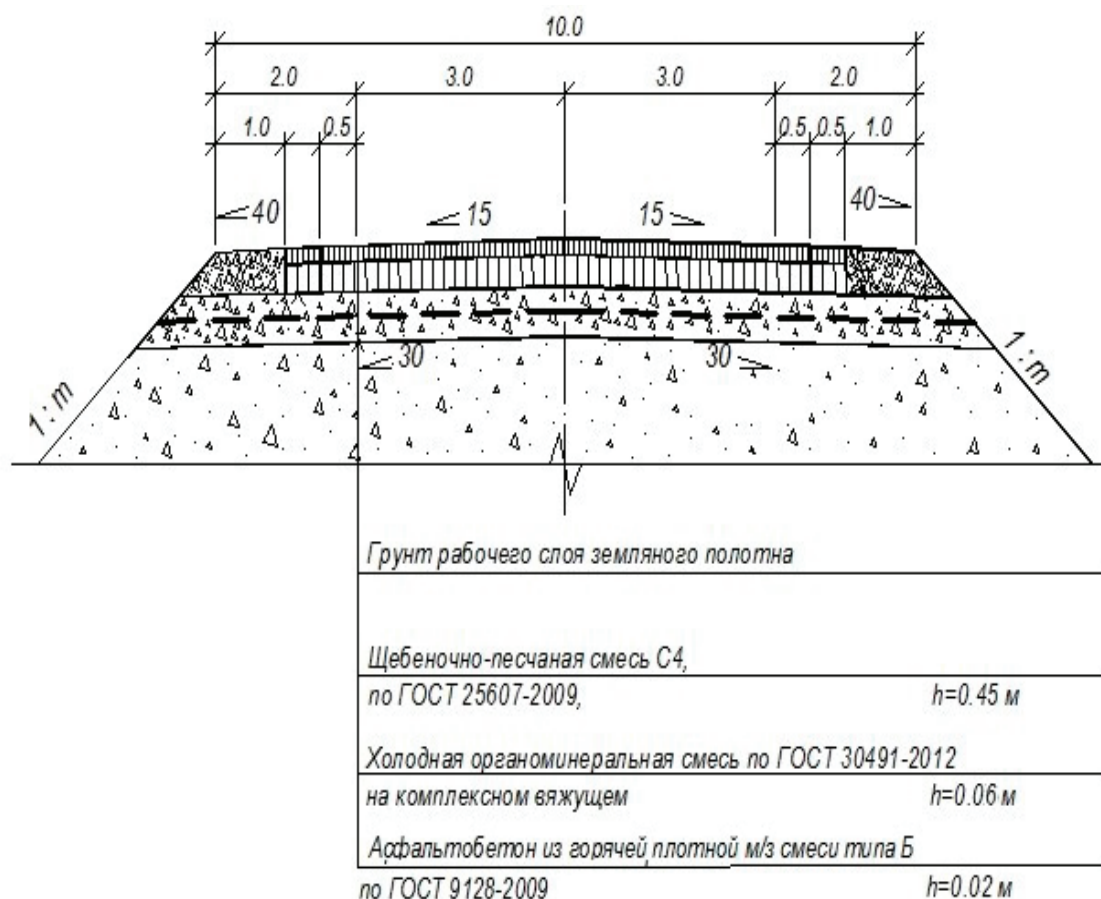


Рис. 2. Предлагаемый вариант конструкции дорожной одежды. Холодная органоминеральная смесь

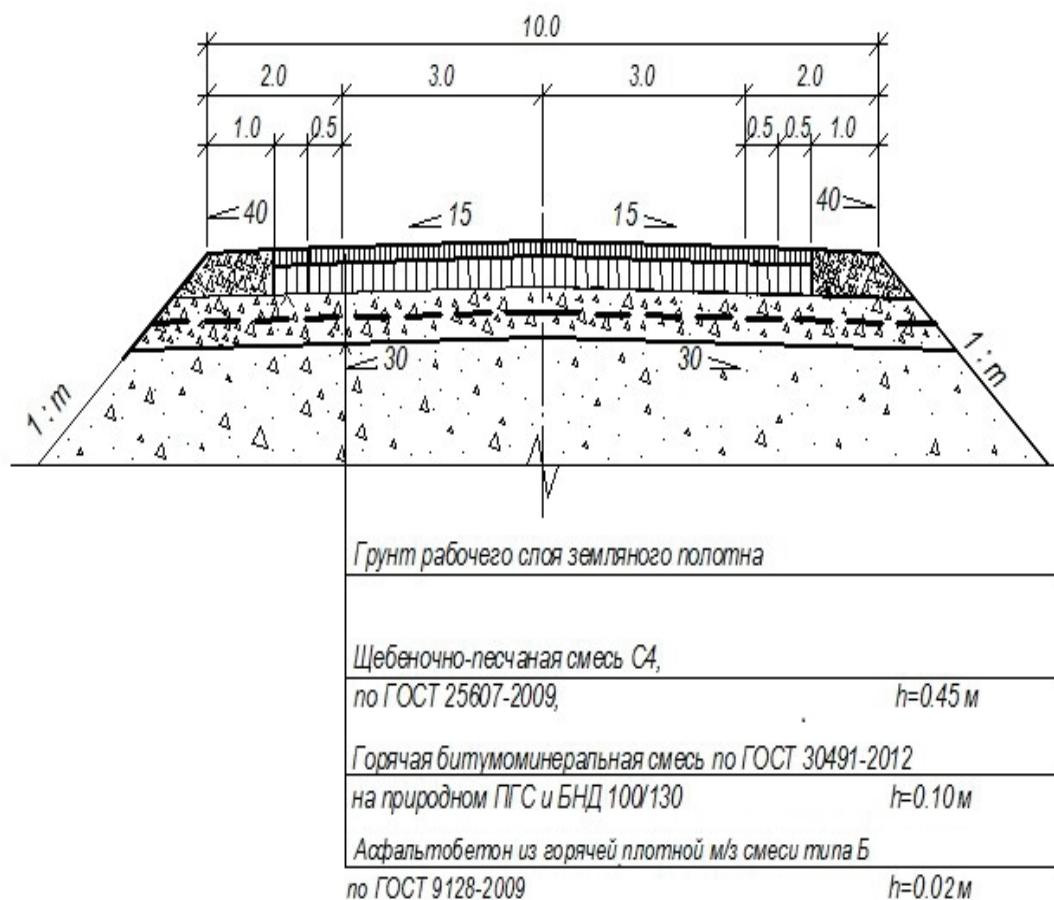


Рис. 3. Предлагаемый вариант конструкции дорожной одежды «Автомобильная дорога подъезд к д. Плишкино на участке км 5+419 — км 10+660 в Иркутском районе Иркутской области»

Для обеспечения высоких технико-экономических показателей, а также удовлетворения требований к технологии необходим инертный материал имеющий фракционный состав заполнителя, близкий к оптимальному по гранулометрической кривой.

Наиболее оптимальным решением строительства, ремонта автомобильных дорог — это применение органоминеральных смесей в соответствии с ГОСТ 30491-2012 на основе комплексного или эмульгированного органического вяжущего. Это битумные эмульсии ЭБК-3 или ЭБА-3 в зависимости от содержания SiO_2 используемого инертного материала. Требования к исходным материалам для таких смесей значительно ниже, чем для асфальтобетонных смесей, что позволяет вовлекать их в большом ко-

личестве в производственный процесс дорожных работ. Выявлены высокие показатели устройства таких конструкций. Данные приведены в таблице 1.

Самым главным преимуществом перед асфальтобетонами является то, что данная технология холодная, то есть нет потребности в нагреве инертных материалов и вяжущих. Отпадает потребность в наличии АБЗ, битумных баз. Возможность устройства конструктивных слоев дорожных одежд как непосредственно на дороге, так и на смесительных установках. Таким образом при производстве таких смесей есть два технологических варианта их производства: в смесительных установках типа БРУ или самоходными грунтосмесительными механизмами (ре-сайклеры, дорожные навесные фрезы).

Таблица 1. Показатели модуля упругости вариантов дорожной одежды

Объект: «Автомобильная дорога подъезд к д. Плишкино на участке км 5+419 — км 10+660 в Иркутском районе Иркутской области»	
Местоположение	Модуль упругости, МПа
Расчетный вариант ДО	200,00
Принятый вариант ДО (по проекту)	412,90
Холодная органоминеральная смесь в слое основания	408,93
Горячая битумоминеральная смесь	686,49



Рис. 4. Установка БРУ



Рис. 5. Ресайклер в работе

Заключение

Применение органоминеральных смесей при производстве работ позволит вовлечь в дорожное строительство мало прочные каменные материалы, которые ранее не применялись при устройстве усовершенствованных слоев дорожных одежд в Иркутской области;

Применение холодной технологии приготовления ОМС позволяет значительно сократить энергозатраты при приготовлении;

.Производство ОМС снижает нагрузку на подрядные организации, которые имеют ограниченный парк дорожно-строительной техники, наличия АБЗ, битумных баз и т. д.;

Данная технология значительно снижает выбросы загрязняющих веществ и обеспечивает улучшенные условия труда;

Применение ОМС позволяет снизить стоимость устройства различных слоев дорожных одежд, что позволит увеличить объем дорожных работ.

Литература:

1. Шабуров С. С. Опытное применение органоминеральных смесей на региональных дорогах Иркутской области. Отчет о научно-исследовательской опытно-конструкторской работе. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет».
2. Шабуров С. С. Органоминеральные смеси и открытые битумоминеральные смеси для дорожного строительства. Отчет о научно-исследовательской опытно-конструкторской работе. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет».
3. Кахаров З. В., Исломов А. С. Анализ структуры энергозатрат на строительство дорожных асфальтобетонных покрытий. Текст научной статьи по специальности «Энергетика и рациональное природопользование».
4. ГОСТ 30491–2012. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства.
5. ГОСТ Р 70454–2922. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные обработанные органическими вяжущими. Общие технические условия.
6. ГОСТ Р 70197.1–2022. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия.

Влияние несинусоидальности напряжений на энергоэффективность системы электроснабжения металлургического предприятия

Медченко Екатерина Валерьевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Амузаде Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент

Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

В статье автор исследует влияние высших гармоник на показатели качества электроэнергии.

Ключевые слова: несинусоидальность напряжения, фильтрокомпенсирующие устройства, качество электроэнергии

Широкое применение тиристорных электроприводов, выпрямительных электролизных установок, мощных электродуговых печей, прокатных станов и других потребителей электроэнергии с резкопеременной нагрузкой и несинусоидальным током сопровождается большим потреблением реактивной мощности и искажением питающего напряжения. К таким потребителям относятся, прежде всего, металлургические заводы, химические предприятия, предприятия цветной металлургии и т. п.

Энергоэффективность систем электроснабжения подразумевает рациональное и эффективное использование мощности, потребляемой от источников электроэнергии при сохранении параметров качества сети, доставляющих питание промышленным и бытовым потребителям. В металлургической отрасли проблема повышения энергоэффективности становится всё более актуальной в условиях глобальной конкуренции. Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность работы системы электроснабжения (СЭС), является качество электроэнергии, которое зачастую нарушается вследствие присутствия в электрической сети высших гармоник.

Уровень гармонических составляющих в сети определяется по показателям качества электроэнергии согласно ГОСТ 32144–2013 [2], а точнее по отклонению значения коэффициента n -ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$ и суммарному коэффициенту гармонических составляющих напряжения K_U , %, которые определяются по формулам (1) и (2) соответственно:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$K_U = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \frac{U_{(n)}^2}{U_{(1)}^2}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где $U_{(n)}$ — действующее значение напряжения n -й гармоники, В, $U_{(1)}$ — действующее значение напряжения 1-й (основной) гармоники, В.

Источниками высших гармоник тока являются электроприемники с нелинейной вольтамперной характеристикой. Распространение высших гармоник по электрической сети вызывает падение напряжения от соответствующих гармоник на участках сети и искажения синусоидальной формы кривой напряжения в узлах сети, отсюда и возникает несинусоидальность напряжения. Наиболее распространенным оборудованием, генерирующим ВГ тока в сеть, являются [3 с.29]:

— статические преобразователи (выпрямители, системы бесперебойного питания, тиристорные регуляторы, импульсные источники питания и т. д.);

- газоразрядные осветительные устройства и электронные балласты;
- электродуговые печи постоянного и переменного тока;
- сварочные аппараты;
- устройства с насыщающимися электромагнитными элементами;

Наличие высших гармоник напряжения приводит к серьезным проблемам у потребителей электроэнергии:

— ускоренное старение изоляции электрических машин, трансформаторов и кабелей и, как следствие, снижение сроков работы оборудования за счет его более быстрого износа;

— происходят сбои в работе производства из-за нарушений в системах управления, повреждения технологического оборудования;

- увеличиваются потери электроэнергии в сетях;
- происходит регулярное выведение из строя дугогасящих реакторов;
- чрезмерный нагрев кабелей и трансформаторов, что может привести к выходу из строя всей системы;
- ухудшение или нарушение работы устройств автоматики связи;
- выход из строя устройств компенсации реактивной мощности, перегруженных токами высших гармоник;
- увеличение погрешности измерений индукционных счетчиков электроэнергии и, таким образом, неполный учет потребляемой ЭЭ.

Все перечисленные неблагоприятные последствия приводят к увеличению числа аварий в энергосистеме, а как следствие и к увеличению затрат на эксплуатацию энергетического оборудования.

Рассмотрим влияние несинусоидальности напряжения, вызываемой статическими преобразователями, на сеть литейного цеха металлургического предприятия. При помощи программного комплекса SiminTech смоделируем действующую систему электроснабжения исследуемого объекта и на осциллограф выведем графики фазного напряжения на нелинейной нагрузке. Результаты измерений представлены на рисунке 1.

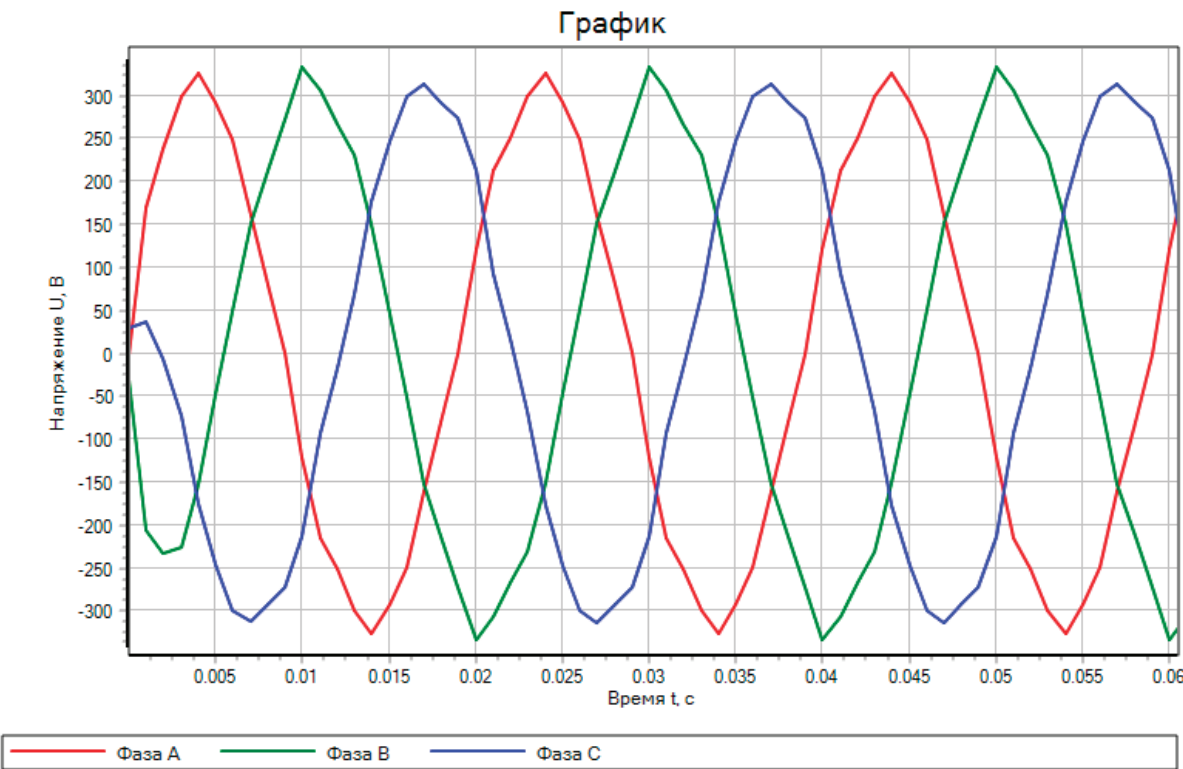


Рис. 1. Осциллограмма фазного напряжения

Из графика мы видим, что вследствие протекания гармонических составляющих в сети графики напряжения на фазах не симметричны, при чем максимальное значение напряжения — 334 В, а минимальное — 313 В. Отклонение между максимальным и минимальным значением 7 %. В таблицу 1 сведем значения гармонических составляющих 5, 7 и 11 порядка.

Таблица 1. Значения гармонических составляющих напряжения сети

U1, В	U5, %	U7, %	U11, %
389,64	6,99	6,15	3,85

По данным табл. 1 рассчитаем коэффициент 5, 7 и 11-ой гармонической составляющей напряжения и суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения по формулам (1) и (2) соответственно. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения

$K_U, \%$	$K_{U(5)}, \%$	$K_{U(7)}, \%$	$K_{U(11)}, \%$
12,15	6,99	6,15	3,85

Согласно ГОСТ 32144–2013 предельно допустимый уровень гармонических составляющих напряжения составляет 8 %. Исходя из полученных данных делаем вывод о том, что уровень гармонических составляющих напряжения исследуемого объекта превышает допустимую норму в 1,5 раза.

Для снижения уровня гармонических составляющих в дальнейшем планируется установка фильтрокомпенсирующего устройства (ФКУ). При выборе ФКУ следует учесть преимущества и недостатки активных и пассивных фильтров. Так как активные фильтры более эффективны при широком спектре гармоник, имеют высокую точность и стабильность работы, меньшие размеры в сравнении с пассивными фильтрами, прием для дальнейшей установки именно их.

Таким образом, мы убедились, что преобразователи оказывают значительное влияние на систему электроснабжения, оказывая негативное влияние на качество электроэнергии СЭС, тем самым вызывая дополнительные потери электроэнергии, ускоренное старение изоляции электрооборудования и сокращение его срока службы.

Литература:

1. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 4. Линейные электрические цепи несинусоидального тока: 62 учебное пособие / В. Ю. Нейман; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск: НГТУ, 2011. — 182 с. — ISBN 978-5-7782-1821-5
2. ГОСТ 32144–2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, ГОСТ от 22 июля 2013 года № 32144 2013.
3. Чернова, Н. В. Методики определения потерь электроэнергии в системах электроснабжения напряжением до 10 кВ // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук — Казань, 2006.

Опыт ускоренной разработки технической документации сложных технических изделий

Пономарева Анастасия Викторовна, инженер второй категории;
Шершакова Татьяна Викторовна, инженер-электроник первой категории
АО «Научно-производственное предприятие «Рубин» (г. Пенза)

Рассмотрена задача создания методик проверок системы электропитания машин управления из состава комплекса средств автоматизированного управления артиллерией ВДВ на правильность выполнения автоматического изменения конфигураций в вариативных режимах работы и от различных источников электроэнергии. Непростая задача разработки методик проверок на этапах разработки изделия заключается в высокой сложности разрабатываемой технической системы, отсутствии реального изделия и необходимой технической документации. Предложено решение задачи, заключающееся в применении специализированного программного обеспечения, построенного на основе математического аппарата правил продукций, позволяющего имитировать работу радиоэлектронной аппаратуры системы электропитания. Показаны положительные результаты применения имитационных моделей радиоэлектронной аппаратуры в разработке методик проверок сложных технических систем.

Ключевые слова: автоматизация, методики проверки, реконфигурирование, система электропитания, имитационная модель.

Национальная безопасность Российской Федерации зависит от степени развития ее оборонно-промышленного комплекса (ОПК), важнейшее назначение которого — обеспечение новейшими образцами вооружения вооруженных сил, специальной и военной техники. Министерство обороны Российской Федерации для выполнения этой задачи ежегодно организует проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (ОКР) предприятиями ОПК.

В ходе выполнения ОКР создаются не только действующие образцы вооружения, военной и специальной техники, но и эксплуатационная и техническая документация. Особенность этой работы состоит в том, что документация, в которой отражены правила работы с изделием и методики его проверок разрабатывается до появления действующего образца. В случае создания сложных технических систем, к их разработке привлекается большое количество различных специалистов (инженеры системотехники, электроники, связисты, конструктора, программисты и т. д.) у каждого из которых свое видение и понимание общей системы, которое, как правило, сложно оформлено и сформулировано в виде конкретных технических документов.

Поэтому разработка методик проверок вновь создаваемых сложных технических систем на соответствие требованиям технического задания является чрезвычайно сложной задачей, потому что ее нужно разработать до появления действующего опытного образца, на котором можно опробовать полученные методики.

В ходе проведения ОКР «Завет-Д» АО «НПП «Рубин» разработало комплекс средств автоматизированного управления артиллерией ВДВ (КСАУ-А ВДВ), предназначенного для автоматизации управления противотанкового дивизиона (батареи) ВДВ, минометной батареи, артиллерийских дивизионов (батареи) гусеничной и буксируемой артиллерии, а также взводов управления и артиллерийской разведки всех артиллерийских формирований из состава соединения (части) ВДВ.

Разработка методик проверок машин управления, представляющих собой сложные технические системы, проводилась по трем основным направлениям, поскольку с позиции системотехники, любая машина управления КСАУ-А ВДВ состоит из трех составных частей: системы электропитания (СЭП) [1], информационно-вычислительной системы [2] и системы связи [3]. По обеспечению надежности и качества выполнения назначенных функций к каждой из них предъявляются жесткие требования.

Наиболее не простой для реализации и контроля функцией СЭП является автоматизация процесса реконфигурирования системы электропитания бортовой РЭА машин управления в различных режимах работы, от разных источников электроэнергии, как на стоянке, так и в движении.

Специалистами АО «НПП «Рубин» успешная реализация указанной функции достигнута за счет разработки и введения в структуру системы электропитания интеллектуальной системы управления (Изделие П910) [1].

Для проведения наладки и обеспечения контроля функционирования СЭП на первом опытном образце машины управления разработано специализированное программное обеспечение [4], предназначенное для проверки корректного выполнения основных функций автоматизированной бортовой СЭП серийно изготавливаемых машина управления КСАУ-А ВДВ.

Корректность выполнения основных функций определяется пользователем визуально, путем сличения реакции программы имитационного моделирования и проверяемой автоматизированной бортовой системы электропитания на тестовые сигналы, имитирующие изменение функционального состояния составных элементов проверяемой системы.

Рассматриваемое программное обеспечение [4], кроме того, было полезным для разработки методик проверок СЭП машин управления КСАУ-А ВДВ на соответствие требованиям технического задания, до появления действующего опытного образца, поскольку его применение позволило сократить время разработки методик проверок и снизить количество неточностей в них.

Программное обеспечение [4] создано на основе математического аппарата правил продукций, поскольку в результате проведения анализа различных моделей представления знаний, рассмотренных в работах отечественных [5, 6] и зарубежных авторов [7, 8], эта модель оказалась наиболее подходящей для решения поставленной задачи — имитация процесса реконфигурирования СЭП машин управления КСАУ-А ВДВ.

Главным достоинством продукционной модели знаний является совпадение логического вывода суждениям человека, однако есть и существенный недостаток — при накоплении большого количества (порядка нескольких сотен) продукций они начинают противоречить друг другу [5, 6]. Приходится усложнять систему путем включения в неё различные средства разрешения противоречий — эвристические механизмы исключений, правила по глубине, правила по приоритету, возврата и т. п., что, в итоге, компенсирует достоинство данной модели.

Продукционная модель представления знаний имеет общий вид

$$(n_i) A \rightarrow B; N, \quad (1)$$

где (n_i) — имя продукции; $A \rightarrow B$ — ядро продукции в импликативной логической форме «Если A , то B »; N — пост-условие выполнения продукции.

Для адаптации модели (1) к предметной области управления электропитанием назовем ядру продукции функцию определения реакции системы на внешние параметры. Внешними параметрами (A) системы будут параметры источников электропитания, а реакцией системы (B) — реконфигурация СЭП за счет коммутации линий электропитания.

Значения параметров источников электропитания записываются в виде таблицы, формируя базу данных, каждая строка которой имеет вид

$$F_{k1} \vee, F_{k2} \wedge F_{k3} \vee F_{k4} \wedge \dots \vee F_{ki},$$

где F_{ki} — факты-условия (консеквенты), принимающие значения «false» и «true», агрегатированные связками \wedge и \vee («и» и «или»).

Состояния линий электропитания (скоммутировано/раскоммутировано) записываются в виде таблицы, формируя базу данных (БД), каждая строка которой имеет вид

$$F_{a1}; F_{a2}; F_{a3}; \dots F_{ai},$$

где F_{ai} — факты-заключения (аксеседенты), отражающие состояние конкретной линии, принимающие значения «false» и «true».

Таким образом, выражение (1) для каждой продукции (правила) ИСУ электропитанием имеет вид

$$(n_i) (F_{k1} \vee, F_{k2} \wedge F_{k3} \vee F_{k4} \wedge \dots \vee F_{ki}) \rightarrow (F_{a1}; F_{a2}; F_{a3}; \dots F_{ai}); N, \quad (2)$$

Набор продукций (правил), однозначно ставящих в соответствие все возможные состояния параметров источников электропитания различным вариантам конфигураций СЭП, формирует базу правил (БП).

Параметр N (постусловие выполнения продукции) необходим для выполнения действий, обязательных для данной продукции, но не входящих в ее ядро.

Параметр ni (имя продукции) необходим для идентификации конкретной продукции (правила) в сформированном наборе, является «технологическим» параметром, используемым для отладки. В качестве имени продукции (правила) используется ее порядковый номер в БП.

Разработанное программное обеспечение обладает понятным графическим интерфейсом, отображающим текущие состояние (вкл. / откл.) составных частей бортовой системы электропитания и их параметры, что позволяет наиболее полно проводить контроль работоспособности серийно изготавливаемых изделий (рис. 1).

Применение программы имитационного моделирования работы автоматизированной бортовой СЭП подвижных единиц специального назначения в разработке методик проверок СЭП машин управления КСАУ-А ВДВ в рамках выполнения ОКР «Завет-Д» позволило:

- снизить количество неточностей при разработке методик проверок, за счет подробной визуализации процессов, протекающих в сложной технической системе (СЭП).
- сократить время разработки методик проверок за счет структурирования знаний различных технических специалистов о сложной технической системе в одной имитационной модели.

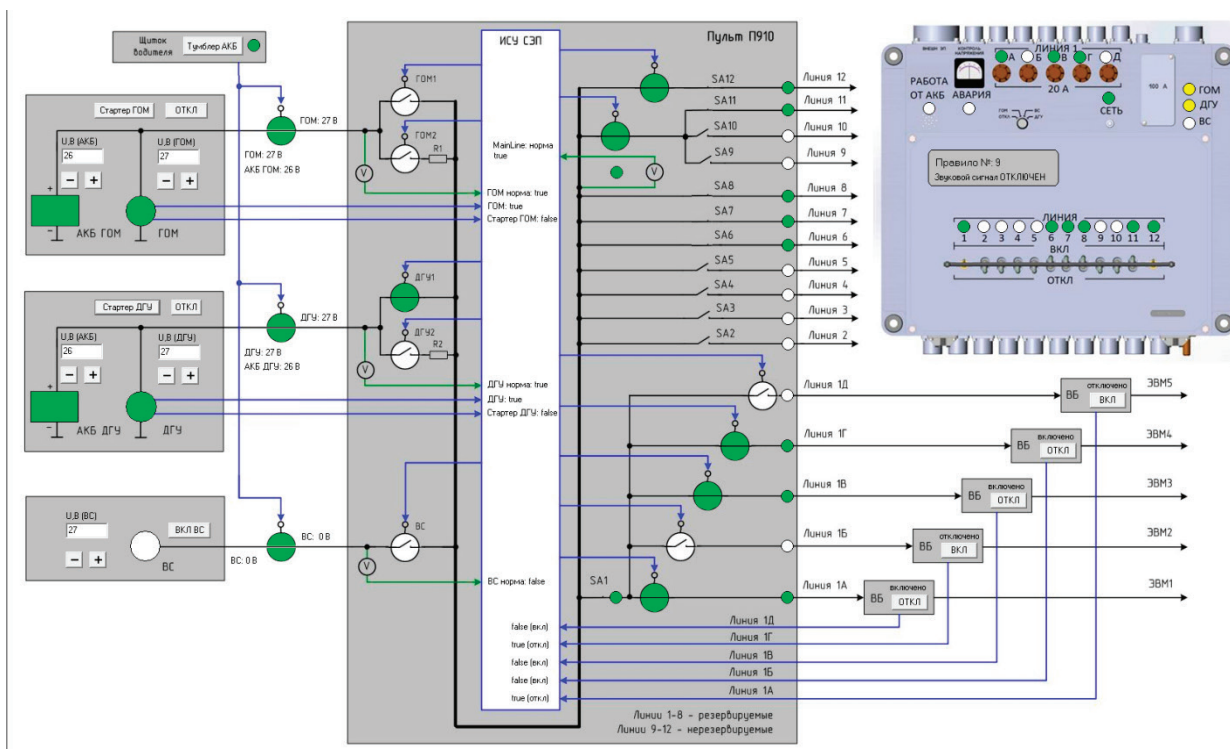


Рис. 1. Экранная форма программы имитационного моделирования работы автоматизированной бортовой СЭП подвижных единиц специального назначения

Литература:

1. Затылкин А. В. Модель представления знаний интеллектуальной системы управления электропитанием машин управления специального назначения / А. В. Затылкин, Д. А. Голушко, Е. В. Кожухов // Радиопромышленность. 2020. Т. 30, № 1. С. 37–46. DOI: 10.21778/2413–9599–2020–30–1–37–46.
2. Ганин, А. А. Схема построения информационно-вычислительной системы машин управления комплекса средств автоматизированного управления артиллерией ВДВ / А. А. Ганин // Вопросы радиоэлектроники. — 2017. — № 12. — С. 23–27.
3. Ганин, А. А. Вопросы построения телекоммуникационной системы связи и передачи данных самоходного артиллерийского дивизиона воздушно-десантных войск / А. А. Ганин, М. В. Череватенко, Е. А. Питиков // Вопросы радиоэлектроники. — 2018. — № 12. — С. 6–9.
4. Программа имитационного моделирования работы автоматизированной бортовой системы электропитания подвижных единиц специального назначения: свидетельство № 2019662516 / Затылкин А. В., Голушко Д. А., Вареник Ю. А., Мишанин А. С., Медведев А. С. — № 2019661356; заявл. 13.09.2019.

5. Остроух, А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: Монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. 370 с.
6. Суркова, Н. Е. Методология структурного проектирования информационных систем: монография / Н. Е. Суркова, А. В. Остроух. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2014. — 190 с.
7. Люггер, Д. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем /Д. Ф. Люггер// М.: Вильямс, 2003. — 864 с.
8. Джексон, П. Введение в экспертные системы / П. Джексон // 3-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 624 с.

Повышение долговечности колесных пар подвижного состава

Соболева Ирина Юрьевна, доцент;

Нигаи Родион Павлович, кандидат технических наук, доцент;

Эргашева Василя Валижоновна, старший преподаватель

Ташкентский государственный транспортный университет (Узбекистан)

В целях уменьшения интенсивности износа поверхности катания колесных пар после ремонта в данной работе рассмотрены вопросы повышения твердости поверхности катания бандажа колесной пары после механической обточки накаткой на специальной установке. Установка позволяет специальным бойком создать определенные усилия на поверхность катания бандажа колеса, деформировать поверхностный слой на определенную глубину, тем самым повысить твердость деформированной поверхности.

Ключевые слова: поверхность катания, колесо, упрочнение, износ, рельс, скорость, безопасность

Взаимодействие колеса и рельса является физической основой движения подвижного состава по железным дорогам. От параметров этого взаимодействия во многом зависят безопасность движения и основные технико-экономические показатели хозяйств пути и подвижного состава.

Интенсивный износ колесных пар является актуальной проблемой для подвижного состава железных дорог Узбекистана. Большое внимание должно быть обращено на повышение надежности и долговечности колес подвижного состава, от работоспособности которых во многом зависит безопасность движения и стоимость ремонта колесных пар. Внедрение современных технологий в области увеличения долговечности колесных пар подвижного состава обеспечит значительное улучшение качественных показателей работы железнодорожного транспорта, экономию валютных средств.

Большое влияние на условия работы колесных пар оказывают возрастающие скорости движения поездов. Увеличение скорости движения приводит к росту динамических нагрузок на колесные пары и появлению высокочастотных колебаний на участках с большой жесткостью пути. Возрастание нагрузок от колесной пары, максимально реализуемой силы тяги и скорости приводило к повышению напряженного состояния рельсов и колес, что еще более увеличило износ колес и рельсов.

Сужение рельсовой колеи привело к уменьшению среднего зазора между рабочими гранями колеса и головки рельса. Это позволило увеличить допускаемые скорости движения поездов, но и вызвало возрастание интенсивности износа гребней подвижного состава и внутренних граней головок рельсов. При ширине колеи 1524 мм,

в процессе эксплуатации колесных пар сначала нарастал прокат по кругу катания без существенного уменьшения толщины гребня, и лишь при значениях проката, близких к предельно допустимому, отмечалось возрастание интенсивности изнашивания гребня. После изменения колеи до 1520 мм износ гребня стал опережать нарастание проката. На рисунке 1 изображено положение колесных пар локомотива или вагона и рельса при ширине колеи 1524 и 1520 мм, а также характер износа и количество удаленного металла с колесной пары при обточке [2]. Это привело, кроме возрастания интенсивности износа гребня, к существенному учащению обнаружения остроконечного наката и к возникновению нового типа повреждения колес — опасной формы гребня.

В сложившейся ситуации было принято решение, не отличающееся системным подходом к проблеме, а именно была в одностороннем порядке повышена твердость рельсов, притом, что твердость рабочих поверхностей колес была оставлена прежней. По мере укладки новых объемно-закаленных рельсов еще более повысилась интенсивность изнашивания рабочих граней гребней колес. На рисунке 2 представлена диаграмма структуры обточек колесных пар по эксплуатационному парку локомотивов.

И очевидно, что с ростом удельного объемно закаленных рельсов возрастает и число обточек по износу гребня. Таким образом, решение проблемы износа колес и рельсов может быть только комплексным, включающим в себя наиболее успешные решения во всех направлениях.

Рассмотрим существующие в настоящее время направления снижения интенсивности изнашивания колес тя-

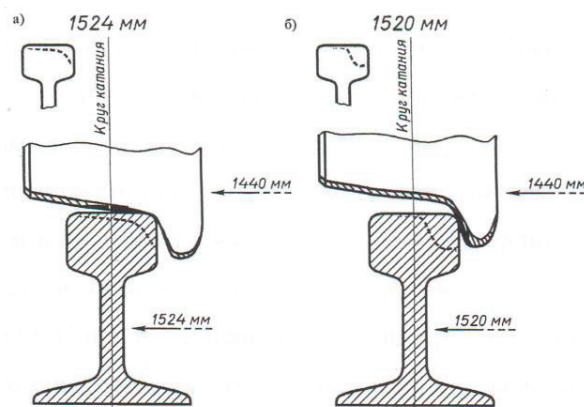


Рис. 1. Положение колесной пары и рельса при ширине рельсовой колеи 1524 и 1520 мм

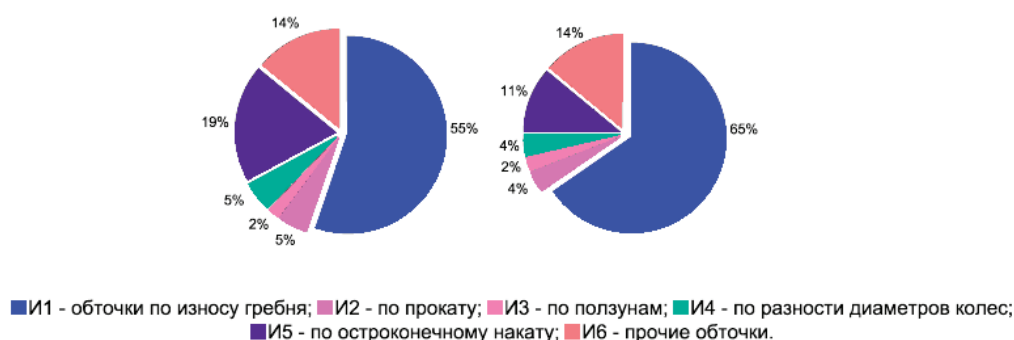


Рис. 2. Структура обточек колесных пар по эксплуатационному парку локомотивов

гового подвижного состава. Для упрочнения гребней бандажей колесных пар локомотивов разработаны и используются три технологии: лазерная, плазменная и электроконтактная [3]. Применение первых двух фактически сводится к закалке металла, так как осуществляется сначала его нагрев на поверхности постоянно действующим источником тепла (лазерным лучом или струей плазмы) до температур выше критической (740 °C), а затем последующее быстрое охлаждение путем отвода тепла вглубь металла. С другой стороны, повысить механические свойства металла можно не только путем его закалки, но и за счет получения высокодисперсной структуры. Обеспечивает такую структуру применение электроконтактного упрочнения — модификации поверхностного слоя. Суть процесса модификации состоит в получении мелкозернистой структуры термоциклированием с нагревом материала в диапазоне температур 727–740 °C и отпуском в интервале температур, когда может быть получен требуемый уровень прочности и пластичности одновременно. Все три технологии требуют высокой квалификации обслуживающего персонала. Оборудование, используемое для представленных технологий, требует особых условий и достаточно дорогостоящее. Кроме того, представленные технологии позволяют упрочнять только гребень бандажа.

Метод лубрикации, т. е. подача смазки в зону контакта гребня колеса с рельсом нашла широкое применение во многих странах. Большое распространение получили путевые лубрикаторы — опыты по применению локомо-

тивных гребнесмазывателей нельзя признать вполне удачными из-за несовершенства их конструкции, а именно из-за попадания смазки на поверхность катания, что вызывает резкое снижение силы сцепления. В целом следует признать, что введение лубрикации хотя и снижает интенсивность изнашивания гребней, но не решает проблему кардинально.

Анализируя график кривой интенсивности изнашивания деталей, работающих в паре трения (рис. 3), можно выделить три стадии: 1 — приработка, 2 — установившееся изнашивание, 3 — ускоренное изнашивание. Первая стадия характеризуется ростом интенсивности изнашивания, что объясняется малой площадью контакта поверхности и большими контактными нагрузками вследствие этого. В конце стадии приработки устанавливается равновесная, стабильная шероховатость поверхности. В стадии установившегося изнашивания интенсивность изнашивания невелика и постоянна по величине.

При ухудшении условий работы может наблюдаться и третья стадия — ускоренное изнашивание. Также и в системе «колес-рельс». При взаимодействии колеса с рельсом вначале приработки (после обточки) период интенсивного износа составляет приблизительно 12 тыс. км. Затем наступает период равномерного изнашивания и составляет около 100 тыс. км. Поэтому требовалось найти способ увеличения зоны равномерного изнашивания за счет уменьшения зоны приработки (интенсивного изнашивания).

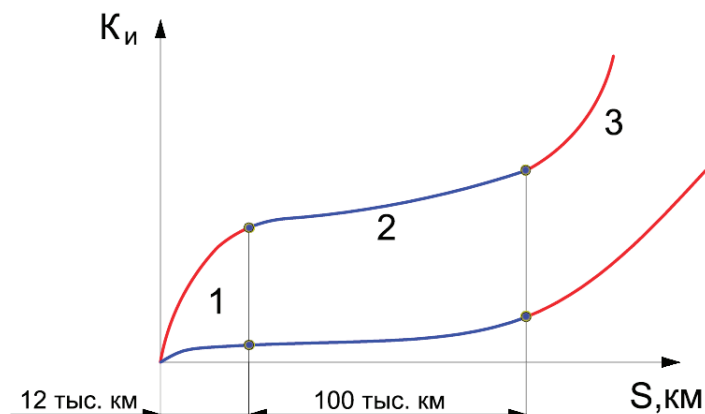


Рис. 3. Общий вид кривой изнашивания любой поверхности: 1 — стадия приработки; 2 — стадия равномерного изнашивания; 3 — стадия ускоренного изнашивания; K_i — интенсивность изнашивания

Для этого предлагается метод, позволяющий выполнять упрочнение поверхности бандажей после механической обработки, т. е. после обточки, тем самым снизить интенсивность износа, который в начале приработки проходит наиболее интенсивно, таким образом способствовать увеличению периодичности обточки поверхности катания колес, а следовательно, увеличению срока службы колесных пар. Физическая основа упрочнения поверхности заключается в том, что повышается твердость, предел текучести, вызывает появление в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия, что повышает усталостную прочность. Для этого была разработана конструкция установки для глубинного упрочнения поверхности катания колесных пар локомотивов [4].

Процесс глубинного упрочнения поверхностных слоев бандажей колесных пар локомотивов реализуется за счет локальных воздействий импульсных контактных

напряжений, превышающих в 2–3 раза пределы прочности материалов, используемых для изготовления бандажей.

Таким образом, для увеличения ресурса эксплуатирующихся колес и сокращения потребностей железнодорожного транспорта в новых колесах в процессе ремонта целесообразно использовать не только экономичные способы восстановления геометрических параметров обода (точение с индукционным отжигом, врезное профильное высокоскоростное шлифование, плазменно-механическую обработку), но так же восстанавливать и физико-механические свойства металла профиля поверхности обода колеса с применением глубинного упрочнения поверхностей катания бандажей колесных пар за счет локальных воздействий импульсных контактных напряжений. А это прямо или косвенно влияет на безопасность движения и работоспособность колес.

Литература:

1. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава./Под ред. М. Ф. Вериго.- М.: Транспорт, 1986. — 559 с.
2. Воробье А. А. Совершенствование технологии восстановления колесных пар повышенной твердости/ Дис. кан. техн. наук — Санкт-Петербург: ПГУПС, 2005. — 180 с.
3. Петров С. Ю., Костюкевич А. И., Рябов А. А. упрочнение гребней и снижение износа колесных пар. / Мир транспорта (2), 2013, с. 62–69.
4. Соболева И. Ю. Уменьшение износа поверхности катания колесных пар механическим упрочнением / Файзибаев Ш. С., Соболева И. Ю., Нигай Р. П., Рахмиддинов И. О., Шоисаев А. А. Сборник материалов IX Международной научно-технической конференции Локомотивы. Электрический транспорт — XXI век (15–17 мая 2024 г.) / ПГУПС. Санкт-Петербург, 2024, с. 393–398.
5. Файзибаев Ш. С., Соболева И. Ю., Шоисаева М. Ш. Процесс восстановления поверхности катания бандажей колесных пар // Актуальные вопросы современной науки: теория, методология, практика, инноватика: материалы XIII Международной научно-практической конференции /Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2023, с. 263–26.

Энергетическое завтра: баланс технологий и природной среды

Файзиев Азиз Эркинович, руководитель Управления планирования и финансово-экономического анализа закупок
Международная нефтесервисная компания «ERIELL Group» (г. Ташкент, Узбекистан)

Статья посвящена анализу современного состояния глобальной энергетики и оценке перспектив её дальнейшего развития. Подробно рассмотрены основные парадигмы, в рамках которых предлагаются различные варианты решения энергетической проблемы. Предметом анализа стали современные тенденции в развитии традиционной и альтернативной энергетики. Особое внимание уделено набирающим силу процессам децентрализации энергосистем в условиях меняющейся структуры спроса и появления новых категорий потребителей. По итогам исследования представлена авторская версия картины энергетического будущего.

Ключевые слова: глобальный энергетический кризис, климатические изменения, углеводородная энергетика, декарбонизация, возобновляемые источники энергии, водородная энергетика, малые модульные реакторы, энергоэффективность, децентрализованная генерация, интернет энергии.

Прежде, чем спорить, давайте считать.

Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646–1716) — выдающийся немецкий философ, логик, математик, механик, физик, юрист, историк, дипломат, изобретатель и языковед, универсальный гений

Глобальная энергетическая проблема

Энергетическая проблема является одним из критических вызовов XXI века. В условиях постепенного отказа от использования ископаемого топлива необходимо обеспечивать растущие потребности в энергии, достаточные для поддержания устойчивого экономического роста, покончить с энергетической бедностью¹ и создать условия для более долгой и продуктивной жизни людей. При этом давление энергетической сферы на природу должно быть сведено до минимума.

Учёными и специалистами решение проблемы предлагается в рамках различных моделей или парадигм², в каждой из которых минимизация углеродного следа энергетики является важнейшим приоритетом. Условно их можно классифицировать следующим образом:

1. *Традиционная парадигма.* В качестве первоочередной ставится задача комплексного обновления всей углеводородной энергетики с целью её максимальной декарбонизации³. Это предполагает, во-первых, настройку технологий добычи, транспортировки и последующего использования ископаемого топлива под новые экологические стандарты и, во-вторых, производство из него энергии, полностью удовлетворяющей требованиям как базовой, так и регулирующей генерации. Важной составляющей углеводородной энергетики должны стать по-

стоянно обновляющиеся технологии улавливания и хранения углерода (Carbon Capture and Storage, CCS).

2. *Парадигма возобновляемых источников энергии (ВИЭ).* Рассматривает переход на солнечную, ветровую, гидро- и биоэнергетику как единственно верный путь к минимизации негативных воздействий на окружающую среду. В основе этой парадигмы лежит абсолютная убежденность в том, что нынешние климатические изменения вызваны исключительно воздействием антропогенных факторов⁴, нарушивших естественный ход эволюции геосферы. Эта точка зрения принята большинством учёных. Однако есть и те, кто оспаривает такое мнение. Скорее всего, климатические изменения являются результатом совместного действия природных причин и человека, а вот вопрос о том, как эти причины соотносятся друг с другом и какая из них доминирует, является предметом сложных научных исследований.

Как бы то ни было, сама идея резкого наращивания использования ВИЭ уже даёт весьма существенные результаты. Но, в силу ряда причин, на которых мы подробно остановимся ниже, ВИЭ не способны полностью заменить остальные источники энергии. Они просто займут свою естественную нишу, не претендуя на решение всех энергетических проблем человечества. Движение будет происходить в соответствии с «кривой зрелости» любой технологии: от «пика популярности» к фазе «избавления от иллюзий» и, далее – в «долину разочарований».

¹ Энергетическая бедность — это полное отсутствие энергии, либо отсутствие её достаточного количества для того, чтобы изменить свою жизнь к лучшему. (Здесь и далее все примечания автора статьи. — А.Ф.).

² Парадигма — исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения. Парадигмы сменяются, когда старые подходы не обеспечивают решения новых проблем.

³ Декарбонизация — сокращение выбросов углекислого газа. В рамках рассматриваемой парадигмы эта цель должна достигаться без ущерба для общей эффективности и конкурентоспособности углеводородной энергетики.

⁴ Антропогенные факторы — связанные с человеком и происходящие от человека и его деятельности явления окружающего мира.

3. *Инновационная парадигма.* Она основывается на идее о необходимости развития новых технологий, базирующихся на инновационных подходах. В качестве приоритетов обозначены разработки в области управляемого термоядерного синтеза, развитие водородной энергетики и широкое применение малых модульных ядерных реакторов (Small Medium Reactor, SMR). Освоение этих технологий рассматривается как потенциал прорыва на пути к полному отказу от ископаемых энергоресурсов в долгосрочной перспективе.

4. *Парадигма энергоэффективности.* В рамках этой парадигмы энергоэффективность понимается как сокращение энергозатрат на всех стадиях производства, распределения и потребления энергии без снижения эффективности технологических процессов в производственной сфере и без ущерба для уровня комфорта на гражданских объектах. Такой подход открывает доступ к «пятому виду топлива», представляющему собой результат рационального использования энергии. Главной задачей является снижение удельной энергоёмкости конечного продукта и минимизация карбонового следа энергетики. Магистральное направление — переход от утрачивающих свою эффективность традиционных энергосистем к децентрализованным энергосистемам будущего. Они будут основываться на оптимальном сочетании различных источников генерации при максимальном использовании местных ВИЭ с учётом многообразия природных зон и регионов. Подобный синтез вариативных подходов, основанный на синергетических⁵ принципах, позволит создать гибкую и, в то же время, устойчивую энергосистему будущего.

Разработка оптимальной энергетической стратегии всегда требует комплексных решений, учитывающих технологические возможности, экологические, экономические, политические и социальные факторы. В рамках статьи сделана попытка дать общую панораму современной энергетики и заглянуть в её будущее. Речь пойдёт лишь о наиболее вероятных, на наш взгляд, *тенденциях* развития, так как состояние неопределённости, в котором находится современный мир, делает несбыточными любые детализированные прогнозы.

Традиционная парадигма и перспективы углеводородной энергетики

Эта тема настолько актуальна и многогранна, что требует к себе более пристального внимания. А начнём мы с вопроса о происхождении нефти, а, значит, и вообще всех (помимо угля) ископаемых углеводородов (УВ). От

его окончательного решения зависит реалистичность многих прогнозов будущего глобальной энергетики. Итак, *биогенная* (органическая) теория утверждает, что нефть образовалась из остатков древних растений и животных, подвергшихся длительным процессам преобразования под воздействием давления и температуры в осадочных породах. *Абиогенная* (неорганическая) теория предполагает, что нефть имеет неорганическое происхождение. Образуюсь на больших глубинах (в мантии), она мигрирует затем к верхним слоям земной коры через тектонические разломы.

Важно подчеркнуть, что здесь мы имеем дело не только с различиями в концептуальных подходах, но и с кардинальными расхождениями в практических следствиях каждой из теорий. Биогенная теория изначально предполагает *ограниченность* запасов ископаемых УВ, их невозобновляемость, тогда как абиогенная теория рассматривает ископаемые УВ в качестве возобновляемого и практически *неисчерпаемого* ресурса.

Биогенная теория зародилась в XVIII веке благодаря трудам Михаила Ломоносова (1711–1765). В своей работе «О слоях земных» (1763) он предположил, что нефть образуется из органических веществ, которые подвергаются преобразованию под воздействием давления, температуры и времени в осадочных породах, таких как сланцы или известняки [1]. В XX столетии американский геолог и химик Джон Хант (*John M. Hunt*) продолжил развивать идею биогенного происхождения нефти, показав, что живая материя и нефть сходны по элементному и изотопному составу [2]. Одно из последних своих подтверждений теория получила в исследованиях биомаркеров⁶ нефти, ставших возможными благодаря появлению и развитию хроматографии и масс-спектрометрии в 1960–1970-х гг.

Главными аргументами в пользу биогенной теории являются:

Геологические данные. Около 98–99 % всех разведанных запасов нефти и газа сосредоточено в осадочных породах, в которых, согласно теории, и происходит преобразование древнего органического вещества.

Биомаркеры. В нефти обнаружены молекулы, являющиеся следами живших в отдалённые эпохи организмов (гемы⁷ и углеводороды стерольного типа⁸).

Эксперименты. Лабораторные исследования подтвердили возможность синтеза углеводородов из органических остатков при высоком давлении и температуре.

Вторая идея – о минеральном происхождении нефти, впервые была высказана знаменитым немецким естествоиспытателем А. Гумбольдтом в 1805 г. В виде завершённой

⁵ Синергия — интеграция отдельных составляющих в систему, приобретающую свойства, не присущие каждой из этих составляющих порознь, и при этом обладающую эффективностью, существенно превосходящей эффект от каждого отдельно взятого компонента, а также их суммарный эффект, как результат простого сложения.

⁶ Биомаркеры — это органические соединения с определённым углеродным скелетом, который может быть связан с известным биологическим предшественником.

⁷ Гемы (от др.-греч. *αἷμα* — «кровь») - промежуточный продукт метаболизма гемоглобина.

⁸ Природные органические соединения растительного и животного происхождения.

концепции абиогенная теория была представлена в 1877 году Дмитрием Менделеевым. Он предположил, что нефть возникает в результате реакции паров воды с карбидами металлов ядра Земли [3]. Своё продолжение эта теория получила в работах Томаса Голда (*Thomas Gold*). В книге «Глубокая горячая биосфера» («*The deep hot biosphere*»), предисловие к которой написал Фримен Дайсон (*Freeman John Dyson*)⁹, он представил свою модель происхождения углеводородов. Согласно Голду, углеводороды изначально находятся на больших глубинах, а их миграция к поверхности – это естественный геологический процесс, связанный с тектонической активностью. Углеводородные запасы неисчерпаемы, поскольку восполняются за счёт происходящих в мантии процессов. В качестве аргумента им приводятся данные о наличии УВ на космических телах Солнечной системы и в астероидах, что подтверждает возможность их существования независимо от органической жизни [4]. Близкой к Голду точки зрения придерживается академик А. А. Маракушев¹⁰, предположивший, что ископаемые углеводороды образуются в результате дегазации Земли, т. е. выхода газов (главным образом водорода) из мантии. Их выделение происходит скачкообразно, импульсами и связано с резкими изменениями давления и температуры в недрах. Такими процессами можно объяснить, почему некоторые месторождения нефти восполняются со временем¹¹. Лабораторные эксперименты подтвердили возможность синтеза углеводородов из неорганического вещества в условиях, аналогичных существующим в мантии Земли. Анализы вулканических газов показали наличие в них метана и некоторых других углеводородов, что также доказывает их глубинное происхождение. Сейчас различными учёными ведутся активные исследования, направленные на изучение связи между водородной дегазацией Земли и процессами образования нефти. При этом рассматриваются как неорганические, так и биогенные аспекты этого явления.

Происхождение открытых в последнее время гигантских сверхглубоких нефтегазовых залежей на глубинах свыше 8 км (а это значительно глубже «нефтяного окна»¹²), сложно объяснить в рамках концепции биогенного происхождения УВ. А вот концепция абиогенного, глубинного происхождения УВ дает простое и логичное объяснение существованию этих залежей [5].

Таким образом, каждая из обеих теорий имеет в своём распоряжении довольно убедительные аргументы, чем

и объясняется накал ведущейся по этому поводу научной полемики. В целом же современные исследователи придерживаются некоего компромисса: часть углеводородов действительно может иметь абиогенное происхождение, но основная масса нефти и газа образована биогенным путём.

Углеводородная энергетика, базирующаяся на мощном сырьевом и технологическом фундаменте, продолжит оставаться ключевой частью энергобаланса на протяжении ещё многих десятилетий. Дальнейшее её развитие будет сосредоточено на повышении КПД тепловых электростанций (ТЭС) и совершенствовании технологий декарбонизации. Однако доминирование ископаемых УВ будет постепенно сокращаться под влиянием экологических требований, технологических инноваций и неценовых факторов спроса.

Ставка на возобновляемые источники энергии

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), которые ещё совсем недавно не воспринимались всерьёз, стали сегодня экономической реальностью и поставляют на рынок огромные количества относительно недорогой электроэнергии. «Стоимость 1 киловатт-часа электроэнергии от новых ветроэлектростанций в 2020 году составляла от 2,6 цента, от солнечных электростанций — от 2,9 цента. Для новых газовых и угольных электростанций значения этого показателя начинались от 4,4 цента и 6,5 цента соответственно. Именно поэтому в последние годы солнечная и ветровая энергетика стали самыми динамично развивающимися отраслями как в секторе ВИЭ, так и в энергетике в целом». [6, с. 90].

Сегодня ежегодный мировой прирост установленных мощностей вновь вводимых солнечных и ветряных электростанций превышает мощность всей энергосистемы России. Мир переживает настоящий бум¹³ «зелёной» энергетики. На сегодняшний день глобальный объём её рынка оценивается в 1 триллион долларов США.

Несомненными плюсами электростанций на ВИЭ являются их экологичность, практически неисчерпаемые и бесплатные ресурсы, возможность локализации в регионах, малопригодных для традиционной энергетики. Но практика использования ВИЭ обозначила и круг существенных проблем. Ключевой из них является интермиттентность¹⁴ главных игроков «зелёной» энергетики, не позволяющая использовать их в качестве базовых

⁹ Фримен Джон Дайсон — американский физик-теоретик, один из создателей квантовой электродинамики. Член Лондонского королевского общества и Национальной академии наук США, иностранный член Российской академии наук.

¹⁰ Маракушев Алексей Александрович — советский и российский учёный, академик Российской академии наук, заслуженный профессор МГУ, почётный профессор Китайского геологического университета.

¹¹ Существуют различные гипотезы, объясняющие восполнение запасов нефти. Одни учёные связывают этот феномен с глубинными процессами и водородной дегазацией, другие — с миграцией углеводородов из соседних участков. Дискуссии продолжаются, и каждая версия имеет своих сторонников и оппонентов.

¹² «Нефтяное окно» — современный научный термин, обозначающий необходимые условия для превращения органики в нефть. Ему соответствуют следующие параметры: глубина 1,5–6 км., температура от 70 до 190 градусов по Цельсию.

¹³ Бум (англ. *boom* — подъем) — кратковременный, иногда искусственно возбуждаемый подъем производства, торговли, деловой активности.

¹⁴ Интермиттентность в энергетике — это непостоянство выработки электроэнергии за счёт возобновляемых источников, обусловленное природными факторами (погодой, временем суток, сезонностью).

Таблица 1. Специфика основных составляющих возобновляемой энергетики

ВИЭ	Этапы освоения	Тенденции развития	Обозримая перспектива	Ограничения
Солнечная энергия	От солнечных печей XVII века до солнечных батарей на основе фотоэлектрического эффекта	Рост КПД солнечных панелей. Разработка новых технологий накопления и хранения энергии	Становление в качестве одного из ведущих источников глобальной энергетики	Зависимость от времени суток, погоды и интенсивности солнечной радиации. Необходимость больших площадей для установки панелей. Географические ограничения. Высокая материалоемкость. Проблемы с утилизацией солнечных панелей
Ветровая энергия	Первые ветряные мельницы появились в Персии в VII веке. Сейчас силой ветра производится около 8 % мировой электроэнергии	Разработка новых типов турбин. Переход к оффшорным (морским) ветропаркам. Интеграция с другими источниками энергии	Преобладающее развитие в прибрежных регионах, горных и предгорных районах, наиболее подходящих для ветровой генерации. Становление отрасли в качестве важной составляющей глобальной энергетики	Зависимость от ветровых условий. Конфликт с природоохранными зонами. Запреты на установку в густонаселенных регионах. Высокая материалоемкость. Проблемы с утилизацией элементов ВЭС
Энергия потоков воды	От первых гидротурбин XIX века до самой мощной в мире электростанции Three Gorges Dam на реке Янцзы в Китае. Её мощность составила 22,5 гигаватта, а стоимость – более 39 млрд. долларов (2006 г.)	Акцент на малых и микро-ГЭС	Строительство новых ГЭС главным образом в горных районах с затоплением менее заселённых и плодородных территорий. Горные районы лучше всего подходят для создания гибридных энергетических систем, сглаживающих нестабильность солнечной и ветровой генерации	Затопление территорий, переселение населения, разрушение экосистем рек. Изменение режима водных стоков из-за климатических колебаний. Ограниченный потенциал для строительства новых крупных ГЭС
Геотермальная энергия	В Исландии геотермальная энергия горячих источников служила для обогрева домов и теплиц с XIII века. В настоящее время развиваются системы расширенной геотермальной энергии (EGS), использующие тепло глубоких (5–10 км.) пластов Земли	Глубокое бурение и управление высокотемпературными ресурсами	За счёт стабильной генерации, не зависящей от погодных условий, сможет обеспечивать полностью автономное энергоснабжение отдельно взятых регионов. По данным Международного энергетического агентства (IEA) геотермальная энергия способна покрывать до 8 % мирового энергобаланса к 2050 году	Географические ограничения, высокая стоимость, технологические сложности и экологические риски
Энергия биомассы	От использования древесины для получения огня до биогазовых установок и производства биоэтанола	Обновление технологий, поиск альтернативных источников биоэнергии	Как локальное решение для сельских и аграрных регионов энергия биомассы может быть востребована ещё многие десятилетия	Конкуренция «энергетических плантаций» за землю с производителями продовольствия. Высокий углеродный след при сжигании биомассы. Ограниченность доступа к ресурсу

мощностей. Ещё одной проблемой является то, что возобновляемая энергетика (кроме геотермальных и гидро-

электростанций) имеет низкие показатели коэффициента использования установленной мощности (КИУМ)¹⁵.

¹⁵ КИУМ — важнейшая характеристика эффективности работы предприятий электроэнергетики, показывающий, какую долю времени они работают на полной мощности. Этот параметр зависит не только от технологического совершенства станции, но и от климатических и погодных условий, квалификации персонала, эффективности управления, а также целого ряда других факторов.

Таблица 2. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) для основных типов электростанций

Типы электростанций	КИУМ (%)	Факторы, влияющие на значения КИУМ
Геотермальные	70 – 90	Высокие показатели обусловлены стабильностью источника энергии
Гидроэлектростанции	40 – 70	Сезонные колебания стока воды
Ветряные	20 – 45	Зависимость от переменной динамики ветровых потоков
Приливные	20 – 35	Прерывистый режим работы
Солнечные	15 – 30	Зависимость от времени года, суточных, погодных и географических факторов
Атомные	85 – 90	Стабильная работа, редкие остановки на ремонт
Угольные	50 – 70	Колебания рыночного спроса и экологические ограничения
Газовые в режиме регулирующей генерации	30 – 50	Используются только для покрытия пиковых нагрузок
Газовые в режиме базовой генерации	~ 80	Зависимость от технического состояния оборудования и квалификации персонала

Сводные показатели этого коэффициента для различных типов генерации приведены в таблице 2 [7].

Анализ данных таблицы показывает, например, что для замены одной газовой ТЭС мощностью 500 МВт (КИУМ~50 %) потребуется строительство солнечной станции с установленной мощностью около 1250 МВт (КИУМ~20 %) и оснащённой соответствующими системами накопления и хранения энергии. Показателен и другой пример. Установленная мощность ВИЭ Китая в 2019 г. составляла 21 % от всех мощностей, а её вклад в общее производство электроэнергии не превышал 9 %. В то же время вклад ядерной энергетики с долей 2,2 % от общей установленной мощности составил 5 % от общего производства электроэнергии [8]. Серьезные проблемы создаёт высокая материалоемкость ВИЭ, в разы превышающая материалоемкость традиционной энергетики. Помимо прочего, «зелёные» энергетические технологии в больших количествах используют редкоземельные элементы, а также платину, титан, литий, кадмий и др.

Для выравнивания дисбаланса между реальной производительностью электростанций на ВИЭ и пиковым потреблением в сеть должны быть интегрированы соразмерные этому дисбалансу крупные системы хранения энергии, а также множество менее ёмких накопителей. Это позволяет нивелировать последствия как продолжительных, так и краткосрочных энергетических флуктуаций¹⁶, связанных с нестабильностью генерирующих мощностей. Например, гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), используя дешёвое электричество во время ночного спада потребления, расходуют его на перекачку воды в верхний бьеф¹⁷. Во время утреннего и вечернего пиков расходования энергии ГАЭС сбрасывают воду из верхнего бьефа в нижний и вырабатывают уже более дорогую пиковую электроэнергию. Такие станции не являются генерирующими мощностями в чистом виде,

так как потребляют электроэнергию больше, чем вырабатывают. Эффективность кругового цикла у них составляет около 70 %, т. е. на каждый 1МВт·ч затраченной энергии восстанавливается только 0,7 МВт·ч. Зато такие станции эффективно справляются с разгрузкой энергосети в пиковые часы. На разных стадиях развития находятся и другие формы хранения энергии, такие, как литий-ионные накопители, расплавы солей, сжатый воздух, сверхпроводящие магниты, маховики и гравитационные накопители.

Ускоренный рост возобновляемой энергетики стал возможным благодаря государственной поддержке и фискальным стимулам, создавшим крайне выгодные условия для серьёзных инвестиций в эту сферу.

Что касается перспектив, то каждый бум закономерно заканчивается стадиями спада и рецессии. Есть основания полагать, что бурное распространение «зелёной» энергетики в ближайшее время пойдёт на спад, так как все основные экономические и технологические выгоды будут уже реализованы и рынок ВИЭ достигнет своего насыщения. Впереди нас ожидает усиление конкуренции между различными видами генерирующих мощностей. Они будут приспосабливаться под потребности конкретных получателей энергии как по её количеству, так и по качеству.

Инновационная парадигма

Сторонниками данной парадигмы энергетика будущего видится как сфера высоких технологий, в корне меняющих глобальный энергобаланс. Управляемый термоядерный синтез, водородная энергетика и малые модульные реакторы (SMR) являются стратегической основой инновационной парадигмы и открывают недостижимые ранее горизонты развития. Термоядерный синтез обеспечит доступ

¹⁶ Флуктуации — случайные и периодические изменения (такие как суточные и сезонные циклы) в доступности энергии, чаще всего наблюдаемые в солнечной и ветроэнергетике.

¹⁷ Бьеф — часть водоёма, примыкающего к гидротехническому сооружению. Верхний бьеф обычно является водохранилищем.

к неисчерпаемому источнику дешёвой и чистой энергии, безопасной для окружающей среды. Безграничная мощь синергии управляемого термояда, квантовых вычислений и искусственного интеллекта позволит осуществить многие заветные мечты человечества. Откроется дверь в эпоху процветания, когда прекратятся конфликты за ресурсы выживания. Масштабирование процессов опреснения засоленных вод, а также прекращение антропогенных выбросов в атмосферу решат проблемы пресной воды и чистого воздуха. Все жители Земли получат гарантированное продовольственное обеспечение. Производство товаров и услуг станет дешевле. Будет создана социальная среда, повышающая жизненный потенциал людей. Но это — далёкая перспектива. Для её достижения требуется достаточное количество «людей длинной воли», наподобие Илона Маска, обладающих положительной пассионарностью¹⁸. Колоссальные технические, технологические, экономические и политические проблемы, встающие на этом пути, отодвигают горизонты планирования за пределы всяких, даже приблизительных, расчётов.

Что же касается водородной энергетики и малых модульных реакторов, то их перспективы видятся более отчетливо. Сейчас идет промышленное и коммерческое освоение технологий начального этапа. Поскольку Узбекистан, в сотрудничестве с «Росатомом», является вероятным партнёром для развертывания первых серийных SMR, возникает необходимость остановиться на этой теме более подробно. Итак, малые модульные реакторы — это современные ядерные реакторы с мощностью энергоблока до 300 МВт (около одной трети мощности обычного реактора). Конфигурация их систем, теплоносители, топливо и эксплуатационные условия радикально отличаются от традиционных реакторов. Их полная сборка осуществляется в заводских условиях, а малые габариты позволяют доставлять изделие к местам установки по железным дорогам. SMR способны работать без подключения к полномасштабной энергоинфраструктуре и будут весьма эффективны при освоении удаленных территорий, где, помимо обеспечения электроэнергией, смогут использоваться также для выработки тепла, опреснения воды и производства водорода. Они хорошо интегрируются с солнечными и ветряными электростанциями, обеспечивая повышенную энергоэффективность такой связки благодаря всё тому же эффекту синергии. Ими могут быть заменены выводимые из эксплуатации угольные электростанции, мощность блоков которых, как правило, менее 500 МВт. Их насчитывается до 90 % от общего числа всех угольных электростанций. По оценкам МАГАТЭ¹⁹, к 2040 году мировая потребность в маломощных реакторах составит от 500 до 1000 блоков [9].

Конструктивно SMR отличаются простотой и высоким уровнем безопасности, сводящим до минимума вероят-

ность радиоактивных выбросов в случае аварии. Перегрузка топлива осуществляется каждые 3–7 лет, тогда как на традиционных АЭС она требуется каждые 1–2 года. Некоторые проекты SMR рассчитаны на работу без перегрузки до 30 лет. Предварительные подсчеты показывают, что при массовом производстве SMR стоимость 1 кВт·ч производимого ими электричества будет сопоставима с ветровой и солнечной энергетикой [8, 10].

Если малые модульные реакторы видятся как альтернатива крупным атомным станциям, то перспективы водородной энергетики носят более глобальный характер, являясь фактором долгосрочного прорыва во всей энергетике. Этот элемент может использоваться не только как топливо, но и как эффективный энергоноситель, связывающий между собой разные источники энергии, что повышает стабильность энергосистем.

Почему же именно водород должен сыграть решающую роль в будущей энергетике? Перечислим основные предпосылки:

Экологичность. В процессе сгорания водород образует только воду (H_2O), не производя CO_2 или других парниковых газов, что является главным условием достижения углеродной нейтральности.

Универсальность применения. Это единственный вид топлива, которое можно использовать в больших масштабах практически везде: в промышленности, на транспорте, в энергетике. Пригоден он и для хранения запасов энергии.

Синергия с ВИЭ. Производство водорода путём электролиза позволяет компенсировать нестабильность солнечной и ветровой энергии, превращая её избыточное производство в стабильное топливо.

На сегодняшний день из угля и нефти вырабатывается 11 % мирового водорода, из природного газа — 85 %, за счёт электролиза воды — 4 %. Просто и относительно дешево водород извлекается из природного метана, но это приводит к значительным выбросам CO_2 . Проблему решает электролиз за счёт ВИЭ, но при этом возникает другая проблема: производство «зеленого» водорода требует больше энергии, чем можно из него получить. Поэтому абсолютное первенство по всем статьям принадлежит «белому» водороду. Его ещё называют «золотым» или «геологическим». Это даровой природный ресурс, который, подобно нефти и природному газу, можно будет добывать из подземных месторождений. Разница лишь в том, что залежи водорода требуют иных геологических условий. Для компаний, которые первыми начнут осуществлять его промышленную добычу, он обещает стать источником огромных прибылей.

Последние данные приносят всё больше подтверждений гипотезы водородной дегазации Земли. В ряде стран уже

¹⁸ «Люди длинной воли» — это *пассионарии*, выходящие на первый план исторической реальности в критические моменты цивилизационного цикла. Пассионарность — способность и стремление менять сложившиеся реалии. Оба выражения принадлежат историку Льву Гумилёву, автору выдающегося труда «Этногенез и биосфера Земли».

¹⁹ МАГАТЭ — Международное агентство по атомной энергии (англ. *International Atomic Energy Agency, IAEA*), ведущая мировая межправительственная организация по научно-техническому сотрудничеству в ядерной сфере. Входит в структуру ООН.

приступили к поискам месторождений водорода. Если стартапы добьются успеха и подтвердят наличие крупных залежей, то тогда в игру войдут крупные нефтегазовые компании, которые будут вкладывать в «геологический» водород уже миллиарды долларов. Это может стать революцией в энергетике. Джефф Эллис, геохимик программы энергетических ресурсов Геологической службы США, сообщил изданию «Forbes», что «во всем мире под землей скрыто не менее 10 млн мегатонн (Мт), или 10 триллионов тонн водорода, – значительно больше, чем 100 Мт, которые сейчас используются в промышленности. Благодаря появлению новых способов использовать этот элемент в качестве авиационного топлива или стационарного источника энергии мировой спрос должен вырасти как минимум до 500 Мт в ближайшие 20 лет. Поэтому, если мы сможем использовать хотя бы 2 % или 3 % от этих 10 млн мегатонн, мировой спрос в размере 500 мегатонн в год будет удовлетворен на сотни лет, — сказал он» [11].

Первый природный водород был добыт в деревне Буракебугу в Мали. В 2012 году здесь бурили скважину на воду, но из неё пошёл чистый водород (98 %) с дебитом около 400 кг в сутки, что дало возможность электрифицировать этот населенный пункт. Сейчас в поисках «золотого» водорода собираются бурить скважины в Небраске и Канзасе (США), ищут его в Австралии, а французские исследователи полагают, что залежи водорода могут находиться в регионе Эльзас-Лотарингия и тоже начали поиски. Всё это можно расценивать как начавшееся движение в сторону масштабной коммерциализации «геологического» водорода. Судя по всему, водородная энергетика имеет огромный потенциал развития и находится на пороге глобального трансформационного рывка. Однако нужно иметь в виду, что подобные изменения происходят быстро только тогда, когда правительства действуют.

Подводя итог, можно констатировать, что для водородной энергетики и малых модульных реакторов просматриваются самые благоприятные перспективы. После насыщения рынка возобновляемой энергетики, очередной бум, скорее всего, ждёт нас именно на этих направлениях. Что касается управляемого термояда, то это – отдалённая перспектива, для достижения которой потребуются усилия нескольких поколений.

Меняющаяся парадигма энергоэффективности

Если изначально энергоэффективность трактовалась как цель и результат направленной оптимизации энергозатрат, то затем этому понятию стал придаваться более содержательный смысл, включающий в себя не только экономические и технологические, но и экологические и социальные аспекты. Таким образом, энергоэффективность представ-

ляет собой концепцию, эволюционирующую по мере углубления нашего понимания происходящих процессов.

От локальной оптимизации к системному подходу

На заре индустриальной эпохи понимание энергоэффективности ограничивалось вопросами повышения КПД отдельных устройств: двигателей, котлов, ламп накаливания. Однако с развитием технологий и усложнением энергосистем стало очевидным, что локальная оптимизация сама по себе недостаточна. Поэтому энергоэффективность стали рассматривать как *системное свойство*, охватывающее всю энергетическую цепочку — от генерации до конечного использования. Сегодня в такой контекст логично укладываются и технологии распределённой генерации, и умные сети (Smart Grids), и разнообразные энергосберегающие технологии, и даже поведенческие паттерны²⁰, такие, как культура энергопотребления.

Энергоэффективность и устойчивое развитие

Современная парадигма энергоэффективности тесно связана с концепцией устойчивого развития, становясь уже не просто совокупностью мер по сбережению ресурсов, но и базовым условием снижения парниковых выбросов и механизмом борьбы с изменением климата. Использование возобновляемых источников энергии, развитие систем её накопления и хранения, переход к экономике замкнутого цикла²¹ — всё это тоже части нового понимания энергоэффективности, ставшей не только экономической, но и экологической необходимостью.

Технологии и цифровизация

Цифровизация послужила катализатором изменения парадигмы энергоэффективности. Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), технологии хранения и управления большими объемами информации (Big Data) позволяют оптимизировать энергопотребление в реальном времени, прогнозировать нагрузки и предотвращать потери. Умные дома, умные города и Индустрия 4.0²² — всё это примеры того, как технологии расширяют границы энергоэффективности, придавая ей новые смыслы и делая её концепцию более гибкой и адаптивной.

Социальный и экономический аспекты

Сегодня энергоэффективность — это не только техническая, но и социально-экономическая категория. Она включает в себя доступность энергии для всех слоёв населения, создание «зелёных» рабочих мест и ликвидацию

²⁰ Паттерн (англ. *pattern* - образец, шаблон) — устойчивый и стабильный способ поведения и реагирования человека на определённые ситуации.

²¹ Экономика замкнутого цикла, или циклическая экономика (от англ. *circular economy*) — это модель хозяйствования, базирующаяся на возобновлении ресурсов; система, при которой производство и потребление не образуют отходов.

²² Индустрия 4.0 (Четвертая индустриальная революция) — переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами, с перспективой создания глобальной промышленной сети вещей и услуг.

энергетической бедности. Энергоэффективность становится инструментом социальной справедливости, обеспечивая равный доступ к ресурсам и улучшая качество жизни.

Будущее энергоэффективности

Очевидно, что в будущем энергоэффективности будет придаваться всё более широкий смысл, охватывающий технологии, экологию, экономику и социум. В основе всего будет лежать идея справедливого распределения ресурсов между странами и поколениями.

Таким образом, энергоэффективность перестаёт быть узкотехническим термином. Сегодня это многогранная концепция, которая отражает стремление человечества к устойчивому развитию, технологическому прогрессу и созданию общества равных возможностей. Её эволюция — это наглядный пример того, как меняются наши представления об окружающем мире и взаимоотношениях с ним.

Переходя к оценке возможных перспектив развития энергетики, необходимо определиться с базовыми принципами, на которых будет строиться архитектура²³ энергосистем будущего. Централизованная энергетика, основанная на крупных электростанциях и протяжённых сетях, долгое время была основой мировой энергосистемы. Но с развитием технологий и ростом интереса к устойчивому развитию на первый план выходит распределённая (децентрализованная) генерация, которая позволяет производить энергию ближе к потребителю, регулируя её использование с помощью различных систем накопления и хранения. Однако будущая энергетика будет формироваться не в противопоставлении этих двух подходов, а в их синергии на основе децентрализации, когда обе системы дополняют и усиливают друг друга. Опорным элементом, создающим условия для такой синергии, станет «интернет энергии» (Internet of Energy, IoE)²⁴, чья концепция аналогична интернету информации. IoE предполагает создание интеллектуальных сетей, которые смогут объединить всю совокупность источников энергии и её потребителей в единую систему. С помощью цифровых технологий, таких как «интернет вещей», блокчейн²⁵ и искусственный

интеллект, станет возможным эффективно управлять потоками энергии в реальном времени, минимизируя потери и повышая надёжность энергоснабжения. При этом централизованная энергетика сохранит свою роль в обеспечении базовой нагрузки в регионах с высокой плотностью населения и крупными промышленными центрами. Распределённая же генерация будет охватывать удалённые территории и поддерживать устойчивость общей энергосистемы, обеспечивая надёжное энергоснабжение локальных сообществ в случае аварий в централизованной сети. В итоге должна быть создана более гибкая, устойчивая и экологически чистая энергосистема, способная удовлетворить потребности человечества в XXI веке.

В заключение попытаемся кратко сформулировать наше видение будущего энергетики. Итак, нефть и газ ещё долго будут основой мировой энергетики, так как переход к сопоставимым по потенциалу альтернативам — процесс не одного десятилетия.

Возобновляемые источники энергии сохраняют и укрепят свои нынешние позиции, но не смогут полностью заменить другие виды генерации.

Доля атомной энергетики будет возрастать, и она станет важнейшей частью энергобаланса. Имевшие место крупные аварии должны не отпугивать, а, напротив, стимулировать развитие более безопасных технологий.

Водород — это технология следующего поколения. По мере устранения имеющихся проблем, он, благодаря своей универсальности, постепенно займёт доминирующее положение в мировой энергетике.

И, наконец, управляемый термоядерный синтез. Его практическая реализация представляет собой задачу колоссальной сложности. Это не вопрос ближайшего будущего, но, возможно, единственный путь к по-настоящему устойчивой энергии.

Энергетическое будущее планеты не лежит в одном направлении. Вместо этого нас ждёт комплексное использование всех технологий, где нефть и газ станут глобальным резервом, ВИЭ и водород — локомотивами технологического прогресса, а атомная энергетика — стабильным базисом, обеспечивающим уверенное продвижение по всем направлениям.

Литература:

1. Ломоносов М. В. О слоях земных и другие работы по геологии / М. Ломоносов; с предисл. и пояснениями проф. Г. Г. Леммлейна. — М.; Л.: Гостеоиздат. — 1949. — 211 с.
2. Хант Д. М. Геохимия и геология нефти и газа / Дж. Хант; Предисл. Х. Д. Хедберга; Пер. с англ. А. И. Конюхова и др.; Под ред. Н. Б. Вассоевича, А. Я. Архипова. — М.: Мир. — 1982. — 703, [1] с.: рис., табл. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-hunt1982.pdf>

²³ Архитектура — сочетание частей в одном стройном целом, композиция.

²⁴ Internet of Energy (IoE) — совокупность технологий и бизнес-моделей, обеспечивающая возможность гибкого горизонтального взаимодействия «всех со всеми», и связывающая между собой производство, передачу и потребление электроэнергии. При этом становится возможным объединение ролей потребителя и производителя энергии в одном лице.

²⁵ Блокчейн-решения в энергетике используются для расширения спектра участников рынка и подключения к нему новых игроков. Из цепочки создания стоимости энергии удаляются посредники, а потребители и производители получают возможность выполнять транзакции и договариваться самостоятельно и напрямую. Этот тренд получил название «демократизация энергетики»

3. Менделеев Д. И. // Журнал Русского химического общества и физического общества. 1877. Вып. 2. Часть химическая, отдел 1. – С. 36–37.
4. Gold, Thomas. (1999). The deep hot biosphere / Thomas Gold; foreword by Freeman Dyson. New York: Copernicus
5. Кучеров В. Г. Абиогенное происхождение углеводородов и существование сверхглубоких нефтегазовых скоплений // Вести газовой науки. — 2021. № 4 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/abiogennoe-proishozhdenie-uglevodorodov-i-suschestvovanie-sverhglubokih-neftegazovyh-skopleniy>. Дата обращения: 11.03.2025.
6. Зелёный поворот / Сост. И. И. Засурский [Электронный ресурс]. — М.: Climatescience.ru. — 2021. — 194 с. URL: <https://climatescience.ru/climate-2021-01-11.pdf>
7. Трегубова Е. А., Трегубов А. И. Интенсивность использования мощности нетрадиционных возобновляемых источников энергии в электроэнергетике: анализ зарубежного и отечественного опыта//E-Management. — 2022. Т. 5, № 3. — С. 15–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intensivnost-ispolzovaniya-moschnosti-netraditsionnyh-vozobnovlyаемых-istochnikov-energii-v-elektroenergetike-analiz-zarubezhnogo-i> Дата обращения: 16.03.2025.
8. Дьяков А. Малые модульные ядерные реакторы: перспективы развития. Мировая экономика и международные отношения. –2023. т. 67, № 6. — С. 47–60. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2023-67-6-47-60> EDN: ASOOXD
9. Liou, Joanne. (2023, September 13). What are small modular reactors (SMRs)? Nuclear Explained. IAEA Office of Public Information and Communication. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>. Date of access: 20.03.2025.
10. Полякова М. Большие перспективы малых реакторов: почему они так популярны. // Страна РОСАТОМ. — 02.05.2019. URL: <https://strana-rosatom.ru/2019/05/02/bolshie-perspektivy-malyh-reaktorov/> Дата обращения: 11.03.2025.
11. Онсман Алан. «Бурят наудачу»: почему стартапы бросились искать запасы природного водорода // Forbes. — 2023. — 8 июля. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/491810-burat-naudacu-pocemu-startapy-brosilis-iskat-zapasy-prirodnogo-vodoroda>. Дата обращения: 17.03.2025.

Интенсификация добычи нефти бурением боковых стволов на примере нефтегазовых месторождений Западной Сибири

Хассанейн Ранья Аделя Абдалла Мохамед, студент

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

Технология зарезки бокового ствола зарекомендовала себя как экономически оправданный способ поддержания и увеличения добычи нефти из залежей с трудноизвлекаемыми запасами. Она играет ключевую роль в интенсификации разработки месторождений, повышая коэффициент извлечения нефти без необходимости значительного увеличения плотности сетки скважин.

ЗБС является действенным методом, позволяющим интенсифицировать добычу на зрелых месторождениях, а также возвращать в эксплуатацию скважины, которые не могли быть использованы другими технологиями. Посредством бурения новых каналов вскрываются ранее недренируемые участки пласта, а также активизируются залежи с низкой подвижностью нефти, что значительно расширяет потенциал разработки.

Ключевые слова: зарезка боковых стволов, интенсификация, добыча нефти, горизонтальное бурение, коэффициент извлечения нефти.

Технология бурения боковых стволов (рис.1.) зарекомендовала себя как одно из наиболее инвестиционно привлекательных решений, направленных на стабилизацию и дальнейший рост добычи нефти, особенно в отношении трудноизвлекаемых запасов. Данный метод позволяет эффективно интенсифицировать систему разработки месторождений, способствуя увеличению коэффициента извлечения нефти из продуктивных пластов. По своей сути, он выполняет функцию уплотнения сетки скважин, обеспечивая при этом оптимальное использование имеющегося фонда скважин без необходимости бурения новых вертикальных стволов. Внедрение

этой технологии позволяет значительно продлить срок эксплуатации месторождений и минимизировать затраты на новые буровые работы, что делает ее экономически выгодной и технологически обоснованной стратегией в современных условиях нефтедобычи.

Зарезка боковых стволов (ЗБС) представляет собой эффективную технологию, направленную на увеличение объемов добычи нефти и повышение коэффициента извлечения из пластов. Этот метод позволяет вернуть в эксплуатацию скважины, которые ранее не могли быть повторно задействованы другими способами, а также вовлекать в разработку ранее недоступные участки продук-

тивного пласта и трудноизвлекаемые запасы, добыча которых ранее считалась экономически нецелесообразной.

Классический подход к выполнению ЗБС предполагает вырезку «окна» в обсадной колонне с последующей ликвидацией материнского ствола. Для этого в скважину спускается клин-отклонитель с ориентирующим устройством, который устанавливается на искусственный забой. Бурение бокового ствола осуществляется непосредственно в теле эксплуатационной обсадной колонны в заранее выбранном направлении, при этом его траектория определяется глубиной залегания продуктивного пласта и характеристиками материнского ствола [1]. Особое внимание уделяется стабилизации траектории в участках, где располагается глубина спуска насосного оборудования, что необходимо для обеспечения устойчивой эксплуатации скважины и поддержания ее оптимальной производительности.

После завершения операции по вырезке окна в эксплуатационной колонне материнского ствола начинается строительство наклонно-направленного участка бокового ствола. Горизонтальный участок бокового ствола бурится с применением роторных управляемых систем (РУС) и винтового забойного двигателя (ВЗД), что обеспечивает точность траектории и максимальное вскрытие продуктивных пластов. В дальнейшем, при необходимости и в соответствии с проектной документацией, могут проводиться дополнительные мероприятия, такие как много-

стадийный гидравлический разрыв пласта (МГРП), что способствует улучшению притока углеводородов.

Разработка трудноизвлекаемых запасов нефти с использованием горизонтальных и разветленно-горизонтальных скважин является одним из ключевых направлений в современной нефтедобыче, что подтверждается практическим опытом. Применение таких скважин позволяет значительно увеличить протяженность дренажных каналов, что приводит к многократному росту производительности добывающих объектов. Как показывает практика бурения горизонтальных и разветленно-горизонтальных скважин, хотя их стоимость существенно выше по сравнению с вертикальными аналогами, системное использование данного метода способствует значительному повышению рентабельности капитальных вложений, в первую очередь за счет оптимизации и укрупнения эксплуатационного фонда скважин [2].

Кроме того, этот подход обеспечивает продление сроков эксплуатации скважин без необходимости заводнения, снижение депрессии на пласт и, что особенно важно, позволяет вовлекать в активную разработку забалансовые запасы, включая целики, а также трудноизвлекаемые залежи нефти. Существенное преимущество заключается и в снижении производственной нагрузки на окружающую среду, что делает возможной эксплуатацию месторождений, расположенных в природоохранных зонах.

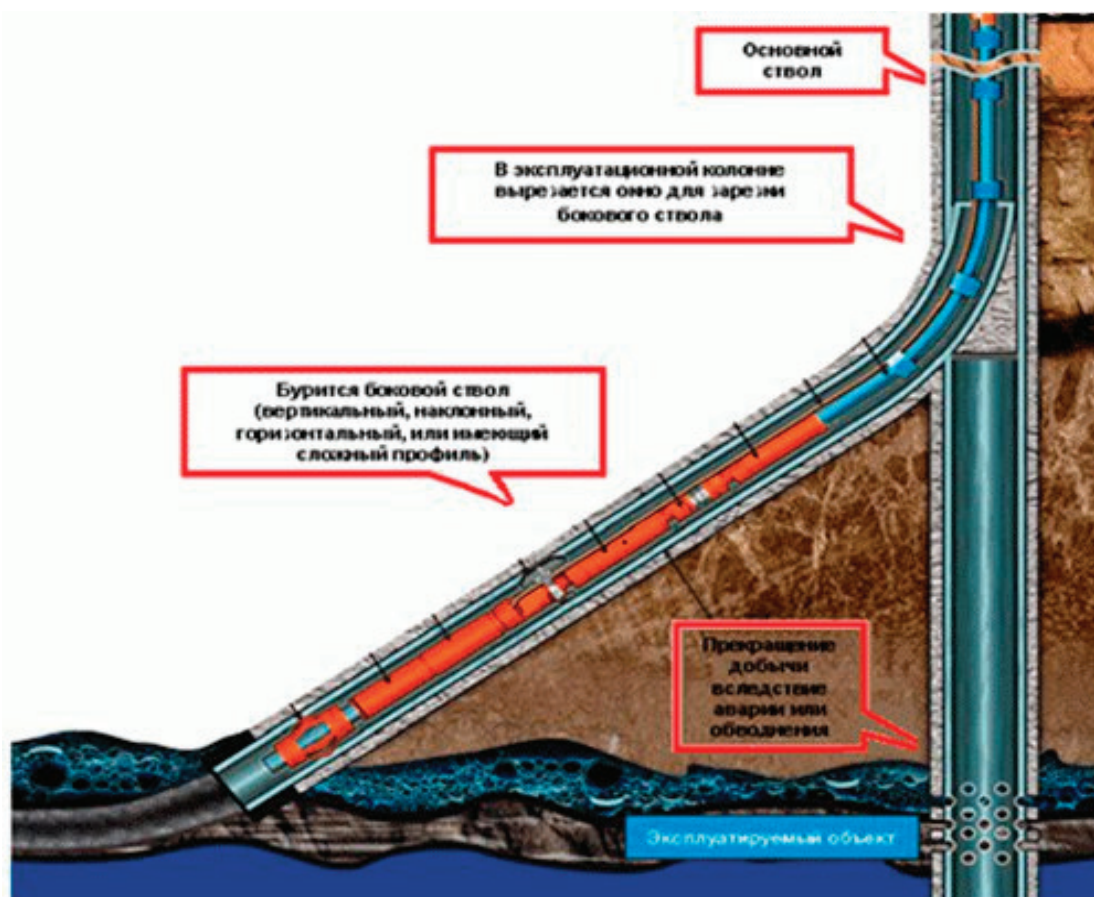


Рис. 1. Алгоритм строительства скважины ЗБС

Историческая динамика внедрения горизонтального бурения демонстрирует устойчивый рост. Если в 2001–2003 годах бурение таких скважин осуществлялось на экспериментальной основе (в 2003 году было пробурено 162 скважины), а к 2010 году их количество увеличилось до 365 на 51 месторождении, то в 2021 году этот показатель превысил 2620 скважин, что подтверждает высокую востребованность и эффективность данной технологии.

Максимальный уровень удельной эффективности горизонтальных скважин был зафиксирован в 2005 году, когда данный показатель достиг 14,96 тыс. тонн на скважино-операцию. Однако начиная с 2010 года (9,9 тыс. т/скв.-опер.) наблюдается его постепенное снижение, и к 2021 году он составил 6,479 тыс. тонн на скважино-операцию. Таким образом, за последние 20 лет удельная эффективность добычи нефти с применением горизонтальных скважин сократилась практически вдвое. Тем не менее, общий объем дополнительной добычи, связанный с внедрением данной технологии, увеличился более чем в 19 раз — с 972,4 тыс. тонн в 2001 году до 16 974,1 тыс. тонн в 2021 году. Это свидетельствует о высоком потенциале данного метода, несмотря на снижение эффективности на единичную скважину [3].

Анализ бурения боковых стволов показывает, что за период с 2001 по 2005 год было пробурено 1 908 боковых стволов, что обеспечило дополнительную добычу нефти в объеме 10 693,43 тыс. тонн. В разные годы удельная эффективность варьировалась: минимальное значение составило 3,63 тыс. т/скв.-опер., максимальное — 7,37 тыс. т/скв.-опер. в 2004 году, а средний показатель за весь рассматриваемый период составил 5,83 тыс. т/скв.-опер.

Анализ динамики бурения боковых стволов показывает, что за исследуемый период объем выполненных скважино-операций значительно увеличился: с 191 в 2001 году до 2 093 в 2021 году. При этом только за последние два года (2020–2021 гг.) дополнительная добыча, обеспеченная данным методом, составила 10,4 млн тонн, а средняя удельная эффективность достигла 2,5 тыс. тонн на скважино-операцию.

На сегодняшний день одной из наиболее перспективных и эффективных технологий повышения нефтеотдачи пластов (МПНП) и интенсификации добычи нефти (ИДН), недоступных для применения другими методами по геологическим или техническим причинам, является технология резки боковых стволов (ЗБ). Внедрение данного подхода в промышленных масштабах позволяет вовлекать в разработку трудноизвлекаемые запасы, а также разрабатывать высокообводненные и низкодебитные скважины. При этом боковые стволы, включая многоствольные и разветвленно-горизонтальные, играют ключевую роль в реализации других высокоэффективных методов разработки, таких как гидроразрыв пласта (ГП), горизонтальное бурение (Г) и физико-химические методы воздействия (ФХМ).

По последним данным (Нанишвили и др., 2019), число скважин, относящихся к категории низкодебитных и высокообводненных, превышает 17 тысяч, а фонд простаивающих скважин составляет более 6,5 тысяч. В этих условиях дальнейшее активное внедрение резки боковых стволов остается одним из ключевых направлений для увеличения эффективности нефтедобычи и рационального использования фонда скважин.

Литература:

1. Кабанов А. О., Камильянов И. И., Ардисламов Ф. Р. Современные подходы при резке боковых стволов (ЗБС с СМС) [Текст] / А. О. Кабанов, И. И. Камильянов, Ф. Р. Ардисламов // Материалы конференции. — 2023. — № 11. — С. 191–195.
2. Максютков М. И., Агишев Э. Р., Жданов Л. М., Фатхлисламов М. А. Стратегии оперативного подбора кандидатов на ЗБС и ЗБГС на примерах месторождений Западной Сибири [Текст] / М. И. Максютков, Э. Р. Агишев, Л. М. Жданов, М. А. Фатхлисламов // Бурение нефтяных и газовых скважин. — 2021. — № 2 (26). — С. 67–81.
3. Кузьменков С. Г., Королёв М. И., Новиков М. В., Паляница А. Н., Нанишвили О. А., Исаев В. И. Эффективность применения методов повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Георесурсы. — 2023. — № 3 (25). — С. 129–139.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Сравнительный анализ применения конструктивных решений компенсации температурных расширений

Князева Анна Сергеевна, студент магистратуры;

Корышев Илья Андреевич, студент магистратуры

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

В данной работе был проведен сравнительный анализ различных конструктивных решений для компенсации температурных расширений в трубопроводных системах и строительных конструкциях. Рассмотрены П-образные, сальниковые и сильфонные компенсаторы.

Ключевые слова: компенсаторы, сальниковый компенсатор, сильфонный компенсатор.

Современным способом продления срока эксплуатации трубопроводных систем является использование компенсаторов. Они помогают предотвратить различные изменения, которые происходят в трубах из-за постоянного перепада температур, давления и разного рода вибраций. Отсутствие компенсаторов на трубах может привести к таким нежелательным последствиям, как изменение длины трубы, ее расширение либо сжатие, что в дальнейшем приводит к прорыву трубопровода. В этой связи проблеме надежности компенсаторов трубопроводов уделяется самое пристальное внимание и осуществляется поиск оптимальных решений по обеспечению технической безопасности компенсационных систем.

Основным документом по компенсаторам считается: РД 3-ВЭП Руководящий документ по применению осевых сильфонных компенсаторов (СК) по техническим условиям ИАНШ.300260.029ТУ, сильфонных компенсирующих устройств (СКУ) по техническим условиям ИАНШ.300260.033ТУ, стартовых сильфонных компенсаторов (ССК) по техническим условиям ИАНШ.300260.035ТУ, сильфонных компенсирующих устройств для стальных трубопроводов с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке по техническим условиям ИАНШ.300260.043ТУ предприятия ОАО «НПП «Компенсатор» при проектировании, строительстве и эксплуатации тепловых сетей.

Произведём расчет

Зададимся участком тепловой сети протяженностью 45м, с диаметром трубопровода 108х3,5 мм.

Определим максимальную длину прямого участка, по формуле:

$$L_{\max} = \frac{A_{\text{тр}} \cdot \delta_{\text{доп}}}{F}$$

где $A_{\text{тр}}$ — площадь поперечного сечения стенки трубы, определяется по формуле:

$$A_{\text{тр}} = \pi \cdot (d_{\text{в}} - S) S$$

$\delta_{\text{доп}}$ — допускаемое осевое напряжение трубы;

F — сила трения между грунтом и оболочкой трубы.

$$F = \mu \cdot v \cdot h \cdot \rho \cdot g \left(\frac{1 + K_o}{2} \right) \pi \cdot d_{\text{об}}$$

Результаты расчета заносим в таблицу 1.

Из расчета можно определить потребность участка тепловой сети применения конструктивных решений компенсации температурных расширений. Далее приведем сравнения вариантов компенсации возможной в данном случае

1. П-образный компенсатор

Самым распространенным и на первый взгляд простым решением будет использование П-образного компенсатора.

Несомненным плюсом данного вида компенсаторов является то, что не нужно использовать специфические переходники между участками.

Подойдет обычная труба, которую нарезаем на части и свариваем в форме П.

Несомненным плюсом является то, что обслуживать этот компенсатор нужно будет как трубу. Также не нужно будет следить за ограничениями внешней и внутренней температуры, как это делается с другими компенсаторами

Недостатки заключаются в потребности тратиться на уголки, дополнительные стойки для трубы. На саму трубу.

Таблица 1. Компенсаторы

№ уч-ка	L, м	Dн, м	Dн, мм	S, мм	Aтр, мм ²	δдоп, н/мм ²	F, н/м	Lmax, м	Dн. из
2	45	0,108	108	3,5	1148,455	171,25	7764,527	25,32967	0,217

Для этого компенсатора требуется дополнительное пространство, что в городе трудно реализовать из-за плотности инфраструктуры.

Удлинение плеча такого компенсатора находится по формуле:

$$\Delta L = 2\alpha(\tau - t_m)L - \frac{F \cdot L^2}{2E \cdot A_{тр}}$$

Определим вылет «П» образного компенсатора:

$$\dot{I} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot E \cdot d_n \cdot \Delta L}{\delta_{доп}}}$$

Результаты расчета сведем в табл.2.

Получаем вылет плеча компенсатора равным 6,6 м

1 погонный метр электросварной трубы диаметром 108х3,5 стоит 720р

Устройство П-образного компенсатора, получившегося по расчету, нам потребуется 9 372 руб

2. Сальниковый компенсатор

Тепловое удлинение расчетного участка трубопровода ΔL определяют по формуле:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$$

где α — средний коэффициент линейного расширения стали, мм/(м · °C), (для типовых расчетов можно принять $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-2}$ мм/(м · °C)).

Δt — расчетный перепад температур, определяемый как разницу между температурой теплоносителя и наружного воздуха. (температура теплоносителя равна 115°C, в то время как средняя температура грунта в отопительный период равня 2,2 °C)

L расстояние между неподвижными опорами (у нас 45 м)

$$\Delta L = 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 45 \cdot (115 - 2,2) = 60,9 \text{ мм}$$

Компенсирующую способность сальниковых компенсаторов, приведенную в табл. 4.13 [4], уменьшают на величину запаса — 50 мм.

Принимаем компенсирующей способностью 250мм

Для столь малого участка трубы установка данного компенсатора не имеет смысла, так как у производителей его цена составляет 16 594 руб. что существенно выше стоимости П- образного компенсатора.

3. Сильфонный компенсатор

Максимальная длина участка L_m , на котором устанавливается один сильфонный компенсатор, рассчитывается по формуле:

$$L_m = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot \lambda}{\alpha \cdot \Delta t}$$

где λ — амплитуда осевого хода сильфонных компенсаторов фирмы АООТ «МЕТАЛКОМП» определяется рисунку 1.

Диаметр трубы, dт, мм	Амплитуда осевого хода, λ, мм	Жесткость компенсатора, C _к , кг/см	Эффективная площадь, S _{эф} , см ²	Масса, кг	Диаметр сильфона, D _с , мм
57х3,5	20	357	34	1,4	75
76х4	40	245	64	2,9	104
89х4	45	227	87	3,4	122
108х5	60	278	130	6,6	149
133х5	65	358	199	10,9	185
159х5	75	305	282	14	214
219х6	80	408	483	25	277
273х7	90	429	731	29	337
325х7	90	445	1001	39	389
377х7	90	428	1272	44	428
426х7	90	555	1573	73	469
530х8	90	608	2419	100	580
630х8	90	632	3416	118	689
720х8	90	593	4507	123	795
820х8	90	637	5822	166	902
920х10	90	577	8075	169	1008
1000х10	90	680	9017	210	1123

Рис. 1. амплитуда осевого хода сильфонных компенсаторов фирмы АООТ «МЕТАЛКОМП»

Таблица 2. П-образные компенсаторы

№ уч-ка	Lmax, м	L1, м	L2, м	ΔL1, м	ΔL2, м	H м
2	22,71297	20,5	20,5	0,050786	0,050786	6,602581

Таблица 3. Итоговая стоимость установки компенсаторов

Критерии	П-образные	Сальниковые	Сильфонные
Стоимость компенсатора	9 372	16 594	8 636
Стоимость работ по установке	212,28	111,71	515,35
Итого:	9584,28	16605,71	9151,32

Принимаем $\lambda = 60\text{ мм}$

$$L_m = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot 60}{1,2 \cdot 10^{-2} \cdot (115 - 2,2)} = 79,8 \text{ м}$$

Данная длина больше чем длина нашего участка, это значит что Сильфонный компенсатор фирмы АООТ «МЕ-ТАЛКОМП» полностью удовлетворяет наши потребности в компенсации температурных расширений.

Так же стоимость этого компенсатора в размере 1 шт. без учета доставки выходит в сумму 8 636 р, что дешевле чем стоимость Сальникового и П-образного компенсатора.

Для определения экономической целесообразности проверим стоимость работ по расценке ФЕР 24–01–028–04 и сведем результаты в сводную таблицу 3.

По результатам расчета на рассмотренном участке тепловой сети самым экономически выгодным является сильфонный компенсатор.

Литература:

1. Расчет характеристик композитного компенсатора/ А. Х. Валиуллин. — Текст: электронный // — Дата публикации: 2016 — Режим доступа: научная электронная библиотека elibrary.ru.
2. Компенсаторы в системах отопления и водоснабжения/ ООО «ТД Маршал» — Текст: электронный // — Дата публикации: 2019 — Режим доступа: научная электронная библиотека elibrary.ru.
3. Некоторые теоретические стороны расчета температурных деформаций подземных бесканальных теплопроводов / Ю. Л. Липовка, В. И. Белиловец — Текст: электронный // — Дата публикации: 2012 — Режим доступа: научная электронная библиотека elibrary.ru.
4. Методика оценки напряженно-деформированного состояния конструкций компенсаторов с гнутыми отводами / А. Х. Габбасова. — Текст: электронный // — Дата публикации: 2022 — Режим доступа: научная электронная библиотека elibrary.ru.

Оптимизация монолитного строительства: выбор наиболее эффективной опалубочной системы на основе сравнительного анализа

Речкина Ксения Юрьевна, студент магистратуры
Научный руководитель: Серова Роза Фаиковна, кандидат технических наук, доцент
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (Казахстан)

В статье представлен сравнительный анализ объемно-переставной и скользящей опалубки с целью выявления наиболее эффективного метода монолитного строительства. Рассматриваются основные технико-экономические показатели, включая затраты на материалы, монтаж, демонтаж, бетонирование, армирование, а также трудозатраты и скорость возведения конструкций.

Ключевые слова: монолитное строительство, опалубочные системы, объемно-переставная опалубка, скользящая опалубка.

Современные технологии монолитного строительства постоянно совершенствуются, стремясь повысить его скорость, снизить затраты и улучшить качество возводимых конструкций. Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность строительного процесса, является выбор опалубочной системы, поскольку она оказывает непосредственное влияние на технико-экономические показатели строительства. Среди существующих опалубочных решений наибольший интерес представляют объемно-переставная и скользящая опалубки, широко применяемые при возведении монолитных сооружений благодаря высокой технологичности и экономической эффективности.

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа объемно-переставной и скользящей опалубки для выявления наиболее эффективного метода монолитного строительства. В рамках исследования особое внимание уделено оценке экономической эффективности, поскольку затраты на материалы, монтаж, демонтаж, бетонирование и армирование оказывают существенное влияние на выбор технологии строительства.

Для оценки затрат на применение различных опалубочных систем использовалась сметная программа ABC 2024.8. Анализ проводился с использованием данных ресурсной сметно-нормативной базы «РСНБ РК» применительно к строительным условиям Карагандинской области, г. Караганда, что позволяет учитывать региональные особенности ценообразования [1].

В таблице 1 представлен расчет стоимости строительства 1 м² с использованием объемно-переставной опалубки.

Таблица 1. Стоимость строительства 1 м² в объемно-переставной опалубке

Элемент конструкции	Опалубка монтаж и де-монтаж (тг/м ²)	Бетонирование (тг/м ²)	Армирование (тг/м ²)	Общая стоимость (тг/м ²)
Стены	9 922	12 807	53 704	76 433
Перекрытия	4 933	7 650	33 877	46 460
Итого				122 893

Таким образом, стоимость строительства 1 м² в объемно-переставной опалубке составит 76 433 тг для стен и 46 460 тг для перекрытий. Итоговая стоимость одновременного бетонирования стен и перекрытий 122 893 тг за 1 м².

В таблице 2 представлен расчет стоимости строительства 1 м² с использованием скользящей опалубки.

Таблица 2. Стоимость строительства 1 м² в скользящей опалубке

Элемент кон-струкции	Монтаж опалубки (тг/м ²)	Демонтаж опалубки (тг/м ²)	Бетонирование (тг/м ²)	Армирование (тг/м ²)	Общая стои-мость (тг/м ²)
Стены	52 735	29 620	24 625	58 922	165 902
Итого					165 902

Таким образом, стоимость строительства 1 м² в скользящей опалубке составит 165902 тг для стен.

Сравнительный анализ затрат показывает, что объемно-переставная (тоннельная) опалубка является более экономически выгодной для одновременного бетонирования стен и перекрытий с итоговой стоимостью около 122 893 тг/м², что значительно ниже по сравнению с затратами в 165 902 тг/м² для стен при использовании скользящей опалубки.

Следующим этапом сравнительного анализа в данной статье является оценка трудозатрат при использовании различных опалубочных систем. Для объемно-переставной опалубки были определены параметры технологических процессов: затраты труда рабочих, затраты времени машин и механизмов. Данные расчеты произведены на основании сметных норм и расценок на новые технологии в строительстве в таблице 3 [2].

Таблица 3. Монтаж и демонтаж объемно-переставной опалубки (измеритель: 1 м² конструкций)

Наименование элементов затрат	Ед. изм.	Норма расхода
Перекрытия		
Затраты труда рабочих	чел.-ч	0,98
Затраты труда машинистов	чел.-ч	0,06
Машины и механизмы:		
Краны башенные максимальной грузоподъемностью 8 т, высота подъема до 41,5 м	маш.-ч	0,018
Подъемники строительные грузопассажирские, грузоподъемность до 0,8 т	маш.-ч	0,02
Краны на автомобильном ходу максимальной грузоподъемностью 10 т	маш.-ч	0,022
Стены		
Затраты труда рабочих	чел.-ч	1,96
Затраты труда машинистов	чел.-ч	0,124
Машины и механизмы:		
Краны башенные максимальной грузоподъемностью 8 т, высота подъема до 41,5 м	маш.-ч	0,04
Подъемники строительные грузопассажирские, грузоподъемность до 0,8 т	маш.-ч	0,04
Краны на автомобильном ходу максимальной грузоподъемностью 10 т	маш.-ч	0,044

Для скользящей опалубки были определены параметры технологических процессов: затраты труда рабочих, затраты времени машин и механизмов. Данные расчеты произведены на основании сметных норм и расценок на новые технологии в строительстве в таблице 4 [2].

Таблица 4. Монтаж и демонтаж скользящей опалубки (измеритель: 1 м осевой линии опалубки)

Наименование элементов затрат	Ед. изм.	Норма расхода
Монтаж опалубки стен		
Затраты труда рабочих	чел.-ч	20,7
Затраты труда машинистов	чел.-ч	0,87
Машины и механизмы:		
Краны на автомобильном ходу максимальной грузоподъемностью 16 т	маш.-ч	0,85
Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т	маш.-ч	0,02
Демонтаж опалубки стен		
Затраты труда рабочих	чел.-ч	17,6
Затраты труда машинистов	чел.-ч	0,2
Машины и механизмы:		
Краны башенные максимальной грузоподъемностью 8 т, высота подъема до 41,5 м, максимальный вылет стрелы до 55 м	маш.-ч	0,2

Для того чтобы проанализировать технико-экономические показатели монтажа и демонтажа объемно-переставной опалубки были проведены расчеты объемов работ для условного 10-этажного жилого здания в таблице 5.

Таблица 5. Техничко-экономические показатели для объемно-переставной (тоннельной) опалубки

Наименование технологического процесса	Норма трудозатрат, чел-ч	Объем работ	Общие трудозатраты, чел-ч
Опалубка перекрытий (монтаж и демонтаж)	0,98 чел-ч за 1 м ²	3 000 м ²	2 940 чел-ч
Опалубка стен (монтаж и демонтаж)	1,96 чел-ч за 1 м ²	4 000 м ²	7 840 чел-ч
Итого общие трудозатраты			10 780 чел-ч

Общие трудозатраты составляют около 10 780 чел-часов. Такая система характеризуется меньшей трудоемкостью за счёт модульной конструкции и стандартной техники, что снижает затраты на монтаж и демонтаж. Объемно-переставная система может положительно сказаться на экономической эффективности проекта при строительстве объектов средней этажности.

В таблице 6 представлен расчет технико-экономических показателей монтажа и демонтажа скользящей опалубки для условного 10-этажного жилого здания.

Таблица 6. Техничко-экономические показатели для скользящей опалубки

Наименование технологического процесса	Норма трудозатрат, чел-ч	Объем работ	Общие трудозатраты, чел-ч
Монтаж скользящей опалубки	20,7 чел-ч за 1 м осевой линии	400 м	8 280 чел-ч
Демонтаж скользящей опалубки	17,6 чел-ч за 1 м осевой линии	400 м	7 040 чел-ч
Итого общие трудозатраты			15 320 чел-ч

Общие трудозатраты по монтажу и демонтажу составляют около 15 320 чел-часов. Несмотря на преимущества непрерывной заливки, система требует больше усилий для установки специализированной техники и более высокой квалификации персонала, что отражается на более высоких трудозатратах.

Таким образом, для рассматриваемого 10-этажного здания объемно-переставная опалубка демонстрирует более низкую трудоемкость и, соответственно, потенциально более выгодные технико-экономические показатели по монтажу и демонтажу опалубки по сравнению со скользящей системой.

На основании проведенного сравнительного анализа объемно-переставной и скользящей опалубки была определена наиболее экономически целесообразная и менее трудоемкая технология — объемно-переставная опалубка. Выбор данной системы обусловлен следующими факторами:

— Экономическая эффективность: Стоимость строительства 1 м² в объемно-переставной опалубке (около 122 893 тг для одновременного бетонирования стен и перекрытий) значительно ниже, чем при использовании скользящей системы (165 902 тг для стен).

— Низкая трудоемкость: При использовании объемно-переставной опалубки общие трудозатраты на монтаж и демонтаж значительно ниже по сравнению со скользящей системой. Например, для нашего условного проекта общие трудозатраты составляют около 10 780 чел-часов против 15 320 чел-часов при скользящей опалубке.

— Оптимальность для объектов средней высоты: Данная система отлично подходит для жилых зданий до 15–20 этажей, обеспечивая высокое качество заливки за счет одновременного бетонирования стен и перекрытий.

— Доказанная технология: Объемно-переставная опалубка демонстрирует стабильные показатели при применении в массовом строительстве, что делает её надежным выбором для дальнейшей реализации проектов.

Таким образом, результаты исследования подтверждают целесообразность внедрения объемно-переставной опалубки в современные строительные процессы, что позволит значительно повысить темпы строительства, снизить затраты и повысить качество возводимых объектов.

Литература:

1. Ресурсная сметно-нормативная база РК «РСНБ РК 2024».
2. Сборники элементных сметных норм расхода ресурсов на строительные работы и монтаж оборудования «ЭСН РК 8.04–01–2022».

БИОЛОГИЯ

Формирование естественнонаучной грамотности посредством интеграции биоинженерных решений

Онищенко Татьяна Ивановна, учитель биологии
МБОУ СОШ № 8 г. Ноябрьска (Ямало-Ненецкий автономный округ)

В статье автор исследует различные инструменты естественнонаучной грамотности, которые можно применять на уроках биологии. Целью работы является определение и создание условий по командному решению актуальных практических междисциплинарных задач естественнонаучного направления в рамках деятельности лаборатории с применением междисциплинарных знаний по биологии, биотехнологии, химической технологии, инженерному делу, основам программирования, теплофизике и теплоэнергетике.

Ключевые слова: естественнонаучная грамотность, биоинженерия, ученик, команда, биотехнология, инженерное дело.

Майским Указом Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» закреплено, что следует внедрять на уровнях основного общего и среднего общего образования такие методы обучения и воспитания, образовательные технологии, которые позволят учащимся овладеть базовыми навыками и умениями, повысить мотивацию к обучению. Кроме того, согласно «Концепции развития естественнонаучного образования в Ямало-Ненецком автономном округе от 25 января 2017 года», необходимо развивать направление обучения в области естественных наук, подразумевающее «развитие у школьника не только системы знаний, умений, навыков, но и способов деятельности и способов действий, связанных с изучением природы во всех её проявлениях, с формированием целостной естественнонаучной картины мира».

В «Концепции развития естественнонаучного образования в Ямало-Ненецком автономном округе и комплекса мер по ее реализации» от 17 сентября 2020 года», в рамках образовательных программ необходимо соответствовать высокому спросу на специалистов в области техники и технологий на базе высокотехнологичных производств, их интеграции с областью естественнонаучного направления, в котором биопроцессы играют одну из существенных функций. Суммируя существующие вызовы системе образования, необходимо подтвердить, что технологии и биопроцессы как межпредметное пространство для обучения — это «целенаправленный процесс и результат постепенно приобретаемого опыта познавательной и практической деятельности, ценностных ориентаций и отношений» [11].

Ежегодно проводимая независимая оценка удовлетворённости родителей качеством образовательной деятельности организаций дополнительного образования в ЯНАО показала, что около 15 % родителей и законных представителей учащихся не в полной мере довольны материально-техническим и информационным обеспечением в школах. Кроме того, примерно такой же процент взрослых не уверен в том, что созданы достаточные условия для получения образования в рамках сетевой формы реализации образовательных программ. Часть родителей считает, что необходимо улучшить возможности школы для развития творческих способностей и интересов обучающихся, включая их участие в конкурсах и олимпиадах (в том числе во всероссийских и международных), выставках, смотрах, физкультурно-спортивных (в том числе в официальных спортивных соревнованиях), и других массовых мероприятиях. Независимая общественная оценка качества предоставляемых услуг важна и позволяет сделать вывод о необходимости внесения новых форм и методов обучения на основе сетевого взаимодействия.

В результате изменения приоритетов в создании образовательной среды, основанной на изучении технологических и биопроцессов, у обучающихся возникнет углубление представлений об основных особенностях естественнонаучного исследования, усовершенствуются умения объяснять или описывать естественнонаучные явления на основе имеющихся знаний, а также умение прогнозировать изменения и использовать научные доказательства и имеющиеся данные для получения выводов, их анализа и оценки достоверности.

На уровне системы образования региона технология естественнонаучного образования обеспечит достижение эффективности всех видов образовательной деятельности на основе использования информационных и телекоммуникационных технологий, а также повышение качества подготовки специалистов с новым типом мышления на основе высокотехнологических принципов.

Произойдут трансформации и в жизни сообщества, поскольку приобретаемый опыт изменит отношение к понятиям ситифермства, экологизации технологических процессов. В целом, это позволит перейти от простого потребления товаров, к их грамотному воспроизводству в согласии с окружающей средой и существующей экологической ситуацией, но в рамках потребностей региона по подготовке специалистов, умеющих работать в нескольких высокотехнологичных областях.

Актуальность работы «Лаборатория биоинженерных решений «Proventus» подтверждается тем, что уже существуют необходимые теоретические предпосылки по исследованию методологии развития высокотехнологических навыков на стыке нескольких профессиональных областей, например, идеи Д. Б. Богоявленской, Л. С. Выготского, И. Я. Лернера, М. И. Махмутова о взаимосвязи обучения и развития, о роли дидактических приемов и методов умственной деятельности в развитии интеллектуальной сферы личности обучающегося, его исследовательских умений. Проблемы организации учебного процесса в этом ракурсе рассматривались в работах А. В. Андриенко, Д. Б. Богоявленской, В. Л. Вишневской, Л. А. Казариной, А. В. Козыревой, П. Ю. Романовым и другими учеными.

Обоснованность реализации работы подтверждается научными трудами по вопросам формирования и развития исследовательских компетенций/компетентностей В. А. Адольфа, О. Н. Большаковой, М. Ю. Гармашова, Л. А. Никитина, С. И. Осиповой, С. Н. Скарбач, Е. В. Феськовой, Н. А. Федотовой, работы зарубежных ученых (М. Baer, A. Helmke, Ch. Schiersmann, HutmacherWalo, J. Raven). Анализ психолого-педагогических исследований подтверждает значимость работы и её актуальность.

Однако в педагогической теории и образовательной практике сложились противоречия между:

- требованиями государства и общества к формированию способов деятельности и способов действий, связанных с изучением природы, у обучающихся и недостаточной ориентацией системы образования на удовлетворение этих требований;
- достаточным уровнем изученности компетентностного подхода как императива качественного образования и неразработанностью теоретически обоснованных педагогических условий, способствующих формированию способов по взаимодействию с природой у обучающихся в естественнонаучных дисциплинах, смежных с ними областей (математика, информатика, химия, физика) в условиях сетевого взаимодействия и с учетом региональной специфики ЯНАО;

– потребностью самих обучающихся в деятельности и практике, способствующих обогащению опыта решения задач по выращиванию полезных растений с использованием современных технологий, с уменьшением энергозатрат, с автоматизацией ручного труда и применением знаний из смежных областей.

Выявленные противоречия актуализировали необходимость решения проблемы по созданию условий для решения междисциплинарных задач естественнонаучного направления и начало реализации проекта «Лаборатория биоинженерных «Proventus», связанного с обоснованием условий формирования практических и высокотехнологических навыков в сетевом взаимодействии (с учетом региональной специфики).

В рамках указанных выше тенденций в МБОУ СОШ № 8 с 2017 года реализуется проект по теме: «Сетевое партнерство школы, вузов и бизнеса в профессиональной ориентации молодежи». Он был одобрен и получил финансовую поддержку на конкурсе инновационных проектов на присуждение грантов в системе образования Ямало-Ненецкого автономного округа (подпрограмма 3 «Модернизация системы образования» государственной программы Ямало-Ненецкого автономного округа «Развитие образования на 2014–2020 годы»). Инициатива авторов и исполнителей проекта поддержана Минобрнауки. В декабре 2017 школе присвоен статус Федеральной инновационной площадки (приказ Министерства образования и науки от 11 декабря 2017 года № 1206 «О федеральных инновационных площадках»).

При поддержке организаций-партнеров МБОУ СОШ № 8 г. Ноябрьск, ПАО «СИБУР Холдинг», Ноябрьский садовый центр, ООО «Газпром добыча Ноябрьск», АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» создается и совершенствуется образовательная среда по физико-математическому и химическому направлениям, укрепляется материально-техническая база по профильным предметам. В рамках партнерства реализуется совместный с Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз и научными сотрудниками Сибирского отделения Российской академии наук исследовательский проект «Эколабус», расширяющий возможности изучения профильной химии, биологии, направленный на привлечение старшеклассников к научной работе по изучению природы северной тайги, тундры. Кроме того, МБОУ СОШ № 8 является методической базой НГУ по проведению Всесибирской открытой олимпиады школьников, на которую ежегодно собирает обучающихся со всего ЯНАО и ХМАО для проверки знаний по математике, физике, информатике, химии, биологии и астрономии. Призеры и победители имеют право на льготы при поступлении в вузы, в том числе без вступительных испытаний. Это позволяет сделать вывод о том, что МБОУ СОШ № 8 обладает достаточными организаторскими и методологическими навыками для реализации проекта «Лаборатория биоинженерных решений «Proventus».

Цель работы — определить и создать условия по командному решению актуальных практических междис-

циплинарных задач естественнонаучного направления в рамках деятельности лаборатории с применением междисциплинарных знаний по биологии, биотехнологии, химической технологии, инженерному делу, основам программирования, теплофизике и теплоэнергетике.

В результате получится использовать сетевое взаимодействие с организациями научно-технического ракурса в развитии высокотехнологичных навыков, обучающихся на базе работы с экологическими системами, а также стать действующей площадкой для развития агротехнологических навыков.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать аналитические материалы по решению задач в экосистемах городского формата.
2. Обосновать отбор учебного материала, материально-технического обеспечения раздела «Агробiotехнологии», освоение которого должно способствовать подготовке специалистов в смежных областях, с учетом региональных особенностей.
3. Создать условия по командному решению актуальных практических задач в экологических системах городских и промышленных ферм с применением междисциплинарных знаний.

Идея проекта «Лаборатория биоинженерных решений «Proventus» заключается в том, что, следя за появлением, ростом, сбором урожая, подсчетом затрат, убытков, прибыли, прогнозированием, автоматизацией и технологизацией эко- и агропроцессов, каждый обучающийся-участник сможет получить углубленные знания в смежных областях естественнонаучного направления и применить их в олимпиадах аграрного и биотехнологического сектора, решить проблему местного выращивания овощей в регионах с суровыми погодными условиями.

Новизна проекта заключается в том, что происходит разностороннее формирование базовых навыков учащихся по смежным дисциплинам (биологии, биотехнологии, химической технологии, инженерному делу, основам программирования, теплофизике и теплоэнергетике), которые могут помочь развить собственные идеи, организовать процесс и прийти к поставленным целям. В отличие от других программ по созданию тепличных конструкций, в настоящем проекте подразумевается комплексный подход от идеи до разработки конкретных шагов для достижения намеченного результата.

Проект уточняет и конкретизирует теоретические положения интенсивного развития профессиональной личности учащегося в смежной предметной области. Теория подробно изложена в трудах таких ученых, как Леонтьев А. Н., Запорожец А. В., Рубинштейн С. Л., Пиаже Ж., Выготского Л. С., Давыдова В. В., Эльконина Д. Б., Занкова Д. В., Истоминой Н. Б. и Шаймарданова Р. Х. На основе общепсихологической структуры личности, с учетом основных элементов педагогической деятельности моделируется технология интенсивной реализации субъекта деятельности в процессе развития и саморазвития в проекте, позволяющее обеспечить становление учащегося по опережающим традиционный учебно-образовательный процесс принципам. Кроме того, в работе происходит адаптация требований педагогической технологии к конкретному содержанию программы по автоматизации и технологизации эко- и агропроцессов при создании условий для жизнедеятельности растений.

Литература:

1. Arduino NANO // Radioprogram URL: <http://radioprogram.ru/shop/merch/2>. (Дата обращения — 28.01.2021)
2. Автоматизация управления теплиц // Онлайн-библиотека СПбГЭУ URL: <http://lib.eltech.ru/files/vkr/2017/bakalavri/3307/2017%D0%92%D0%9A%D0%A0330711%D0%A5%D0%90%D0%A0%D0%98%D0%A2%D0%9E%D0%9D%D0%9E%D0%92.pdf>. (Дата обращения — 10.02.2021)
3. Датчик температуры и влажности // Arduino-diy URL: <http://arduino-diy.com/arduino-datchiki-temperature-i-vlazhnosti-DHT11-i-DHT22>. (Дата обращения — 10.02.2021)
4. Микроконтроллер // myrobot URL: https://myrobot.ru/stepbystep/mc_about.php. (Дата обращения — 10.02.2021)
5. НПФ «Фито» Система управления микроклиматом теплицы (FC серия). <http://www.fito-system.ru/upravleniemikroklimatom-teplicity>. (Дата обращения — 11.02.2021)
6. Петин, В. Проекты с использованием микроконтроллера Arduino / В. Петин. — М.: БХВ-Петербург, 2017. — 457 с.
7. Стрекалова, Н. Д. Бизнес-планирование: Уч. пособие/ Н. Д. Стрекалова. С-Пб.: Питер. — 2012. — 352с
8. Умная теплица. // Science-start URL: <https://sciencestart.ru/ru/article/view?id=811>. (Дата обращения — 20.01.2020)
9. Умные теплицы в России. //Онлайн газета Росси URL: <https://www.gazeta.ru/business/2017/08/01/10814257.shtml>. (Дата доступа 18.02.2021)
10. Установка и настройка Arduino IDE // All-arduino URL: <https://allarduino.ru/arduino-ide/> (дата обращения: 10.02.2021)
11. Васильева Н. А. Становление естественно-научного образования в России в XVIII – первой половине XIX вв. (до реформ 60-х гг.) : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Нижний Тагил, 2008.

МЕДИЦИНА

Открытый аортальный проток у недоношенных новорожденных

Ахмедов Максат Муратулы, врач-интерн;
Дулатов Олжас Талгатулы, врач-интерн;
Назаркул Айдана Саидакбаркызы, врач-интерн;
Илесбек Назерке Даниярбеккызы, врач-интерн;
Таукелова Медина Корганбековна, врач-интерн
Медицинский университет Караганды (Казахстан)

Несмотря на большой объем фундаментальной науки и клинических исследований все еще существует неопределенность и противоречия относительно значимости, оценки и лечения открытого артериального протока у недоношенных детей, что приводит к существенной неоднородности в клинической практике.

Ключевые слова: аортальный проток, недоношенные новорожденные, гемодинамика, внутрижелудочковое кровоизлияние, индометацин, ибупрофен.

Боталлов (аортальный) проток — это кровеносный сосуд, который соединяет легочную артерию с аортой во время внутриутробного развития. Открытый артериальный проток (ОАП) — это физиологический шунт у здоровых доношенных и недоношенных детей. У недоношенных детей частота открытого артериального протока выше, чем у доношенных.

У здоровых доношенных новорожденных АП обычно подвергается функциональному закрытию между 24 и 72 часами жизни [1], чему способствуют более высокие постнатальные уровни РаО₂, увеличение легочного потока и снижение количества локальных рецепторов простагландина Е₂ (ПГЕ₂) [2], что снижает сосудорасширяющее действие ПГЕ₂ на АП.

Влияние ПГЕ₂ на расслабление гладких мышц сосудов приводит к поддержанию проходимости протоков и происходит посредством активации аденилатциклазы, что приводит к повышению уровня цАМФ посредством взаимодействия с рецепторами G-белка [3].

Анатомическое закрытие артериального протока завершается путем развития артериальной связки. Пока проток остается открытым, кровь обычно течет слева направо из аорты в легочные артерии. Поскольку сопротивление легочных сосудов снижается в течение первых нескольких дней после рождения, доля аортального кровотока, который отводится в легочный кровоток, соответственно увеличивается. Это приводит к избыточному кровотоку через легкие, предрасполагая к развитию отеку легких и приводит к дыхательной недостаточности, также увеличения общего сердечного выброса, что при-

водит к нарушению перфузии жизненно важных органов, включая кишечник, почки и мозг.

Длительно открытый аортальный проток ведет к неблагоприятным исходам, включая более высокие показатели смертности, бронхолегочную дисплазию (БЛД), легочное кровотечение, некротизирующий энтероколит, нарушение функции почек, внутрижелудочковое кровоизлияние (ВЖК) и детский церебральный паралич.

По данным Беница и Комитета по плодам и новорожденным, на 4-й день жизни ОАП сохраняется примерно у 10 % младенцев с гестационным возрастом (ГВ) от 30 до 37 недель, у 80 % младенцев с ГВ от 25 до 28 недель и у 90 % недоношенных детей, рожденных на 24 неделе ГВ. С 7-го дня постнатальной жизни процент младенцев с ОАП в этих группах снижается, соответственно, примерно до 2 %, 65 % и 87 %. Артериальный проток спонтанно закрывается у 73 % младенцев со сроком гестации более 28 недель и у 94 % младенцев с массой тела при рождении более 1000 граммов [4].

Наличие ОАП наиболее определенно демонстрируется с помощью цветной доплеровской эхокардиографии, которая позволяет подтвердить проходимость, измерить размеры и оценить направление, скорость кровотока в протоках на протяжении сердечного цикла. Значительное шунтирование протоков может быть связано с увеличенным соотношением размеров корня левого предсердия и аорты $\geq 1,5:1$, диаметром протоков $\geq 1,5$ мм, объемом левого желудочка и нагрузкой давлением, а также реверсией диастолического потока в нисходящей аорте или в церебральных или почечных артериях. Концентрации натрийуретических пептидов в сыворотке повышены у не-

доношенных детей с ОАП [5], коррелируют с эхокардиографическими показателями объема шунта, и снижаются после закрытия протоков. Концентрация тропонина Т в возрасте 48 часов выше у младенцев с ОАП [6].

Несмотря на годы исследований в лечении ОАП, все еще остается много нерешенных вопросов относительно его оценки и лечения, с вытекающей из этого неоднородностью клинической практики в разных центрах, особенно в отношении сроков и модальности вмешательства.

Недавние исследования не рекомендуют профилактическое лечение, поскольку это подвергает младенцев неблагоприятным эффектам индометацина или ибупрофена [7]. Хотя профилактическое введение индометацина у детей с очень низкой массой тела при рождении снижает частоту открытого артериального протока и тяжелого внутрижелудочкового кровоизлияния. Учитывая вызванное лекарствами снижение почечного, кишечного и мозгового кровообращения, использование профилактики не может быть рекомендовано в плановом порядке у недоношенных новорожденных [7]. Однако лучшее понимание генетического фона каждого ребенка может позволить проводить индивидуальную профилактику с использованием нестероидные противовоспалительные препараты (НПВС).

Для этой цели терапия первой линии является медикаментозной, а НПВС являются препаратами выбора. Индометацин был первым препаратом, используемым для лечения ОАП, показывая частоту закрытия около 70–85 %, было показано, что он снижает частоту внутрижелудочковых кровоизлияний на 30 % и тяжелых легочных кровотечений на 35 % [1]. Однако из-за своей высокой сосудосуживающей способности этот препарат был связан с рядом побочных эффектов, таких как нарушение функции почек вплоть до острой или хронической почечной недостаточности, олигурия, протеинурия, гиперкалиемия. Ибупрофен имеет тот же механизм действия

и эффективность в закрытии ОАП, что и индометацин [8], но его более низкий сосудосуживающий эффект приводит к меньшему влиянию на микроциркуляцию и, следовательно, меньшему нарушению функции почек. В настоящее время он является препаратом первого выбора для лечения, но не рекомендуется для профилактики из-за отсутствия эффективности в снижении частоты внутрижелудочковых кровоизлияний, в отличие от индометацина [1]. Парацетамол является привлекательным вариантом в случаях, когда ингибиторы ЦОГ противопоказаны или неэффективны.

В детской популяции в целом передозировка ацетаминофена является основной причиной печеночной недостаточности. Терапия ацетаминофеном для закрытия ОАП у недоношенных детей часто оценивали повреждение печени путем мониторинга сывороточной аланин- и аспартаттрансаминазы. Однако, в отличие от детей старшего возраста, гепатотоксичность, вызванная ацетаминофеном, встречается редко в неонатальном периоде [9].

Хирургическое закрытие ОАП после неэффективности медикаментозной терапии или в случае противопоказаний к имеющимся препаратам не исключает побочных эффектов, таких как дисфункция голосовых связок, ухудшение неврологического исхода, риск БДП, ретинопатия недоношенных, хилоторакс и паралич диафрагмы, кровотечение, пневмоторакс и кардиореспираторная недостаточность [1].

Известно, что неблагоприятные исходы на первых этапах жизни могут влиять на артериальное давление и предрасполагать в будущем на сердечно-сосудистые заболевания. Таким образом, неправильное лечение которой может потенциально привести к постоянным нарушениям сердечно-сосудистой функции. В настоящее время неясно, может ли быть полезным консервативный, фармакологический или хирургический подход к закрытию ОАП и когда это необходимо

Литература:

1. Abdel-Hady H., Nasef N., Shabaan A. E., Nour I. Patent ductus arteriosus in preterm infants: Do we have the right answers? *BioMed Research International*. 2013;2013 doi: 10.1155/2013/676192.676192
2. Bhattacharya M., Asselin P., Hardy P., et al. Developmental changes in prostaglandin E2 receptor subtypes in porcine ductus arteriosus: Possible contribution in altered responsiveness to prostaglandin E2. *Circulation*. 1999;100(16):1751–1756. doi: 10.1161/01.CIR.100.16.1751.
3. Tan Z. H., Baral V. R. Principles of clinical management of patent ductus arteriosus in extremely preterm neonates. *Current Pediatric Reviews*. 2016;12(2):83–97. doi: 10.2174/157339631202160506001309.
4. Benitz W. E., Committee on Fetus and Newborn Patent Ductus Arteriosus in Preterm Infants. *Pediatrics*. 2016;137(1) doi: 10.1542/peds.2015–3730.
5. Choi BM, Lee KH, Eun BL, et al. Utility of rapid B-type natriuretic peptide assay for diagnosis of symptomatic patent ductus arteriosus in preterm infants. *Pediatrics*. 2005;115 (3).
6. El-Khuffash AF, Molloy EJ. Influence of a patent ductus arteriosus on cardiac troponin T levels in preterm infants. *J Pediatr*. 2008;153(3):350–353.
7. Fanos V., Pusceddu M., Dessi A., Marcialis M. A. Should we definitively abandon prophylaxis for patent ductus arteriosus in preterm new-borns? *Clinics*. 2011;66(12):2141–2149. doi: 10.1590/S1807–59322011001200022.
8. Allegaert K., Anderson B., Simons S., Van Overmeire B. Paracetamol to induce ductus arteriosus closure: Is it valid? *Archives of Disease in Childhood*. 2013;98(6):462–466. doi: 10.1136/archdischild-2013–303688.
9. Wright CJ. Acetaminophen and the Developing Lung: Could There Be Lifelong Consequences? *J Pediatr* 2021; 235: 264–276.e1.

Физиологический аспект укуса человека перепончатокрылыми

Мамоненков Никита Константинович, студент

Научный руководитель: Репалова Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент

Курский государственный медицинский университет

В данной статье рассматривается физиологическое воздействие укусов перепончатокрылых, таких как пчелы, осы и шершни на организм человека. Укусы этих насекомых могут провоцировать широкий спектр реакций, как местного, так и системного характера. Изучается химическая природа яда перепончатокрылых, его влияние на клеточном и молекулярном уровнях, а также роль иммунной системы в случае интоксикации организма.

Ключевые слова: укус пчелы, перепончатокрылые, аллергическая реакция, интоксикация, насекомые, яд, первая медицинская помощь.

Physiological aspects of the bite of a human by a Hymenoptera

This article examines the physiological effects of hymenoptera stings such as bees, wasps and hornets on the human body. The bites of these insects can provoke a wide range of reactions, both local and systemic. The chemical nature of hymenoptera venom, its effect on cellular and molecular levels, as well as the role of the immune system in case of intoxication of the body are being studied.

Keywords: bee sting, hymenoptera, allergic reaction, intoxication, insects, poison, first aid.

В современном мире случаи укусов насекомыми занимают одно из лидирующих мест по причинам возникновения аллергической реакции [15]. Распространённость инсектной аллергии (ИА) в России составляет 0,4–8 % [2]. Выраженные местные реакции на укусы перепончатокрылых насекомых встречаются в 2,4–26,4 % общей популяции населения. Системные реакции отмечены у 6,4 % обследованных пациентов на гиперчувствительность к яду, вплоть до анафилактического шока [4,16]. Все вышесказанное сделало интересным изучить физиологические механизмы развития ответных реакций организма на ужаление насекомыми.

В географической полосе РФ наибольшее значение в развитии ИА принадлежит жалящим насекомым семейства Apidae, к которому относят пчел и шмелей, семейства Vespidae (шершни, осы настоящие, длинные, бумажные), а также Formicidae — семейство муравьев [13]. Все перечисленные виды относятся к перепончатокрылым. Укус представителей этих видов вызывает аллергические реакции (АР).

Жалящим аппаратом является модифицированный яйцеклад. Количество яда, которое высвобождается в момент ужаления, варьируется в зависимости от вида насекомого. При ужалении пчелы высвобождается от 50 до 140 мкг яда, шмеля — 10–30 мкг. Осы, которые способны к повторным ужалениям, высвобождают значительно меньше яда — от 2 до 17 мкг [10].

Состав яда перепончатокрылых насекомых содержит следующие основные группы биологически активных веществ:

Биогенные амины (гистамин, норадреналин, серотонин, кинины) приводят к понижению артериального давления, отеку окружающих тканей и нарушению ми-

кроциркуляции крови. Благодаря воздействию аминов возникает болевое ощущение и воспаление.

Ферменты (фосфолипаза А, гиалуронидазу, кислую фосфатазу) проявляют наивысшую аллергенную активность, обладают мощным сенсibiliзирующим действием и способствуют нарушению гемостаза [8].

Основные пептиды (апамин, нейротоксин, меллитин).

Мелиттин является основным компонентом пчелиного яда. Данный пептид повреждает клеточные мембраны посредством увеличения проницаемости. Это приводит к усиленному выходу ионов калия, входу натрия и в последствии — к цитолизу. Нейротоксины тормозят выделение медиатора из пресинаптической бляшки, нарушая нервно-мышечные синапсы, что приводит к параличу мышц [21]. Апамин блокирует калиевые каналы, что приводит к нарушению передачи нервных импульсов [26].

Кроме того, яд может содержать аминокислоты, фосфолипиды и т. д. Это зависит от вида насекомого: у ос — серотонин, шершней — ацетилхолин [24].

На сегодняшний день существует следующая классификация реакций на аллергены представителей этого отряда: 1) реакции неиммунологической природы, обусловленные содержанием в яде этих насекомых ряда биологически активных веществ (БАВ); 2) иммунологические реакции, которые являются результатом специфического иммунного ответа на аллерген [5].

Механизм развития аллергических реакций при укусах перепончатокрылых насекомых представлен сложным иммунологическим процессом, протекающим в организме при контакте с антигенами насекомых:

1. Реакция сенсibilизации. Первый контакт с ядом, активация иммунной системы для выработки антител и медиаторов воспаления [9, 11].

2. Высвобождение антител класса IgE. Иммуноглобулины E продуцируются В-лимфоцитами, связываются с тучными клетками и базофилами [14]. Данные антитела являются индикатором аллергена, подготавливая иммунную систему к быстрой и сильной реакции при повторном воздействии этого же аллергена. При последующем контакте с аллергеном происходит активация этих клеток. Тучные клетки высвобождают медиаторы воспаления, что приводит к аллергической реакции [18, 23].

Во время появления аллергена клетки изменяют свой обмен веществ (сначала увеличивается количество поглощаемого кислорода тканями, потом снижается), также происходит выбрасывание биологически активных веществ (гистамин, серотонин) и активация протеолитических и липолитических ферментов, повреждающих клетки. Токсичное действие от изменения состава в конечном итоге и приводит к проявлению внешних признаков аллергической реакции. Важно понимать, что антитела являются посредниками, то есть, они предопределяют ход развития событий при воздействии аллергена на живые клетки организма [13,18].

Реакции на яд перепончатокрылых насекомых подразделяются на местные и системные. Как правило, при ужалении здоровых людей возникает местная токсическая реакция в виде небольшого покраснения, отека и боли в месте поражения, исчезающая в течение нескольких часов, — она обусловлена токсическим действием яда насекомого [22].

Системные аллергические реакции при ИА выявляются у 0,3 до 7,5 % населения и являются наиболее опасными для здоровья и жизни человека, так как они поражают жизненно важные системы организма [6]. Они связаны с нарушениями в системе кровообращения (снижение кровяного давления, повышение проницаемости сосудов), также яд вызывает спазм гладких мышц и отек слизистых, что, например, затрудняет прохождение воздуха по бронхам [12]. Системные токсические реакции наблюдаются при укусе несколькими десятками или сотнями насекомых в максимально короткий промежуток времени, что характеризуется сильной интоксикацией организма. Больные жалуются на головную боль, тошноту, повышение температуры и боли в суставах. Она развивается в результате гемолитического, геморрагического и нейротоксического действия яда перепончатокрылого насекомого.

По тяжести все системные аллергические реакции подразделяют на четыре степени:

I степень. Распространенная крапивница, зуд кожи, недомогание, страх, время развития менее 30 минут.

II степень. Перечисленные выше симптомы плюс 2 или более следующих признака: сосудистый отек, сдавление в груди, тошнота, рвота, диарея, боль в животе, головокружение.

III степень. Любой из перечисленных симптомов II степени плюс 2 и более следующих: диспноэ, стридор, одышка.

IV степень (анафилактический шок). Любой из перечисленных симптомов III степени плюс 2 или более следующих: падение артериального давления, потеря сознания, коллапс, непроизвольное мочеиспускание и дефекация, цианоз, сокращение матки, которое при беременности может являться причиной выкидыша [19,25].

Скорость появления и нарастания симптомов служит относительным индикатором тяжести состояния. Появление первых симптомов аллергических реакций спустя 1–3 мин. после ужаления, обычно оцениваются как тяжелые, через более продолжительное время — как более легкие.

Иммунный ответ организма на ужаления перепончатокрылых насекомых представлен действием лейкоцитов:

Нейтрофилы являются важнейшими иммунными клетками, которые одними из первых реагируют на укусы и инфекции. Отвечают за неспецифический клеточный и гуморальный иммунитет (фагоцитоз, синтез лизоцима и интерферона). Они помогают уничтожать патогены и участвуют в воспалительном процессе.

Эозинофилы являются инактиваторами биологически активных веществ. Вырабатывают такие ферменты, как гистаминаза (помощью данного фермента организм избавляется от избытка попавшего извне гистамина) и глюкокоронидаза (участвует в детоксикации). При укусе они могут вырабатываться в большом количестве, особенно при аллергии на яд.

Базофилы участвуют в синтезе и секреции биологически активных веществ, таких как гистамин, гепарин, серотонин и др. Благодаря медиаторам базофилы участвуют в аллергических реакциях.

Моноциты, благодаря фагоцитозу, очищают место укуса от поврежденных клеток (неспецифический клеточный иммунитет) [7].

Лимфоциты участвующих в клеточном и гуморальном иммунитете, делятся на два вида. Т-клетки принято называть хелперами, регулирующие процессы работы других клеток иммунной системы. Помимо них в крови представлена группа Т-лимфоциты, которые обеспечивают замедленное течение аллергических реакций. В организме есть еще одна группа Т-лимфоцитов, которые называются супрессорами. Их задача заключается в подавлении аллергических реакций в ответ на действие аллергена. Образование аллергических антител происходит под действием потоков В-лимфоцитов. При взаимодействии с антигеном или благодаря стимуляции со стороны Т-лимфоцитов, происходит высвобождение антител [3,20].

Образование аллергических антител в организме человека происходит под воздействием еще одной важной группы иммунных клеток — макрофагов. Эти клетки отвечают за гомеостаз, то есть, за поддержание постоянства внутренней среды. Для улавливания чужеродных веществ макрофаги имеют специальный аппарат, который состоит из вакуолей. Они представлены в виде пузырьков, наполненных активными ферментами. Эти ферменты способны расщеплять белки, нуклеиновые кислоты и углеводы. Если

в организм человека попадает белок с аллергеном, его разрушением занимаются макрофаги [1].

Если в организме все в норме (процессы гомеостаза не нарушены), то после достижения количества антител, достаточного для ответа на действие аллергена, выработка специфических антител прекращается. Здесь работает защита от сенсibilизации — чрезвычайно высокого количества в жидкой среде специфических антител [17].

Если же человек предрасположен к столкновению с аллергическими реакциями, процессы выработки специфических антител нарушаются. Это приводит к обратному эффекту — когда синтез специфических антител продолжается даже после того, как их количество становится достаточным для иммунного ответа организма. Возникает

эффект сенсibilизации, который угрожает повреждением тканей организма.

Подводя итог, укусы перепончатокрылых насекомых оказывают негативное влияние на организм человека. Они могут вызывать не только местные реакции в виде покраснения и отека, но и тяжелые системные реакции, вплоть до анафилактического шока у людей, имеющих гиперчувствительность к яду насекомых. Понимание физиологических процессов, происходящих при укусе перепончатокрылых, поможет в разработке эффективных методов профилактики и лечения. Осведомленность о потенциальной опасности яда на организм человека поможет уменьшить случаи возникновения угрозы для здоровья и жизни среди населения.

Литература:

1. Аллергология и иммунология: Национальное руководство. — М., 2015. — С. 192–210.
2. Артишевский, С. Н. Клинические особенности диагностики и лечения инсектной аллергии / С. Н. Артишевский // Медицинские новости. — 2016. — № 12 (267). — С. 26–27.
3. Балаболкин, И. И. Клиническая аллергология детского возраста с неотложными состояниями / И. И. Балаболкин, В. А. Булгакова. — М.: МИА, 2016. — С. 73–75.
4. Болотская, Л. А. Типы аллергических реакций, механизмы их развития. V тип аллергических реакций / Л. А. Болотская // Вестник СурГУ. Медицина. — 2017. — № 1 (31). — С. 6–9.
5. Жижина, А. В. Клинико-эпидемиологическая характеристика инсектной аллергии на укусы и укусы / А. В. Жижина, В. А. Капустина, В. А. Кленов // Смоленский медицинский альманах. — 2016. — № 1. — С. 91–93.
6. Инсектная аллергия: новые подходы к диагностике / PROАллергодиагностика. — СПб., 2016. — № 4. — С. 1–3.
7. Исаев, Р. И. Аллергия. Лимфатическая система и ее задачи / Р. И. Исаев, Р. А. Шихахмедов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2023. — № 2–1 (77). — С. 6–11.
8. Куценко, В. П. Изменения микроциркуляторного русла под воздействием яда гадюки, кобры и пчелы / В. П. Куценко, Д. Д. Ковалева, Е. И. Пересада, П. В. Селиверстов // Врач. — 2022. — № 3. — С. 17–18.
9. Лейсен, Ф. С. Диагностические возможности теста активации базофилов в выявлении сенсibilизации к ядам перепончатокрылых насекомых / Ф. С. Лейсен, С. Ф. Рустэм, Е. В. Агафонова // Вестник современной клинической медицины. — 2015. — № 1. — С. 46–49.
10. Лусс, Л. В. Антигистаминные препараты в общеклинической практике: вопросы и ответы. В помощь практическому врачу / Л. В. Лусс, Н. И. Ильина. — М., 2017. — С. 11–32.
11. Мачарадзе, Д. Ш. Современные клинические аспекты оценки уровней общего и специфических IgE / Д. Ш. Мачарадзе // Педиатрия. — 2017. — Т. 96, № 2. — С. 121–127.
12. Митин, Ю. А. Лабораторная диагностика аллергических заболеваний: методические рекомендации / Ю. А. Митин. — СПб., 2017. — С. 7–21.
13. Пашаян, С. А. Биоэлементы в организме насекомых КОМЫХ / С. А. Пашаян // АПК: инновационные технологии. — 2023. — № 3. — С. 80–83.
14. Пронина, И. В. Иммуноглобулин E и его роль в развитии аллергических реакций / И. В. Пронина, В. О. Поносова, А. И. Черемных, И. С. Русских // Международный студенческий научный вестник. — 2020. — № 6. — С. 21.
15. Рыбникова, Е. А. Изучение распространенности инсектной аллергии и ее удельного веса в общей структуре аллергопатологии у детей — жителей московского региона / Е. А. Рыбникова, Д. В. Шабанов, Т. Г. Федоскова, А. П. Продеус // Медицинская иммунология. — 2017. — № 5. — С. 1–2.
16. Рыбникова, Е. А. Проблема инсектной аллергии в практике педиатра / Е. А. Рыбникова, Д. В. Шабанов, Т. Г. Федоскова, А. П. Продеус // Российский аллергологический журнал. — 2017. — № 1. — С. 122–124.
17. Сидорович, О. И. Клинико-аллергологическая характеристика и особенности синтеза цитокинов Th1- и Th2-клетками при истинной и ложной пищевой аллергии: дис.... канд. мед. наук / О. И. Сидорович. — М., 2016. — С. 13–17.
18. Тамразова, О. Б. Кожные реакции на укусы насекомых / О. Б. Тамразова, А. С. Стадникова, А. С. Воробьева // Педиатрия. Consilium Medicum. — 2019. — № 3. — С. 34–38.
19. Корнеева, Н. А. Гиперчувствительность немедленного типа: особенности патогенеза и проявление ее у животных / Н. А. Корнеева // Научный журнал молодых ученых. — 2022. — № 3 (28). — С. 55–62.

20. Федоскова, Т. Г. Исследование специфической активности аллергена из яда пчелы медоносной с использованием алгоритма пошаговой оценки / Т. Г. Федоскова, В. Н. Федосеева, А. И. Мартынов // Российский аллергологический журнал. — 2017. — Т. 14, № S1. — С. 155–157.
21. Федоскова, Т. Г. Исследование токсических и аллергенных свойств мелиттина, полученного из отечественного пчелиного яда / Т. Г. Федоскова, А. И. Мартынов, А. Н. Пампура, О. В. Миславский, Д. В. Шабанов, С. Р. Маштакова, Е. Д. Головкина // РМЖ. — 2020. — № 12. — С. 50–55.
22. Хаитов, М. Р. Воспаление — друг или враг? / М. Р. Хаитов, А. П. Продеус, И. Г. Козлов // Иммунология. — 2021. — № 6. — С. 670–676.
23. Шабанов, Д. В. Диагностика аллергии к яду перепончатокрылых насекомых / Д. В. Шабанов, Т. Г. Федоскова, А. И. Мартынов и др. // Лабораторная служба. — 2018. — Т. 7, № 3–2. — С. 164.
24. Шабанов, Д. В. Особенности диагностики аллергии к яду перепончатокрылых насекомых / Д. В. Шабанов, Л. Л. Лазаренко, Т. Г. Федоскова, Е. А. Рыбникова // РМЖ. — 2019. — № S. — С. 40–44.
25. Golden, D. B. K. Insect sting allergy: new guidelines from the European and USA consensus groups: algorithms and recommendations / D. B. K. Golden // Curr Opin Allergy Clin Immunol. — 2019. — Vol. 19, № 5. — P. 456–461.

ВЕТЕРИНАРИЯ

Качество и безопасность продукции животноводства в условиях бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона

Семёнова Татьяна Сергеевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Дюсембаев Сергазы Турлыбекович, доктор ветеринарных наук, профессор
Университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

В данной статье авторы выделяют категории опасных факторов, влияющих на качество и безопасность мяса и молока крупного рогатого скота, в условиях бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП). Продукты животноводства, производимые на данных территориях, подвержены радиоактивному и техногенному загрязнению. В статье выделено пять категорий опасных факторов и проанализирована частота их встречаемости в зоне бывшего СИЯП.

Ключевые слова: категории опасных факторов, радионуклиды, соли тяжёлых металлов, пестициды, антибиотики, микотоксины, продукты животноводства.

В течение почти 40 лет на территории Семипалатинского испытательного ядерного полигона проводились испытания ядерного и термоядерного оружия. Вследствие этого, в областях расположения полигона (Абайская, Павлодарская и Карагандинская) резко повысился радиационный фон. Под угрозой загрязнения оказались объекты окружающего пространства, в т. ч. продукты животноводства и культурные растения. Но повышенный радиационный фон — это не единственный фактор, влияющий на качество природной среды. Наиболее часто на территории бывшего полигона встречаются следующие категории опасных факторов: радионуклиды, соли тяжёлых металлов, пестициды, антибиотики и микотоксины [4; 2].

Для анализа на вредные вещества на территории бывшего СИЯП (зоны чрезвычайного, максимального и минимального радиационного риска) созданы 3 стационарных контрольных пунктов, из которых отбирались пробы почвы, воды, растительности и продуктов животного происхождения (мясо и молоко КРС). Контрольные пункты: в г. Курчатов, расположенный от территории бывшего СИЯП в 35, 4 км (КХ «Максат» г. Курчатов); в г. Семей, расположенный от территории бывшего СИЯП в 144,8 км (ТО Агрофирма «Приречное» г. Семей); в с. Урджар, расположенный от территории бывшего СИЯП в 528, 6 км (КХ «Алғабас» с. Урджар) [2].

Радионуклиды. Радионуклиды являются самой распространённой категорией среди опасных факторов, влияющих на качество продукции животноводства. Коэффициент распространения радионуклидов в окружающей среде бывшего полигона проводилось с учётом

биологической цепи: атмосфера — почва — вода — растительность — мясо и молоко КРС. Наибольшее распространение получили следующие радионуклиды: Am^{241} ; Cs^{137} ; Pu^{239} (Таблица 1) [1].

Исходя из данных таблицы, удельная концентрация радионуклидов в пробах почвы, воды и растениях не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК) установленной нормами СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Предельно допустимая концентрация радионуклидов в мясе и молоке КРС соответствуют норме (Am-241 не более 0, 5; Cs-137 не более 14; Pu-239/240 не более 0,2 Бк/кг) [6].

Соли тяжёлых металлов. На данный момент территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона подвержены серьёзному техногенному загрязнению. Установлено, что микроэлементный состав почв Семипалатинского полигона и прилегающих к нему территорий значительно отличается от старых литературных источников о других регионах. Наши исследования показывают значительный уровень меди, марганца и цинка. Наиболее безопасными оказались почвы Урджарского района, в которых содержание меди, цинка и марганца не много меньше по сравнению с почвами других регионов. В г. Семей содержание меди в 1,5 раз выше, чем в почвах других регионов. Данный показатель в 0, 25 раз превышает ПДК, а содержание цинка и марганца отличаются незначительно. Почвы г. Курчатов по сегодняшний день характеризуются очень высоким содержанием меди, свинца, цинка и марганца, по сравнению с мировыми значениями [5].

Таблица 1. Содержание радионуклидов в пробах из контрольных пунктов Бк/кг, Бк/л

Радионуклид (Бк/кг, Бк/л)	г. Курчатов	г. Семей	с. Урджар
Почва			
Am241	10,5 ± 0,3	10,1±0,3	9,7±0,6
Cs137	986,7±4,5	973,3±6,3	1233, 6±6,4
Pu239	20,9 ±0,4	11,5±0,7	19,3 ±0,6
Растения			
Am241	3,7±0,11	3,5±0,5	2,9±0,3
Cs137	70±0,06	60±0,04	69±0,6
Pu239	5,3±0,02	5,0±0,03	4,3±0,5
Вода			
Am241	0,02	0,02	0,02
Cs137	0,2	0,08±0,03	3
Pu239	0,04	0,03	0,06
Мясо КРС			
Am241	0,3	<0,3	<0,3
Cs137	8,8±0,3	9,1 ±0,2	10,3±0,4
Pu239	0,062	0,045	0,043
Молоко КРС			
Am241	<0,6	<0,6	<0,3
Cs137	4,93±0,02	4,2±0,02	7,6±0,1
Pu239	0,045	0,061	0,009

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в почвах различных регионов, мг/кг

Регион	Cu	Zn	Mn	Co
Кларковое число	20	50	850	8
ВКО (средняя полоса)	18,5	38,2	626,6	7,5
Казахстан (общая территория)	18,9	39,5	450	7,1
Степные, полупустынные зоны	24,4	53,0	700,0	6,9
Земли бывшего СИАП	14,3	20,8	768,0	6,4

Пестициды. Уровень загрязнения пестицидами на территориях, прилегающих к СЯП, может быть связан как с прямым применением этих веществ в сельском хозяйстве, так и с косвенными факторами. Радиоактивное загрязнение почвы может изменять ее физико-химические свойства, влияя на поглощение и накопление пестицидов растениями. Кроме того, возможен перенос пестицидов с ветром и осадками из более удаленных районов. В исследуемых районах обнаруживался несколько повышенный уровень загрязнения пестицидами основных видов продуктов питания. Наиболее высокий процент находок был характерен для проб очищенного риса, фруктов, овощей и бахчевых, мяса КРС. В то же время остаточные количества пестицидов не превышали предельно допустимые уровни (ПДУ), за исключением проб из Урджарского района.

В молоке и молочных продуктах в некоторых случаях выявлялась повышенная частота обнаружения остаточных количеств пестицидов. Например, в Урджарском районе содержание таких веществ в пробах было выше ПДУ (11,8 %) [7].

Антибиотики и микотоксины. Использование антибиотиков в животноводстве для профилактики и лечения

заболеваний широко распространено. Наличие остатков антибиотиков в мясе и молоке КРС представляет опасность для здоровья человека, способствуя развитию устойчивости к антибиотикам. Норма остаточного содержания тетрациклина в продукции — 100 мкг/кг. Максимально допустимое суточное поступление тетрациклина, а также пенициллина в организм человека с продуктами питания не должно быть в пределах их чувствительности, то есть не более 10 мкг/кг.

Остаточное содержание антибиотиков в пище может делать её токсичной и вызывать побочные эффекты, поэтому нормативные требования по использованию антибиотиков в животноводстве приняты практически во всём мире.

Микотоксины — это токсичные вторичные метаболиты плесневых грибов, которые могут накапливаться в кормах и, соответственно, в продуктах животноводства. Во многих странах установлены максимальные нормы содержания микотоксинов в молоке и мясе КРС. Например, в США — не более 0,5 мг/кг, а в Европейском союзе — не более 0,05 мг/кг.

По данным наших исследований антибиотики и микотоксины в исследуемых пробах мяса и молока КРС обна-

ружены в незначительных количествах не превышающих ПДК [8;9].

Заключение. Для анализа радиоэкологической ситуации и мониторинга солей тяжёлых металлов на территории бывшего СИЯП (зоны чрезвычайного, максимального и минимального радиационного риска) созданы 3 стационарных контрольных пунктов, из которых отбирались пробы почвы, воды, растительности и продуктов животного происхождения (мясо и молоко КРС). По данным исследований наиболее распространёнными радионуклидами являются Am241, Cs137, Pu239; ПДК которых находятся в пределах

нормы. Значение уровня антибиотиков и микотоксинов, также находится в пределах нормы и не превышают предельно допустимой концентрации. Исходя из проведённых исследований, наибольшее влияние на качество мяса и молока КРС оказывают соли тяжёлых металлов и пестициды. На территории минимального радиационного риска в с. Урджар уровень пестицидов превышает ПДК на 11,8 %. Уровень солей тяжёлых металлов во всех трёх контрольных пунктах превышал ПДК в 0,25 и 1,5 раза. Полученные данные свидетельствуют о серьёзном техногенном и антропогенном загрязнении земель бывшего СИЯП [1;3;8].

Литература:

1. Комплексное изучение миграции радионуклидов в почве, воде, растениях, животных и влияние малых хронических доз радиации на биологические объекты в местах водопроявлений штолен горного массива: отчет о НИР (заключительный) / Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК. — Курчатов: Фонды ИРБЭ, 2008. — 67 с.
2. Дюсембаев С. Т., Иминова Д. Е. Экологический мониторинг: метод. указ. — Семей, 2012. — 155 с.
3. Mudie N.Y., Swerdlow A.J., Gusev B.I. et al. Twinning in the offspring of parents with chronic radiation exposure from nuclear testing in Kazakhstan // Radiation Research Society. — 2010. — Vol. 173, Issue 6. — P. 829–836.
4. Дуриков А. П. Радиоактивное загрязнение и его оценка: метод. пос. — М., 1993. — 85 с.
5. Отчет ИРБЭ по теме 01.01.01.05. «Эколого-биологические исследования почвенно-растительного покрова радиационно-загрязненных территорий. Изучение миграции радионуклидов по пищевой цепи» за 2004–2006 г.г. / рук. Лукашенко С.Н. — Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 2004. — 76 с.
6. Козлова Н. И. Экономическая оценка ущерба от радиационной чрезвычайной ситуации: теория и практика: автореф. ... док.экон.наук: Специальность 08.00.05 — Экономика и управление народным хозяйством — Екатеринбург, 2009. — 43 с.
7. Пивоваров Ю. П., Михалев В. П. Радиационная экология. — М.: Академа, 2004. — 315 с.
8. Гоноцкий В. А., Федина Л. П., Дубровская В. И. Мясо функционально по своей природе // Все о мясе. — 2003. — № 1. — С. 65–71.
9. Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П. Общая технология мяса и мясопродуктов. — М.: Колос, 2000. — 367 с.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 14 (565) / 2025

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

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

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

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

Номер подписан в печать 16.04.2025. Дата выхода в свет: 23.04.2025.

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

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

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

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

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