

Набережночелнинский институт
Казанского Федерального Университета

Сетевое издание

Социально-экономические
и технические системы:
исследование,
проектирование,
оптимизация

№4(102)2025г.



Сетевое издание "Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация" (Social-economic and technical systems: research, design and optimization); (СЭТС) основано в 2003 г. и является рецензируемым сетевым научным изданием.

Учредитель – ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Изатель – Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета.

*Сетевое издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Запись о регистрации Эл № ФС77-84008 от 11.10.2022.*

ISSN: 1991-6302

Материалы сетевого издания размещаются на сайте Научной электронной библиотеки, включаются в национальную информационно-аналитическую систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)

Адрес редакции: 423823, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/19

Контактный телефон: (8552) 39-71-40

Сайт сетевого издания: <https://kpfu.ru/chelny/science/sets>

E-mail: SETS_KFU@mail.ru

Главный редактор

Ганиев М.М., доктор технических наук, профессор

Заместитель главного редактора

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь

Валиев А.М., кандидат технических наук, доцент

Редактор

Гарячина Е.Е.

Редколлегия:

Валиев Р.З., доктор физико-математических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).

Ваславская И.Ю. доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Виноградов А.Ю., доктор технических наук, профессор, Тольяттинский государственный университет (г. Тольятти).

Габбасов Н.С., доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Гунаре М.Г., доктор политических наук, Балтийская международная академия (г. Рига, Латвия).

Дмитриев А.М., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Московский государственный технологический университет «Станкин», (г. Москва).

Зазнаев О.И., доктор юридических наук, профессор, член Российской академии политических наук, Американской ассоциации политической науки, Международной ассоциации политической науки, Казанский федеральный университет (г.Казань)

Ильин В.В. – доктор философских наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (г. Москва)

Исавнин А.Г. доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Исраfilов И.Х. - доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Киричек П.Н., доктор социологических наук, профессор, Международный государственный университет природы, общества и человека "Дубна" (г. Москва)

Комадорова И.В., доктор философских наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Кулаков А.Т., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Маврин Г.В., кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Макаров А.Н. доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Мустафина Д.Н., доктор филологических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Панкратов Д.Л., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Пуряев А.С., доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Рааб Г.И., доктор технических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).

Сакаева Л.Р., доктор филологических наук, профессор, Казанский федеральный университет (г. Казань).

Сибгатуллин Э.С., доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Филькин Н.М., доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (г. Ижевск).

Шибаков В.Г., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ	6
<i>Алимова З.Х., Пулатов С.Г.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКА СЛУЖБЫ МОТОРНОГО МАСЛА И ЦИКЛА ЕГО ЗАМЕНЫ В ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКО ЗАПЫЛЕННОГО ВОЗДУХА.....	6
<i>Антилогоев Е.С., Думлер Е.Б.</i>	
РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БЛОКА ДОЗИРОВАНИЯ РЕАГЕНТА.....	12
<i>Биктагиров И.И., Думлер Е.Б.</i>	
АНАЛИЗ ПАТЕНТНОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ОБЗОРУ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ПРИВОДОВ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ.....	20
<i>Герасимов В.О.</i>	
УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК	28
<i>Девятникова Л.А., Агеева П.М.</i>	
ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ МАСТЕРСКИХ В ГОРОДЕ ПЕТРОЗАВОДСК	42
<i>Дианов В.А., Бокарев А.И., Дьяков Ф.К., Мазур Е.П.</i>	
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЯ.....	52
<i>Зинатуллина Э.Я., Думлер Е.Б.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАЕМОЙ ФОРМЫ КОРПУСА КЛАПАНА ЭЛЕКТРОПОГРУЖНОГО НАСОСА.....	64
<i>Кадыров Р.Р.</i>	
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ	72
<i>Лукин С.А., Кайченов А.В.</i>	
К ВОПРОСУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ	83
<i>Кобулов М.А.</i>	
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРМИНАЛЬНОЙ И СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ	89
<i>Колесниченко Д.С., Пушкарев А.Е.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОГРУЗОВИКОВ	98

Котов А.А., Прежин С.Д., Каиров Т.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБЪЕМНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ О ЛИНЕЙНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ 106

Канделябров Е.С. Пономаренко Д.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ 117

Потапов Н.С.

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО ОТОПЛЕНИЮ ПОМЕЩЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА 131

Потапов Н.С.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ 140

Сафиуллин Р.Н., Хохлов А.В.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 149

Попов А.В., Сафиуллин Р.Н.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЗАРЯДА ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ИХ РЕСУРС 158

Басакина В.Д., Ерещенко В.В., Швыркина А.А., Яценко В.В.

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОПТИЛЬНО-СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ 172

ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ 180

Яковлева А.О., Ишмурадова И.И.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА ОБУЧЕНИЯ КАДРОВ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ 180

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ 188

Карпенко О.А., Левченко Л.В.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И КАПИТАЛ В КЛАССИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ 188

Гафурова А.Я., Тихонов А.А.

ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЁТА В ДИАГНОСТИКЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ПАО «ТАТНЕФТЬ») 199

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 656 (075)

Алимова З.Х., кандидат технических наук, профессор, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан.

Пулатов С.Г., докторант, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан.

ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКА СЛУЖБЫ МОТОРНОГО МАСЛА И ЦИКЛА ЕГО ЗАМЕНЫ В ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКО ЗАПЫЛЕННОГО ВОЗДУХА

Аннотация: Оптимизация срока службы моторных масел и циклов их замены в газифицированных двигателях внутреннего сгорания является актуальной задачей с экологической, экономической и технической точек зрения. В данной работе исследованы изменения физико-химических свойств моторных масел при работе двигателей в газифицированном состоянии, а также факторы, влияющие на срок службы масел и интервалы их замены.

На примере двигателей микроавтобусов JAC Sunray с моторным маслом SAE15W-40 рассмотрены процессы загрязнения масел механическими примесями и их влияние на эксплуатационные характеристики.

С использованием спектрального анализа в лабораторных условиях были изучены изменения состава масла в процессе эксплуатации, на основе чего разработаны научно обоснованные рекомендации по оптимизации сроков замены. В частности, установлено, что добавление 3% присадки MoPS-14, содержащей фосфор, серу и молибден, способствует повышению эффективности работы масла SAE15W-40. Экспериментальные результаты подтвердили положительное влияние данной присадки по сравнению с базовыми маслами категории API CI-4.

Ключевые слова: моторное масло, окисление, загрязнение, долговечность, отложения, продукты окисления, пыль воздуха

Срок службы моторных масел является одним из важных показателей, так как он оказывает значительное влияние на надежность двигателей внутреннего сгорания и зависит от конструктивных особенностей, уровня усиления, технического состояния цилиндро-поршневой группы, режимов работы, состояния фильтрационной системы, герметичности масляной системы и качества самого масла.

Факторы, существенно влияющие на ресурс моторных масел — это условия эксплуатации, которые зависят от эксплуатационных и внешних параметров:

- Частый запуск и прогрев двигателей в холодную погоду;
- Переменные нагрузки, скорость и температурные режимы;
- Однократные и многократные вибрации, потрясения и удары;
- Отклонения от нормального теплового режима работы.
- Режим работы двигателя с нагрузкой устанавливается в зависимости от параметров температуры и условий эксплуатации транспортных средств [1].

Изучение характеристик работы моторных масел, работающих в условиях пыльного воздуха, показывает, что масла интенсивно загрязняются механическими примесями. Взаимодействие с обязательными деталями двигателя, которые должны контактировать с маслом, высокая тепловая нагрузка и воздействие газов, попадающих в картер с камеры сгорания, значительно ухудшают условия работы этих деталей.

Режим нагрузки двигателя устанавливается в зависимости от температурных параметров и условий эксплуатации транспортных средств. В этом случае сохраняется оптимальное потребление как машины, так и смазочных материалов. Увеличение интенсивности работы приводит к значительной нагрузке на электростанцию, что, в свою очередь, повышает рабочую температуру, сокращая технический и эксплуатационный срок службы механических систем и смазочных материалов.

Температура работы двигателя является определяющим параметром, влияющим на срок службы использующегося смазочного материала, и оценивается на основе температуры охлаждающей жидкости и масла на выходе из двигателя. Термальный параметр нефти не оценивается для всех транспортных средств, машин и механизмов. В результате основным параметром оценки остается температура охлаждающей жидкости.

В процессе эксплуатации в системе смазки происходят изменения, которые приводят к нарушению ее работоспособности. Основными признаками неисправности являются: перегрев двигателя, низкое давление в системе смазки, загрязнение масла и его чрезмерный расход. Нарушение работы системы смазки снижает ресурс смазочного материала и приводит к утрате возможности длительной эксплуатации техники с повреждениями.

Падение давления в системе смазки двигателя может происходить по следующим причинам: недостаток масла, работа двигателя под нагрузкой или износ деталей в цилиндро-поршневой группе, загрязнение радиаторов, нарушающих отвод тепла, и неисправности регулирующих (редукционных) клапанов в масляных насосах.

При запуске двигателя в холодный сезон, масло плохо перемещается по системе смазки при низких температурах, задерживаясь в зазорах между соединенными (расположенными близко) деталями. Это приводит к быстрому износу деталей, так как не образуется масляный слой на их поверхности.

Исследования показывают, что температура масла в подшипниках (закрытых вращающихся частях) может достигать максимума в 140°C. Такой режим работы (то есть правильная работа двигателя) обеспечивается при температуре масла на выходе из двигателя от 30 до 110°C. Система смазки работает наиболее надежно в диапазоне температур от 55 до 110°C. Этот диапазон температуры обеспечивает минимальное нагревание масла в подшипниках (вращающихся частях) [1].

Если температура масла на выходе превышает 90°C, температура масла внутри подшипников также быстро повышается. Это объясняется неспособностью эффективно рассеивать тепло (то есть плохим тепловым рассеянием) [2].

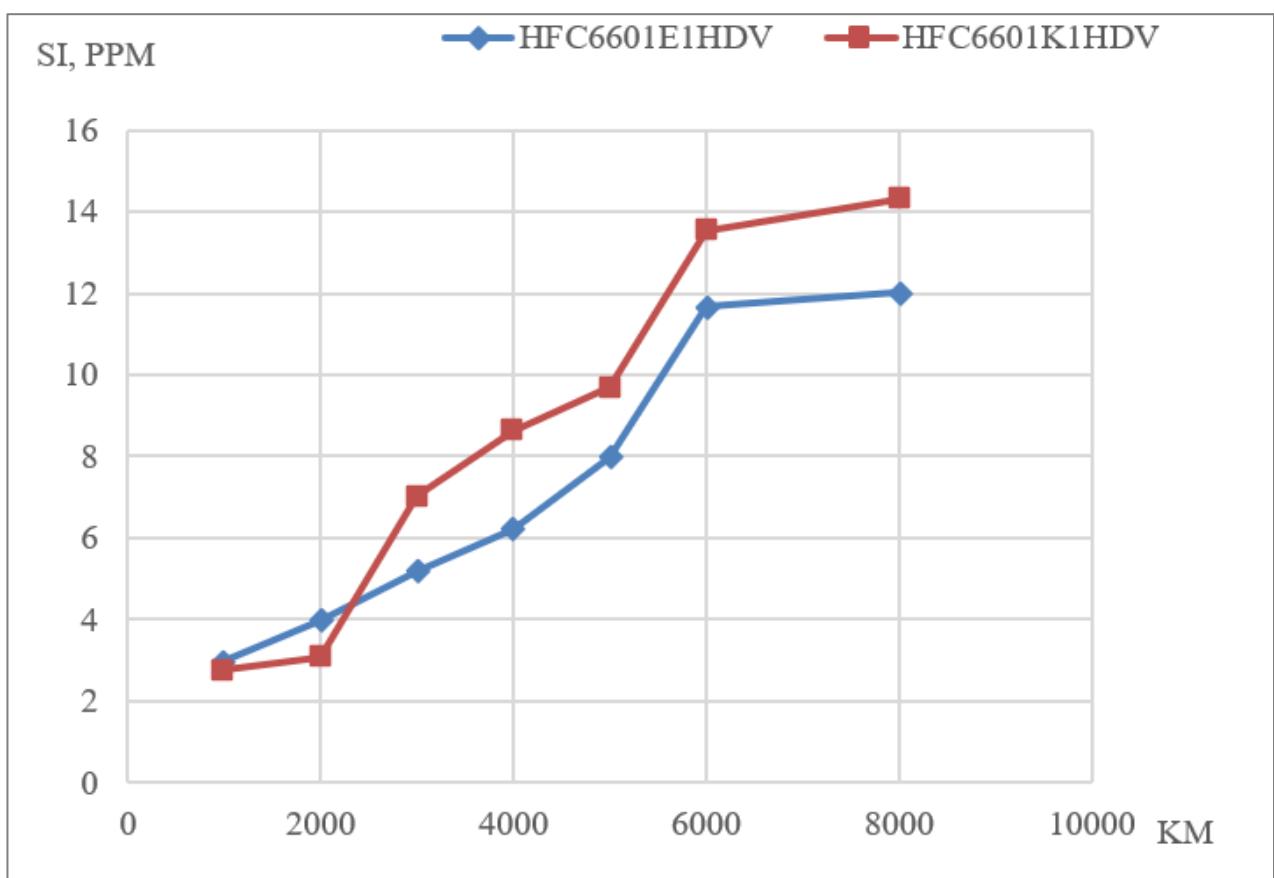


Рис. 1. Изменение немелтех механических примесей (НМП) в зависимости от срока службы масла

Анализ результатов исследования показал, что в ходе эксперимента среднее количество немелтех механических примесей увеличивалось с течением времени (рис. 1). Это негативно сказывается на надежности, экономической эффективности и долговечности работы двигателя. Результаты также показали, что скорость роста количества немелтех примесей в микроавтобусах, работающих в почти одинаковых условиях, была различной. Эти различия объясняются неодинаковой скоростью осаждения загрязняющих примесей в двигателях.

На основе анализа экспериментальных данных рекомендуется добавление в моторное масло добавок, содержащих фосфор, серу и молибден. Согласно результатам исследований, добавление 3% добавки MoPS-14 в моторное масло SAE15W-40 дало положительный эффект по физико-химическим характеристикам по сравнению с базовыми маслами SAE15W-40. Эти добавки

полезны для продления срока службы двигателя и улучшения его надежности при высоком содержании пыли в воздухе и жарком климате.

В настоящее время продолжаются исследования влияния природы и концентрации многофункциональных добавок на эксплуатационные характеристики моторных масел, используемых в двигателях городского транспорта в условиях жаркого климата и высокой запыленности воздуха. Эти исследования помогут обеспечить более эффективную работу двигателей, а также оптимизировать эксплуатационные характеристики масел.

Список использованных источников

1. Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие.—М.: Издательский центр «Академия» 2012. – 208 с.
2. Джерихов, В. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие. Ч. II. Масла и смазки / 2009. – 256 с.
3. Гнатченко И. И. и др. Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочное пособие.— М.: «Издательство «Полигон», 2000.— 360 стр.
4. А.П.Сырбаков, М.А. Корчуганова. Топливо и смазочные материалы: учебное пособие / – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 159 с.
5. Алимова, З. (2020). Пути улучшения свойств смазочных материалов применяемых в транспортных средствах. Монография, Vneshinvestprom.
6. Алимова, З., Ниязова, Г., & Сабирова, Д. (2022). Исследование срабатывания присадок моторных масел в процессе эксплуатации двигателя. Академические исследования в современной науке, 1(18), 269-275.
7. Алимова, З. Х., & Даuletbaeva, Х. И. (2022, September). Влияние изменения вязкостных показателей моторных масел на работу деталей двигателя. In E Conference Zone (pp. 37-40).
8. Алимова, З. Х., Сабирова, Д. К., Ниязова, Г. П., & Ниязов, Х. П. (2024). Влияние загрязненности моторных масел на работу двигателя. Научный Фокус, 2(19), 87-91.

9. Алимова, З. Х., Собирова, Д. К., & Ниязова, Г. П. Причины загрязнения смазочных материалов применяемых в дизельных двигателей. Новости образования: Исследование в XXI веке, 533.

Alimova Z.Kh., PhD (Engineering), Professor, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan.

Pulatov S.G., Doctoral Candidate, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan.

OPTIMIZING THE SERVICE LIFE OF MOTOR OIL AND ITS CHANGE CYCLE IN GASIFIED INTERNAL COMBUSTION ENGINES OPERATING IN HIGHLY DUSTY AIR CONDITIONS

Abstract. Optimizing the service life of engine oils and their replacement cycles in gas-powered internal combustion engines is a relevant issue from ecological, economic, and technical perspectives. This study investigates the changes in the physicochemical properties of engine oils under gasified engine operation and the factors influencing oil service life and replacement intervals.

Using JAC Sunray minibus engines operating with SAE15W-40 oil as a case study, the contamination of oil with mechanical impurities and its impact on performance characteristics were analyzed.

Laboratory spectral analysis was conducted to determine the changes in oil composition over time, resulting in scientifically grounded recommendations for replacement optimization. Specifically, adding a 3% MoPS-14 additive containing phosphorus, sulfur, and molybdenum showed improved performance characteristics for SAE15W-40 oil. Experimental results confirmed the additive's positive effect compared to base oils of the API CI-4 category.

Keywords: motor oil, oxidation, contamination, durability, deposits, oxidation products, airborne dust

УДК 622.276.56

Анпилогов Е.С. студент гр. 28578, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Лениногорский филиал

Думлер Е.Б. кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Лениногорский филиал

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БЛОКА ДОЗИРОВАНИЯ РЕАГЕНТА

Аннотация: В статье дана характеристика некоторым способам защиты насосного оборудования от отложения солей, коррозии, агрессивного и абразивного износа. Воздействие химически активными элементами на состав добываемой нефти признано наиболее эффективным и простым в обслуживании. Выявлены основные недостатки этого способа. Для оптимизации затрат при эксплуатации насосным оборудованием скважин с повышенным воздействием коррозии на оборудование, предлагается применить на устье усовершенствованную автоматизированную технологическую схему обвязки позволяющую вести учет и регулирование расхода реагента.

Ключевые слова: интенсификация добычи, химический реагент, ЭЦН, блок дозирования реагента, автоматизированная установка для подачи реагента

Практически всё оборудование для воздействия на пласт в целях повышения нефтеотдачи работает в условиях высокой минерализации добываемой пластовой среды [1, с. 64]. Контакт с пластовой средой отрицательно сказывается на рабочих характеристиках оборудования, сокращаются показатели срока службы, межремонтного периода (МРП) и наработки на отказ как всей нефтедобывающей установки [2, с. 919]. Для нефтепромыслов РФ эта проблема является очень актуальной.

Для увеличения МРП и срока службы оборудования в целом применяются различные по технологии и составу применяемого оборудования способы защиты от коррозионного воздействия, солеотложения, абразивного и агрессивного износов [3-4]. Так для защиты от воздействия коррозионно-активных элементов на детали внутристкважинного оборудования разработаны уникальные технологии, например, применение для изготовления деталей

легированных сталей и композитных материалов, защита с помощью металлизации, гуммирование и множество других способов [5-6]. Из всего арсенала, наиболее эффективным и простым в обслуживании признан способ воздействия химически активных элементов на состав добываемой нефти [7].

Из всех устройств для подачи реагента наиболее рентабельным, не дорогим и относительно надежным является применение блочных установок для дозирования химических веществ (реагентов) [8-10]. В таких установках реагент подают в скважину блоком плунжерного насоса–дозатора (БДР), связанного автоматической технологической обвязкой с технологической емкостью для хранения реагента. Конструкция насоса–дозатора обеспечивает регулирование подачи реагента по двум параметрам – производительности и давлению. Причем регулировка осуществляется плавно. Это обеспечило экономный расход дорогого по стоимости реагента.

При множестве достоинств БДР есть и недостатки в работе системы. Для оптимизации затрат по борьбе с воздействием коррозии на оборудование, необходимо учитывая существующие технологии нефтедобычи создать технологическую схему, такую, чтобы насос дозатор был бы напрямую связан с технологической емкостью под химический реагент. Такая необходимость вызвана тем, что при периодическом способе эксплуатации скважин с помощью установок электропогружных лопастных насосов (УЭЛН) технологически возникают кратковременные остановки погружного насоса (ЭЛН). При этом БДР продолжает работать с целью выполнения геолого–технических мероприятий. В этих условиях реагент сильно расходуется. Для экономии реагента и сохранения возможности проведения геолого–технических мероприятий предлагается выполнить обвязку насоса–дозатора (рис. 1) так, чтобы насос в БДР при остановке ЭЛН работал «сам на себя».

Это крайне необходимо, поскольку исключает сбой режима подачи реагента в скважину или трубопровод (манифольд), а в холодное время года или в состоянии «покоя» насоса вся масса реагента будет иметь однородную

структурой. Предлагаемый способ обвязки насоса в БДР обеспечить экономию реагента.

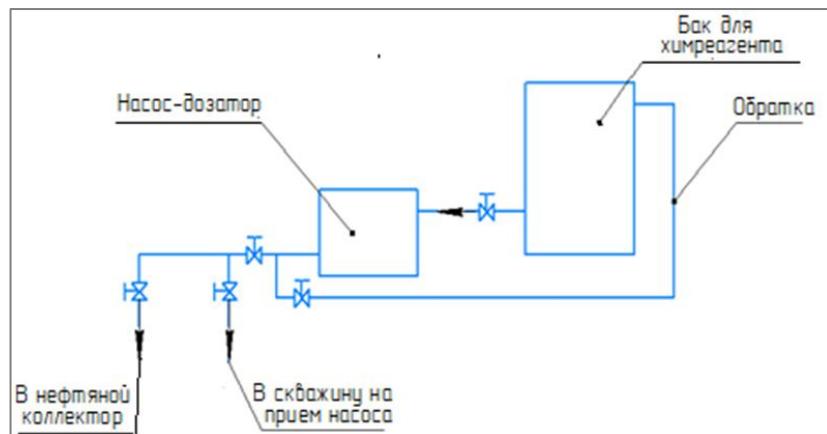


Рис. 1. Схема обвязки насоса–дозатора

Другим, из числа отрицательных моментов в борьбе с коррозией и защиты оборудования является остановка погружного насоса УЭЛН на длительное время. В данном случае, насос БДР останавливается вместе с погружным насосом или работает. При этом будем иметь экономию реагента в первом случае или перерасход во втором случае.

Во многих случаях применяют постоянную подачу реагента при остановленной погружной насосной установки. Это объясняется тем, что сильно агрессивная нефть в коррозионном отношении, кроме этого, еще и парафинистая. Поэтому во избежание аварийных остановок (образование пробок, увеличение скорости коррозии) после пуска УЭЛН – насос–дозатор не останавливают на время вынужденного отключения погружного насоса. Одним из нежелательных операций при эксплуатации насосного оборудования являются частые пуски и остановки, и это касается насоса–дозатора БДР.

Таким образом, для оптимальной работы насоса–дозатора БДР предложена обвязка насоса–дозатора для работы «на себя» и синхронная работа УЭЛН с БДР с возможностью дистанционного управления в зависимости и характера каждой нефтяной скважины в отдельности.

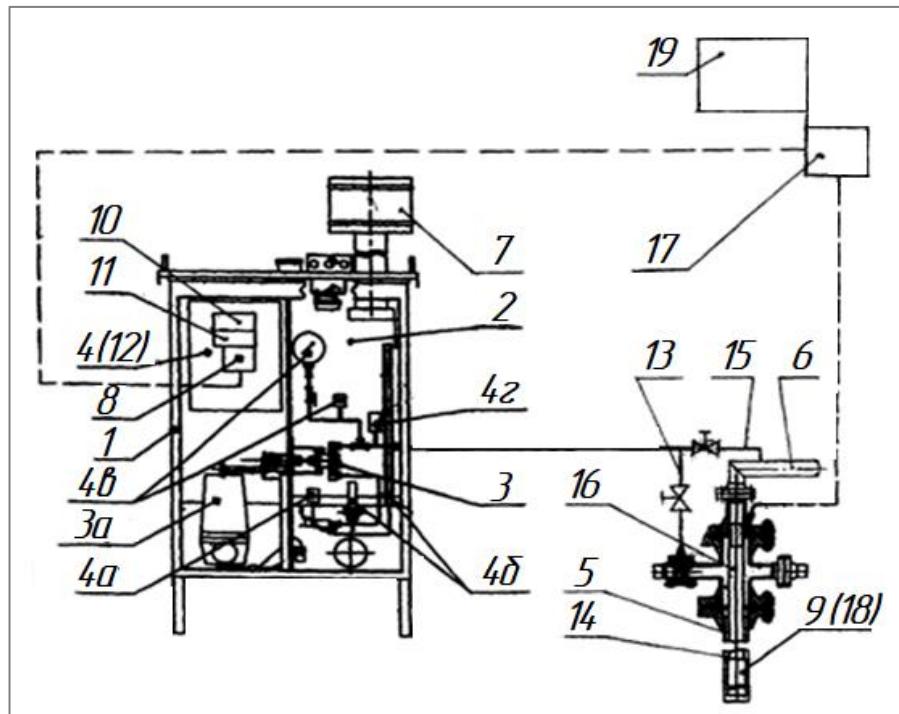
Прототипом предлагаемого устройства стал системный блок дистанционного управления дозированием реагента [11]. Для достижения данного результата применим систему управления с дополнительным

программным обеспечением. Программного обеспечение обеспечивает возможность выключения насоса-дозатора одновременно с ЭЛН. Важно, что система осуществляет включение дозировочного насоса прежде, чем произойдет включение погружного насоса и позволяет задать промежуток времени, необходимый для того, чтобы блок дозирования реагента БДР успел осуществить закачку необходимого количества реагента в скважину прежде, чем произойдет включение погружного насоса.

В результате, включение насоса УЭЦН происходит в тот момент, когда в составе пластовой жидкости уже содержится необходимое количество реагента, следовательно, минимизировано негативное влияние в виде отложения солей или парафинообразования на рабочих элементах насоса. Кроме того, программное обеспечение осуществляет постоянное измерение и регулировку расхода химреагента в автоматическом режиме. Регулировка происходит в строгом соответствии с производительностью насоса УЭЦН в конкретный момент времени. Имеется возможность автоматического отключения дозировочного насоса, если параметры выходят за установленные пределы. В состав установки (рис. 2) входят корпус 1, емкость для химреагента 2, собственно насос-дозатор 3, работающий от привода 3а.

Система управления работой 4 включает в себя устройство контроля температуры 4а, контроля объема реагента 4б, контроля давления 4в, контроля величины расхода реагента 4г. Подача реагента может осуществляться в скважину 5, и в трубопровод 6. Дополнительное оснащение системы управления включает в себя устройство 8, имеющее ПО, которое отвечает за синхронизацию работы дозировочного насоса 3 в соответствии с работой скважинного насоса 9. Выключение насоса-дозатора происходит синхронно с выключением скважинного насоса, а включение насоса-дозатора и подача реагента в скважину происходит с опережением включения скважинного насоса. Кроме того, блок дозирования реагента оснащен устройством 10, имеющим программное обеспечение для автоматического измерения текущего расхода реагента и устройством 11, с программным обеспечением для автоматической регулировки

расхода, причем оба устройства осуществляют свою работу в соответствии с производительностью скважинного насоса. Устройство 12 служит для автоматического отключения дозировочного насоса, если параметры работы блока дозирования реагента выходят за установленные пределы.



1 – корпус; 2 – бак; 3 – насос-дозатор; 3а – привод; 4 – система управления; 4а – датчик контроля за температурой; 4б – датчик контроля объема реагента; 4в – датчик контроля давления; 4г – датчик контроля расхода реагента; 5 – скважина; 6 – трубопровод; 7 – вентиляция; 8 – устройство с ПО; 9 – ЭЦН; 10 – автоматизированное устройство с ПО для замера текущего расхода реагента; 11 – автоматизированное устройство с ПО для автоматической регулировки текущего расхода реагента; 12 – автоматизированное устройство для отключения насоса-дозатора; 13 – линия нагнетательная; 14 – межтрубное пространство; 15 – ввод; 16 – НКТ; 17 – станция управления; 18 – установка замерная

Рис. 2. БДР с системой синхронизации работы с УЭЦН

Реагент подается по линии нагнетания 13 в межтрубное пространство, в случае подачи реагента в скважину или в продуктопровод через ввод 15.

При необходимости остановки скважины на короткое время (для выполнения ГТМ, замера параметров скважины: динамического уровня, газового фактора и т.д.) предусмотрена обвязка насоса–дозатора, позволяющая работать насосу на «себя». Это позволяет сохранить технические параметры насоса и экономить реагент.

Результаты

Оптимизация конструкции блока БДР при помощи устройства 8 со специальным программным обеспечением, позволяет добиться не просто автоматического включения и выключения насоса–дозатора одновременно со скважинным насосом, но и обеспечить программируемое включение блока дозирования реагента в работу заблаговременно, с целью обеспечить поступление химреагента в скважину до запуска погружного насоса.

Это позволяет добиться того, что запуск скважинного оборудования в работу, после простоя, осуществляется в более благоприятных условиях, когда химреагенты уже вступили в реакцию и нивелировали возможное негативное влияние от отложения солей или парафинов на рабочих поверхностях скважинного оборудования.

Устройства для осуществления автоматического измерения и автоматического регулирования подачи химреагента в скважину способствуют эффективному и экономичному использованию реагента с одной стороны и дополнительно способствуют повышению защите скважинного оборудования, что положительно сказывается на его работоспособности и межремонтном периоде. Устройство автоматического отключения дозировочного насоса, если параметры работы блока дозирования реагента выходят за установленные пределы, позволяет оперативно реагировать на аварийные ситуации и минимизировать их последствия.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что комплектация блока дозирования реагента БДР–10–2 системой управления с синхронизацией режима работы с работой скважинного насоса, положительно сказывается на надежности работы погружного оборудования и способствует увеличению его межремонтного периода.

Список использованных источников

1. Ситников А.В. Прогнозирование солеотложения при смешении различных типов вод в системе поддержания пластового давления / А.В. Ситников О.В. Сенникова, М.В. Жирнов, А.В. Мелкозерова, И.П. Ешану // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 9. – С.64-65.
2. Шатыло С.В. Системный анализ причин отказов погружного оборудования разработка эффективных мероприятий, направленных на повышение наработки на отказ // Проблемы геологии освоения недр: тр. XXI международ. симпозиума им. академ. М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, 2017. – Томск: НИТПУ. – С.919-921.
3. Камалетдинов Р.С. Обзор существующих методов предупреждения и борьбы с солеотложением в погружном оборудовании // Инженерная практика. – Пилотный вып. – 2009. – С.12-15.
4. Макарова Т.Г. Методы защиты промысловых нефтепроводов от влияния внешней коррозии / Т.Г. Макарова, О.Ю. Павлов, Э.У. Лошакова, Э.М. Балахонцева // В сборнике: Современные проблемы нефтегазового оборудования-2021. Материалы междунар. науч.-технич. конференции, 2021. – Уфа, УГНТУ, 2021. – С.227-231.
5. Хормали А. Комплексная технология предотвращения отложений неорганических солей при добыче нефти / А. Хормали, Д.Г. Петраков // Территория Нефтегаз. – 2017. – №10. – С.50-55.
6. Сударев Ю.И. Нетрадиционный метод определения коррозионной стойкости сталей / Ю.И. Сударев, Э.У. Лошакова, А.А. Сайфутдинова // В сборнике: Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли. Материалы Всерос. науч.-практич. конференции с междунар. участием: в 2-х томах. – 2016. – С.827-833.
7. Сладовская О.Ю. Дозирование реагентов для предотвращения образования АСПО и коррозии нефтепромыслового оборудования / О.Ю. Сладовская, Г.М. Валеева // В сборнике: Достижения, проблемы и перспективы

развития нефтегазовой отрасли. Материалы V междунар. науч.-практ. конференции. – Альметьевск, 2020. – С.185-189.

8. Мухаметшин В. Х. Новое устройство для дозированной подачи реагента на забой скважины / В. Х. Мухаметшин // Нефтяное хозяйство. – 2008. – №12. – С.78-80.

9. Павлов Б.И., Узбеков Д.М., Нагиев А.Т. Установка для подачи химического реагента в скважину // Патент RU 127810 U1 РФ, опубл.:10.05.2013. Бюл. №13.

10. Узбеков Д.М, Бычков О.А., Прозоров А.В. Установка взрывозащищенного типа для дозирования химического реагента // Патент RU 103841 U1 РФ, опубл.: 27.04.2011. Бюл. №12.

11. Нагиев А.Т., Жеребцов В.В., Иванов С.В. Системный блок дистанционного управления дозированием реагента // Патент RU 109205 U1Russia, опубл.: 10.10.2011. Бюл. №28.

Anpilogov E.S., student gr. 28578, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Leninogorsk branch

Dumler E.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Leninogorsk branch

EXPANDING THE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF THE REAGENT DOSING UNIT

Abstract: *The article describes some methods of protecting pumping equipment from salt deposits, corrosion, aggressive and abrasive wear. The effect of chemically active elements on the composition of the extracted oil is recognized as the most effective and easy to maintain. The main disadvantages of this method have been identified. To optimize costs during the operation of pumping equipment of wells with increased corrosion effects on the equipment, it is proposed to apply an advanced automated technological strapping scheme at the wellhead that allows accounting and regulation of reagent consumption.*

Keywords: *intensification of production, chemical reagent, ECP, reagent dosing unit, automated reagent supply unit*

УДК 622.276.53

Биктагиров И.И., магистр, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Лениногорский филиал

Думлер Е.Б., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Лениногорский филиал

АНАЛИЗ ПАТЕНТНОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ОБЗОРУ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ПРИВОДОВ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ

Аннотация: В статье приведен обзор отечественной и зарубежной научно-технической информации, связанный с причинами отказов приводов штанговых насосов. Выявлены основные причины отказов кривошипов станка-качалки. Целью патентного анализа осуществлен был подбор технического устройства для предотвращения случаев проворота пальца кривошипа и связанных с этим повреждений, поскольку задача остаётся до настоящего момента нерешённой.

Ключевые слова: станок-качалка, кривошип, палец кривошипа, патентная проработка, анализ отказов

Введение

В настоящее время крупные месторождения нефти Татарстана вышли на поздние стадии разработки с падающей добычей. В этих условиях все большую значимость приобретает механизированный метод добычи нефти с помощью установок штанговых скважинных насосов (УШСН) и снижение эксплуатационных затрат [1, с.251, 2, с.3, 3,4].

Задачей данной работы является проведение исследования обзора отечественных и зарубежных патентов и научно-технической информации по приводу штангового скважинного насоса с целью поиска технического устройства для решения комплексной задачи полного предотвращения случаев проворота пальца и связанных с ним повреждений остаётся до настоящего момента нерешённой решения, а именно по станку-качалке (СК).

Обзор патентов

Поиск был проведен по патентным базам России, США, Евросоюза, Японии и Китая.

Источниками информации являются: базы данных ФИПС «Рефераты патентных документов за 2014-2023 г. [5], базы данных Европейского Патентного ведомства [6,7], база данных электронный библиотеки [8].

В электронной библиотеке опубликовано 342 работы за период с 2014 по 2023гг, которые затрагивают тему модернизации станков качалок. По представленным опубликованным работам выявлено: 212 патента, 12 диссертаций, 58 статей из материалов конференций различного уровня, более 60 статей в журналах ВАК [8].

Патентный анализ, проведенный по базам данных Федерального института промышленной собственности и Европейского Патентного ведомства, показал, что за период 2014-2023 годов было опубликовано 21172 патентов, наибольшая часть из которых принадлежит Китаю (более 76 процентов) и США (около 20 процентов). Наибольшее количество публикаций патентов приходится на отрезки с 2014 по 2023 года. По представленным данным было выявлено: российских – 212, американских – 4220, японских – 2555, китайских – 16056, евросоюз – 429.

Распределение и интенсивность патентных разработок в области приводов в период за 2014-2023 гг. представлены на рисунке 1.

Из графика видно, что лидирующие позиции в области усовершенствования СК закреплены за Китаем и США и с каждым годом их количество увеличивается. Число патентов в России [9,10], Японии и стран Евросоюза с каждым годом остается примерно на одном и том же уровне. Это связано с тем, что уровень разработанных приводов удовлетворяет условиям эксплуатации, экономическим и техническим запросам.

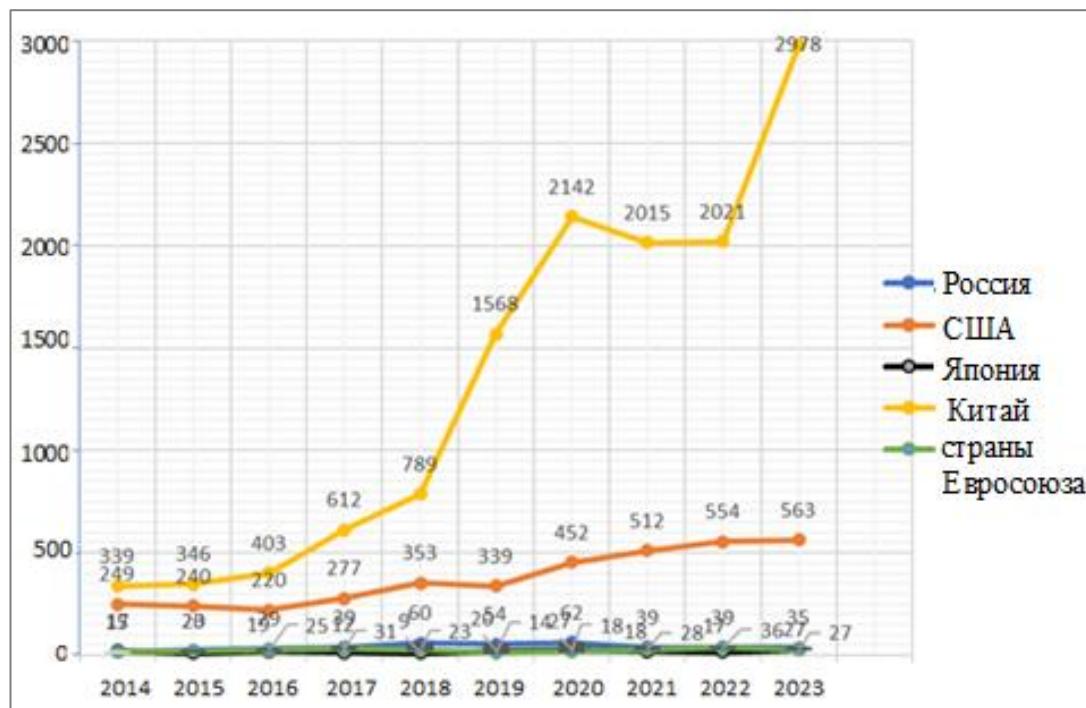


Рис. 1. Количество патентов по модернизации станка-качалки за 2014-2023 гг.

Патентная проработка позволила провести статистический анализ аварийных отказов станков-качалок. Статистика показала, что лидирующее место среди отказов занимает выход из строя узла нижней головки шатуна (НГШ) (рис. 2).

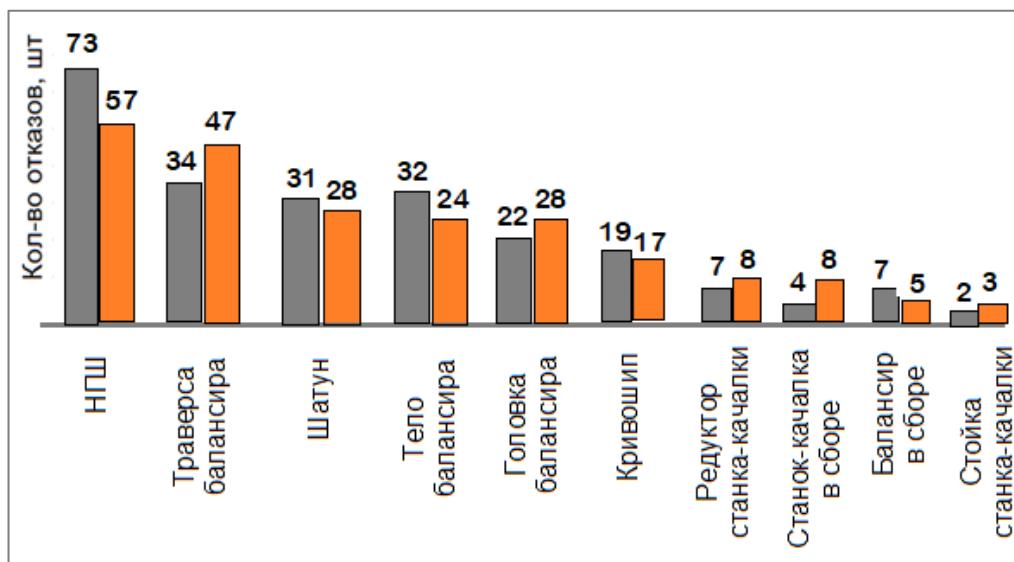


Рис. 2. Динамика аварийных отказов по узлам СК

По результатам анализа причин отказа узла НГШ выявлено, что 66% аварий связано с ослаблением соединения палец-кривошип – разжимная втулка, втулка – отверстие кривошипа (рис. 3).

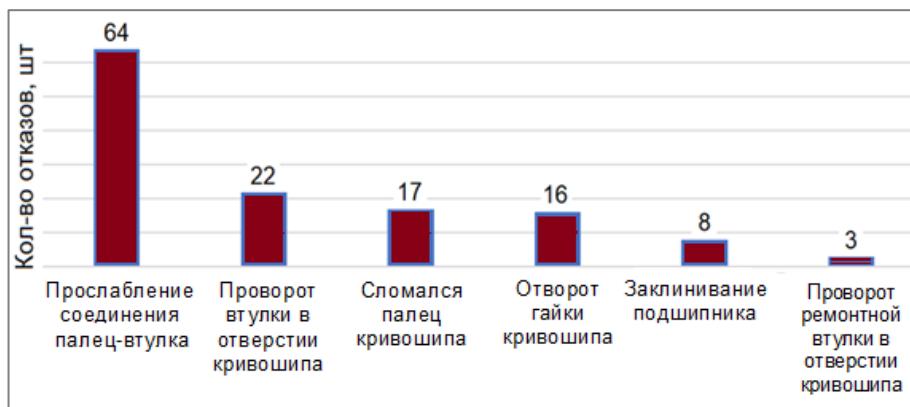


Рис. 3. Распределение причин отказов по узлам СК

Первая причина. При распределении отказов НГШ по маркам СК выявлено, что в 94% случаев отказы произошли на работающем фонде СК, разработанных заводом «Бакинский рабочий» (рис. 4).

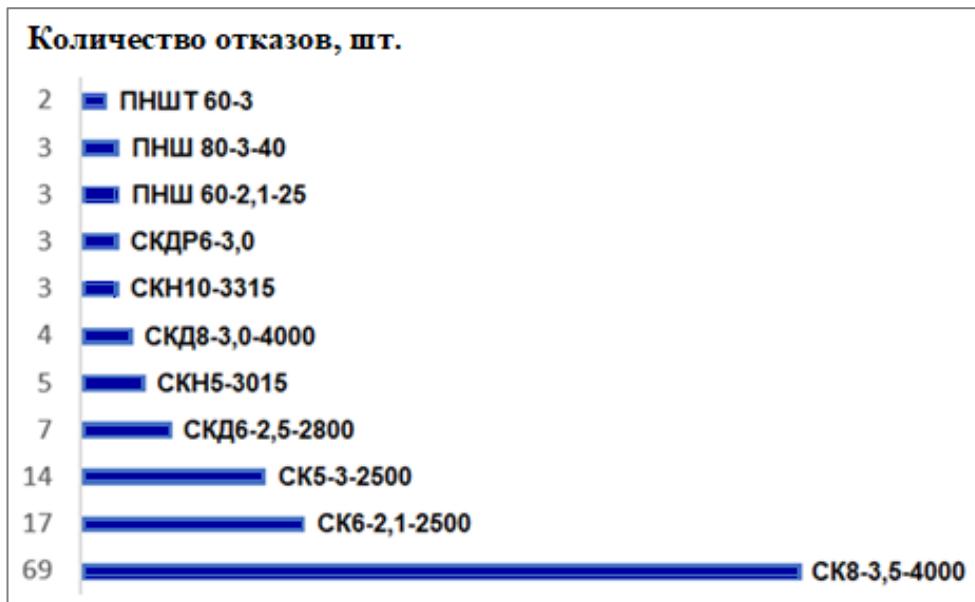


Рис. 4. Распределение отказов НГШ по маркам приводов

Для достижения цели максимально снизить эксплуатационные затраты специалисты производят всестороннюю оценку причин конструктивных отказов станков-качалок [1-3,11] и при необходимости разрабатывают предложения по их усовершенствованию.

Несмотря на разнообразие внедрённых предложений и достигнутые улучшения отдельных узлов и деталей, решение вопросов, направленных на увеличение долговечности деталей узла нижней головки шатуна, в частности пальца кривошипа, на сегодняшний день остается весьма актуальной.

В настоящее время актуален комплексный подход к решению проблем по ликвидации и предотвращению отказов, одним из наиболее частых является палец кривошипа станка-качалки [12-15]. Палец кривошипа входит в состав узла нижней головки шатуна (НГШ) соединяющий кривошип и балансир станка-качалки и преобразующий вращательное движение редуктора в возвратно-поступательное движение колонны штанг. Отказ этого узла влечет серьезные последствия для других узлов и привода в целом.

При сравнении конструкции узла НГШ и схемы посадки пальца кривошипа в отверстие кривошипа на приводах завода «Бакинский рабочий» и приводах таких заводов как ОАО «Ижнефтемаш», ЗАО «Редуктор», Вулкан (Румыния) были выявлены конструктивные особенности, заложенные при проектировании приводов.

На приводах завода «Бакинский рабочий» соединение осуществляется через разжимную конусную втулку. Частый съем и установка НГШ подвергает наибольшему износу разжимную втулку с внутренней и внешней стороны, а также отверстие кривошипа.

Конструкция нижней головки шатуна современных приводов выполнена без разжимной втулки, установка пальца кривошипа производится в цельную конусную втулку, запрессованную в тело кривошипа. Данная ремонтная втулка имеет увеличенный внешний диаметр, которая используется при равномерном износе отверстия кривошипа до 3 мм от номинального диаметра. Использование ремонтной втулки позволяет компенсировать износ отверстия кривошипа без его ремонта.

Вторая причина. Отсутствие однозначных критериев оценки технического состояния НГШ не позволяло ремонтному персоналу принять решение о плановой замене узла.

Третья причина. Труднодоступность контроля над техническим состоянием НГШ для операторов добычи нефти при обходе и отсутствие визуальных признаков износа не позволяла своевременно выявить и предупредить развитие отказа узла.

Комплексный подход к решению проблемы отказа пальца кривошипа позволяет получить весомый вклад в повышение надежности узла нижней головки шатуна кривошипно-шатунного механизма станка-качалки, снижение эксплуатационных затрат на обслуживание и ремонт оборудования, а также снижение простоя оборудования и потерь нефти.

Выводы

Таким образом, проведенный анализ патентной и научно-технической информации по СК показал, что данная тематика является актуальной.

Статистика показывает, что наибольшее число отказов связано с узла нижней головки шатуна. Палец кривошипа является одним из важных элементов, позволяющих передавать вращение с одного узла на другой и является неотъемлемой частью трансмиссии СК.

В ходе систематического изучения существующих патентов и технической документации были выявлены и предложены многочисленные варианты модернизации конструкций узлов станка-качалки, направленные на сокращение частоты возникновения дефектов и отказов кривошипно-шатунного механизма.

Несмотря на разнообразие внедрённых предложений и достигнутые улучшения отдельных узлов и деталей, комплексная задача полного предотвращения случаев проворота пальца и связанных с ним повреждений остаётся до настоящего момента нерешённой. Поэтому решение вопросов, направленных на увеличение долговечности деталей узла нижней головки шатуна, в частности пальца кривошипа, на сегодняшний день остается весьма актуальной.

Список использованных источников

1. Сунгатуллин А.А. О проблемах повышения эффективности ремонтного хозяйства предприятий нефтегазового комплекса / А.А. Сунгатуллин, О.А. Норкина, Р.Р. Садыкова // Нефть и газ Западной Сибири: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Тюмень: Изд-во ТГНУ, 2011. – Т.4. – С.251–254.

2. Молчанов А.Г. Пути дальнейшего совершенствования штанговых скважинных насосных установок // Бурение и нефть. – 2014. – №2. – С.3-8.
3. Кузьмичев Н.П. Пути решения основных проблем механизированной добычи нефти // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2005. – № 9.
4. Тарасов В.П. Сравнение энергопотребления при различных способах механизированной добычи по ряду предприятий ОАО «НК «Роснефть»/ В.П. Тарасов, М.Н. Каверин, С.Б. Якимов // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». Приложение: Повышение энергоэффективности при механизированной добыче нефти. – 2014. – №3. – С.5-11.
5. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] сайт. – URL: <https://new.fips.ru/registers-web/> (дата обращения 28.08.2025)
6. Базы данных Европейского Патентного ведомства [Электронный ресурс] сайт. – URL: <https://www.eapo.org/> (дата обращения 30.08.2025)
7. European Patent Office [Электронный ресурс] сайт. – URL: <https://www.epo.org/en>(дата обращения 03.08.2025)
8. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] сайт. – URL: <https://elibrary.ru/> (дата обращения 28.08.2025)
9. Дмитриев С.П. Гидравлическое устройство для запрессовки конического пальца нижней головки шатуна в кривошип станка-качалки штанговой скважинной установки // Патент RU №54551 U1. 2006. Бюл. №19.
- 10.Вердиев Т.М., Мусаев С.А. Узел соединения конусного пальца с кривошипом // Патент SU №533768 A1, СССР. 1976.
- 11.Бикбулатова Г.И. Технические решения по снижению отказов слабого узла станка-качалки / Г.И. Бикбулатова, Р.Р. Фархутдинов, О.А. Шипилова, Р.Р. Газизов, Е.Г. Шумков // В сб.: Современные технологии в нефтегазовом деле- 2015. Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф.: в 2 томах. – Октябрьский: Аркаим, 2015. – Т. 2. – С. 21–26.
- 12.Газизов Р. Р. Комплексное решение проблемы отказа пальца кривошипа на станках-качалках / Р.Р. Газизов, Е.Г. Шумков // Ученые записки Альметьевского

государственного нефтяного института. – Альметьевск, АГНИ, 2014. – Т.12. – №1. – С.154-158.

13.Галеев А.С. Способ и устройство раннего определения разрушения кривошипно-шатунной группы привода СШНУ // Патент RU №2717016 C1. 2020.

14.Губайдуллин А.Г. Конечно-элементный прочностной анализ шарнирного узла соединения шатуна с кривошипом станка-качалки / А. Г. Губайдуллин // Молодежь и наука: сб. материалов VIII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 26 апр. 2012 г. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. — EDN VTPATA.

15.Пачурин Г.В. Усталостное разрушение при разных температурах и долговечность штампованных металлоизделий: монография / Г.В. Пачурин, В.В. Галкин, В.А. Власов, Н.А. Меженин; под общей ред. Г.В. Пачурина. – Н.Новгород, НГТУ. – 2010. – 169 с.

Biktagirov I.I., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan National Research Technical University named after. A.N. Tupolev-KAI", Leninogorsk branch

Dumler E.B. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kazan National Research Technical University named after. A.N. Tupolev-KAI", Leninogorsk branch

ANALYSIS OF PATENT AND SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION ON THE REVIEW OF THE CAUSES OF FAILURE OF ROD PUMP DRIVES

Abstract: *The article provides an overview of domestic and foreign scientific and technical information related to the causes of failures of rod pump drives. The main causes of crank failures of the rocking machine have been identified. The purpose of the patent analysis was to select a technical device to prevent cases of crank finger rotation and related damage, since the task remains unresolved to date.*

Key words: *rocking machine, crank, crank finger, patent study, failure analysis*

УДК 331.1

Герасимов В.О., соискатель, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», ассистент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК

Аннотация: Исследование посвящено управлению человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации АПК. Одним из ключевых направлений исследования является анализ влияния цифровой трансформации на структуру занятости в аграрной сфере и изменений требований к персоналу. Особое внимание уделено практическому применению цифровых технологий в управлении персоналом и обучении. По итогам анализа ключевых аспектов формирования и управления человеческим капиталом в АПК, сформулированы рекомендации по дальнейшему развитию цифровизации в сфере управления человеческим капиталом, включая необходимость развития цифровой инфраструктуры и повышения цифровой грамотности кадров.

Ключевые слова: человеческий капитал, цифровизация, цифровая трансформация, агропромышленный комплекс, цифровые технологии, искусственный интеллект, HRM-системы.

На сегодняшний день цифровая трансформация, охватывающая различные сферы экономики, оказывает всё более значительное влияние на развитие агропромышленного комплекса России. Автоматизация процессов, применение систем точного земледелия, использование больших баз данных, дронов, роботизированных систем и цифровых технологий становятся неотъемлемой частью современной аграрной экономики. В то же время, управление человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации АПК становится ключевым фактором повышения эффективности и конкурентоспособности отрасли. Современные технологии трансформируют подходы к найму, обучению, мотивации и развитию персонала и открывают новые возможности для оптимизации процессов и достижения стратегических целей [1, с.94].

В связи с быстрым ростом объемов цифровых данных, содержащих значимые закономерности в деятельности аграрных предприятий, возрастает

применение больших баз данных, облачных хранилищ и средств BI-аналитики. Это способствует оптимизации бизнес-процессов, ускорению доступа к информации и повышению управляемости производством. Данные систематизируются и интегрируются в единую аналитическую платформу, что обеспечивает переход к управлению, основанному на данных (data-driven management), при котором каждое управленческое решение обосновывается конкретными количественными показателями. Цифровые технологии все больше находят применение в сбыте сельхозпродукции, что помогает оптимизировать логистику и сократить сопутствующие издержки [2, с.130].

Использование искусственного интеллекта помогает прогнозировать урожайность, выбирать оптимальные агротехнические мероприятия и составлять маршруты работы сельхозтехники. Кроме того, искусственный интеллект способствует охране окружающей среды – с его помощью можно определить остаточную вместимость полигонов и выявить потенциальные источники загрязнений. Цифровые технологии позволяют в режиме реального времени контролировать важнейшие параметры - от уровня влажности почвы до физиологического состояния скота, а также своевременно реагировать на любые отклонения от нормы [3, с.394].

По данным Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации, внедрение роботизированных технологий в растениеводстве позволяет сократить затраты на удобрения, средства защиты растений и топливо примерно на 20%. В животноводстве активно применяются системы управления стадом и мониторинга состояния животных, а современные доильные установки уже используются половиной фермерских хозяйств страны. Более 60% крупных агрохолдингов и средних фермерских хозяйств применяют технологии точного земледелия, такие как спутниковый мониторинг полей. Применение этих решений обеспечивает прирост урожайности на 15–20%, экономию до 20% средств защиты растений, снижение затрат на технику в 4-5 раз [4].

По мере цифровой трансформации АПК, профессии, ранее считавшиеся исключительно физическими, становятся технологичными. Например, тракторист или агроном в цифровом хозяйстве уже должен уметь работать с GPS-навигацией, беспилотными летательными аппаратами, а также с программами управления полевыми работами. Появляются новые профессии, такие как операторы дронов, специалисты по анализу данных и ИТ-менеджеры. Это приводит к необходимости переквалификации и повышения квалификации существующих кадров.

В условиях цифровизации меняется не только содержание трудовой деятельности, но и механизмы ее организации. Появляется всё больше удаленных форм занятости, автоматизированных систем контроля и планирования, цифровых платформ для управления персоналом. Это требует от специалистов в области управления персоналом новых подходов к рекрутингу, адаптации, обучению и мотивации работников. Внедрение цифровых технологий требует от работников все больше новых компетенций [5, с.3187].

Таким образом, происходит переквалификация рабочих мест, сопровождаемая усложнением профессиональных требований. Такая трансформация неизбежно влечет за собой и изменение подходов к управлению человеческим капиталом. В новых условиях человеческий капитал становится ключевым ресурсом, от которого напрямую зависит эффективность внедрения цифровых решений и конкурентоспособность предприятий АПК. Вместе с этим изменяются и требования к работникам аграрного сектора: от них требуется не только знание агротехнологий, но и навыки работы с цифровыми платформами.

Современные условия требуют от аграрных организаций не только внедрения инновационных решений в производственные процессы, но и пересмотра традиционных подходов к кадрам, которые становятся главным драйвером изменений в условиях цифровой трансформации. Одной из ключевых сфер, где цифровые технологии проявляют себя наиболее результативно, является управление человеческим капиталом.

Одной из первых задач, которую решает цифровизация, является ускорение и оптимизация процессов найма и адаптации новых сотрудников. Традиционные методы подбора персонала – это длительные процедуры, связанные с ручной обработкой резюме, оценкой кандидатов и проведением интервью. В то же время цифровизация позволяет значительно ускорить эти процессы. Базы данных кандидатов, которые могут содержать информацию о предыдущем опыте работы, уровне квалификации и предпочтениях, позволяют оптимизировать подбор персонала и уменьшить время на отбор. Кроме того, системы позволяют автоматизировать процесс оформления новых сотрудников, что сокращает бумажную волокиту и минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором. В результате это не только ускоряет процесс, но и снижает затраты на кадровое администрирование. Благодаря таким системам время, затрачиваемое на подбор и оформление нового сотрудника, сокращается в среднем на 25–30%, а затраты на кадровый документооборот – почти на 40%. [6, с.114].

С каждым годом увеличивается количество сотрудников, проходящих дистанционное обучение через специализированные образовательные платформы. По результатам мониторинга Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, наибольшую эффективность в образовательной деятельности демонстрирует смешанный формат, объединяющий очное обучение и дистанционные технологии. При этом востребованность цифровых образовательных ресурсов особенно высока среди работников в отдаленных регионах, где очные формы обучения недоступны или экономически нецелесообразны. Расширение цифровой образовательной инфраструктуры позволяет оперативно обучать сотрудников новым технологиям, включая работу с агродронами, системами спутникового мониторинга, GPS-навигацией, цифровыми картами полей, биометрическими системами контроля и другими инновациями, востребованными в современной аграрной отрасли [7].

Согласно исследованию, проведенному российским разработчиком и интегратором ИТ-решений «Первый бит» в 2024 году, более 47% предприятий

агропромышленного комплекса России уже внедрили или находятся в процессе внедрения систем, позволяющих автоматизировать и оптимизировать процессы управления персоналом. Эти цифровые решения обеспечивают ведение электронной документации, контроль за производительностью сотрудников, оценку компетенций и формирование индивидуальных планов развития. Применение систем управления временными работниками на крупных агропредприятиях позволяет создавать базы данных кандидатов, автоматизировать отбор по заданным критериям и отслеживать производительность сотрудников в реальном времени [7].

Увеличение роли мобильных и облачных технологий также оказывает существенное влияние на сферу управления персоналом. По информации аналитического агентства ForkAgro, уже 32% аграрных компаний в России используют облачные решения для автоматизации бизнес-процессов, в том числе в части управления персоналом. Это делает процессы управления персоналом более гибкими, прозрачными и доступными. Сотрудники могут через мобильные приложения оформлять заявки на отпуск, просматривать график работы, участвовать в опросах и получать обратную связь от руководства. В свою очередь, для руководителей облачные решения позволяют отслеживать производительность работников в реальном времени, оперативно принимать решения и оптимизировать рабочие процессы. Это дает возможность не только повысить производительность, но и улучшить моральный климат в коллективе [8, с.188].

В процессе управления человеческим капиталом в АПК все большее значение приобретают интеллектуальные системы поддержки принятия управленческих решений. Анализ больших баз данных, сбор информации о динамике производительности, мониторинг трудовой дисциплины, оценка рисков и формирование сценарных моделей позволяют руководителям принимать более точные и обоснованные решения в сфере управления персоналом.

Управление человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации уже сегодня оказывает положительное влияние на эффективность аграрного производства. Цифровизация способствует снижению затрат, улучшению качества управления, расширению кадрового потенциала и созданию инновационной среды внутри аграрных организаций. При этом критически важно не ограничиваться внедрением технологий ради технологий, а формировать цифровую культуру, в которой персонал становится не объектом, а активным участником процессов трансформации.

Управление человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации это не просто модернизация отдельных процессов, а переход к новому типу взаимодействия между людьми, технологиями и организациями. В ближайшие годы она будет играть всё более значимую роль в формировании конкурентоспособного, устойчивого и адаптивного агропромышленного сектора экономики страны [9, с.193].

Касаемо цифровой трансформации АПК в мире, по данным исследовательской компании Mordor Intelligence, в 2024 году объем глобального рынка цифрового сельского хозяйства составлял 24,2 млрд. долл. США. Согласно прогнозу аналитического агентства MarketsandMarkets, к 2029 году глобальный рынок цифрового сельского хозяйства увеличит свой объем в 1,6 раз и достигнет 39,8 млрд. долл. США [10].

Цифровая трансформация АПК России в последние годы также приобретает всё более выраженный характер. По оценкам экспертов компании Strategy Partners, ключевым фактором развития агропромышленного комплекса в ближайшие годы станет именно цифровизация. Она позволит повысить производительность труда и увеличить добавленную стоимость. Прогнозируется, что рынок ИТ-решений для сельского хозяйства будет расти в среднем на 13% ежегодно до 2035 года, достигнув объема в 856 млрд. рублей [11].

Таблица 1. Прогноз развития рынка цифровых технологий в АПК России¹

Цифровая технология	Объем рынка в 2023 году. млрд. руб.	Прогнозируемый объем рынка в 2035 году, млрд. руб.	Комментарий с указанием прогнозируемого периода максимального роста
Интернет вещей	144,1	476,4	2025 год: Активное использование интернета вещей в работе сельскохозяйственных производителей
Искусственный интеллект	30,7	330	2030 год: Рост доступности технологии искусственный интеллект в АПК
Роботизация	12,2	34,9	2035 год: Укрупнение ферм и рост уровня роботизации
Геоаналитика	1,9	14,7	2030 год: Развитие коммерческого рынка дистанционного зондирования земли и рост доступности снимков

Перспективы развития систем управления персоналом включают их интеграцию с цифровыми технологиями, что позволит отслеживать использование сельскохозяйственной техники работниками и корректировать их обучение на основе полученных данных. Технологии больших баз данных в перспективе открывают возможности для анализа производительности сотрудников, прогнозирования потребностей в кадрах и выявления факторов, влияющих на удовлетворенность персонала. В АПК, где человеческий капитал

¹ Составлено автором на основе аналитики Strategy Partners

часто распределен по удаленным регионам, аналитика больших баз данных помогает выявлять региональные особенности управления персоналом и разрабатывать адресные программы мотивации. Перспективы включают использование предиктивной аналитики для прогнозирования текущести кадров и разработки программ удержания сотрудников.

Перспективы использования искусственного интеллекта в развитии человеческого капитала в АПК заключаются в точности и персонализации процессов подбора и обучения персонала. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать резюме, проводить предварительные собеседования и оценивать соответствие кандидатов требованиям вакансии. Кроме того, искусственный интеллект может использоваться для создания адаптивных обучающих платформ, которые подстраиваются под уровень знаний и стиль обучения сотрудника.

Цифровизация способствует развитию дистанционного обучения и гибридных форматов работы. Платформы для онлайн-обучения позволяют проводить курсы по повышению квалификации, не требуя физического присутствия сотрудников. Это снижает затраты на обучение и повышает доступность образовательных программ. Гибридные форматы работы, сочетающие удаленное управление и выполнение задач на местах, становятся возможными благодаря цифровым инструментам, таким как системы видеоконференций и мобильные приложения для управления задачами. Перспективы включают развитие виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) для обучения сложным технологическим процессам, например, ремонту сельскохозяйственной техники. Однако, уровень цифровизации в АПК России остается неравномерным. На конец 2024 года на крупных предприятиях уровень проникновения цифровых инструментов достигает 90%, в то время как на малых и средних сельхозпредприятиях этот показатель составляет лишь 25–30% [12, с.21].

Широкое внедрение цифровых решений сопровождается рядом вызовов. Наиболее остро стоит проблема недостаточного уровня цифровой

грамотности среди работников, особенно в сельских районах. Это существенно замедляет темпы внедрения инноваций и требует создания системной программы цифровой адаптации сотрудников всех возрастов.

Рекомендуется организовать программы повышения цифровой грамотности для всех уровней персонала, использовать адаптивные обучающие платформы для индивидуального подхода к обучению и сотрудничать с университетами и образовательными центрами для подготовки специалистов в области цифровых технологий [13]. При этом особенно важно учитывать специфику целевой аудитории, создавая интуитивно понятные интерфейсы и образовательные курсы, адаптированные под уровень подготовки работников.

Немаловажным препятствием остаётся также неравномерность цифровой инфраструктуры, в ряде сельских регионов до сих пор отсутствует стабильный доступ к высокоскоростному интернету, что создает объективные трудности для использования облачных решений, видеоконференций и онлайн-обучения [14, с.79]. Рекомендуется инвестировать в развитие сетевой инфраструктуры в сельских регионах, использовать облачные решения для хранения и обработки данных и обеспечить кибербезопасность систем управления персоналом и других цифровых платформ [15].

Для решения проблемы цифрового неравенства с 2014 года в рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика» реализуется Федеральный проект «Устранение цифрового неравенства». В рамках реализации проекта предпринимаются меры по обеспечению доступа к современным телекоммуникационным услугам в небольших населенных пунктах (от 100 до 500 человек). В том числе, создается инфраструктура для подключения к мобильному интернету стандарта LTE, проводится высокоскоростной интернет в социально значимые объекты. К 2030 году согласно планам Минцифры, более чем в 11 тысячах населенных пунктов планируется

завершить строительство базовых станций, обеспечивающих голосовую связь и быстрый доступ в интернет [15].

Дефицит специалистов, обладающих как отраслевыми знаниями, так и цифровыми компетенциями, также остается существенным вызовом. Согласно данным HeadHunter, на середину 2024 года отмечается нехватка квалифицированных кадров в сельском хозяйстве. Так динамика среднего числа активных вакансий значительно превышает среднее число активных резюме [16, с.107].

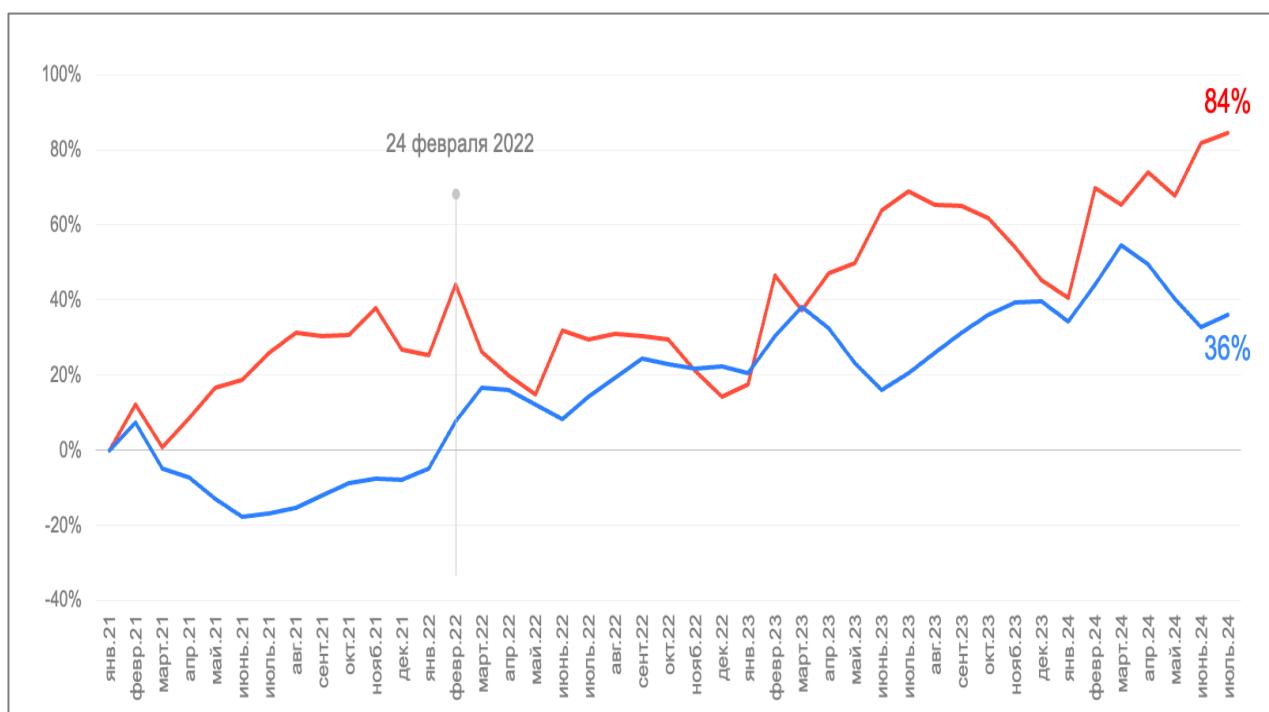


Рис. 1. Динамика среднего числа активных вакансий и резюме в профобласти «Сельское хозяйство» в России с января 2021 года по июль 2024 года (по данным HeadHunter).

Уровень притока молодежи в отрасль остается недостаточным. Поэтому важным направлением становится привлечение и удержание молодых специалистов, способных осваивать и применять цифровые инструменты в условиях аграрного производства. Это требует от компаний не только повышения заработных плат, но и создания благоприятной цифровой рабочей среды, ориентированной на профессиональный рост и инновационное мышление.

Кроме того, в целях повышения эффективности и конкурентоспособности АПК-компаниям рекомендуется сотрудничать с

технологическими стартапами и крупными ИТ-компаниями для разработки кастомизированных решений. Например, партнерство с разработчиками устройств интернета вещей может ускорить внедрение систем мониторинга производительности сотрудников. Для минимизации рисков рекомендуется начинать с пилотных проектов. После оценки результатов успешные решения можно масштабировать на другие предприятия АПК, учитывая региональные особенности и адаптируя технологии под местные условия [17, с.19].

Таким образом, управление человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации АПК открывает широкие перспективы для повышения эффективности, конкурентоспособности и устойчивости отрасли. Автоматизация, большие базы данных, искусственный интеллект и дистанционное обучение позволяют оптимизировать процессы найма, обучения и мотивации персонала, а также адаптироваться к глобальным вызовам. Цифровая трансформация АПК радикально меняет структуру трудовых отношений, содержание профессий и квалификационные требования. Управление человеческим капиталом в таких условиях становится стратегической задачей, требующей системного подхода и тесной интеграции с процессами цифровой трансформации отрасли [18, с.59].

Однако, успешное внедрение цифровизации требует стратегического подхода, инвестиций в обучение и инфраструктуру, а также сотрудничества с технологическими партнерами. Реализация предложенных рекомендаций позволит предприятиям АПК не только повысить эффективность управления человеческим капиталом, но и внести значительный вклад в устойчивое развитие отрасли.

Список использованных источников

1. Коптева Ж.Ю., Томакова И.А. Управление человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации АПК // Вестник НГИЭИ. 2022. № 5 (132). С. 102–88.

2. Быков А.А. Направления государственного регулирования агропродовольственного рынка / А.А. Быков // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: Материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. Том 1. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 129-131.

3. Зубарева Ю.В. Цифровая трансформация в агропромышленном комплексе: новые возможности и вызовы для устойчивого развития / Ю.В. Зубарева // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 4(153). – С. 391-395.

4. Цифровая трансформация [Электронный ресурс] // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации: сайт. – URL: <https://ac.gov.ru/news/page/cifrovizacia-ohvatyvaet-vse-bolse-otraslej-28039> (дата обращения 15.04.2025).

5. Vasilev V.L., Gapsalamov A.R., Akhmetshin E.M., Bochkareva T.N., Anisimova T.I., Yumashev A.V. Digitalization peculiarities of organizations: a case study // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2020. Т. 7. № 4. С. 3173-3190.

6. Герасимов В.О. Перспективы развития человеческого капитала в агропромышленном комплексе Республики Татарстан / В.О. Герасимов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2025. – Т. 13, № 1(68). – С. 104-116.

7. Автоматизация сельского хозяйства. [Электронный ресурс] // Первый бит: сайт. – URL: <https://syrgyt.1cbit.ru/company/news-syrgyt/488050/> (дата обращения 19.04.2025).

8. Ханмагомедов С.Г., Кудаева Б.Ш. Особенности формирования современного человеческого капитала в АПК // Проблемы развития АПК региона. – 2023. – № 2 (54). – С. 186-189.

9. Герасимов В.О., Быков А.А., Шадринцева А.А. Особенности Формирования и развития человеческого капитала в агропромышленном

комплексе Российской Федерации // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2024. – №. 4. – С. 186-197.

10. Digital Agriculture Market Offering, Technology, Operation, Type, Region - Global Forecast to 2029 (January 2024) [Электронный ресурс] // MarketsandMarkets: сайт. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-agriculture-market-235909745.html> (дата обращения 16.04.2025).

11. Цифровой животновод: как информационные технологии меняют агропром [Электронный ресурс] // РБК Отрасли: сайт. – URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/675c3af29a79471b3e2a5de1> (дата обращения 16.04.2025).

12. Ахметшин Э.М. Исследование компетенций персонала в условиях цифровой трансформации менеджмента российской высшей школы // Экономика устойчивого развития. 2020. № 2 (42). С. 18-22.

13. Проваленова Н.В. Особенности и факторы формирования человеческого капитала в аграрном секторе экономики / Н.В. Проваленова, С.С. Наумов // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16. – № 1 – URL: <https://esj.today/PDF/10ECVN124.pdf> DOI: 10.15862/10ECVN124 (дата обращения 18.04.2025).

14. Г.М. Гриценко. Методические подходы к обоснованию направлений развития инфраструктуры экспорта зерна Сибири / Г.М. Гриценко, А.А. Быков, В.В. Алещенко [и др.] // Регион: Экономика и Социология. – 2023. – № 2 (118). – С. 59-87.

15. Информационная инфраструктура [Электронный ресурс] // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации URL: <https://digital.gov.ru/activity/czifrovizacziya-gosudarstva/vedomstvennyj-proektnyj-ofis-vpo/administrirovanie-soprovozhdenie-ispolneniya-naczialnoj-programmy-czifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federacii/informaczionnaya-infrastruktura> (дата обращения 13.04.2025).

16. Камени Л.Б. Эффективность использования кадрового потенциала в аграрном секторе экономики в условиях цифровизации // Научный журнал молодых ученых. – 2024. – №2 – С. 103-108.

17. Гусева М.Н., Анциферова О.Ю. Современное состояние и тенденции развития человеческого капитала АПК и сельских территорий России // Региональная экономика. Юг России. – 2023. – Т. 11. – № 3. – С. 14-22.

18. Герасимов В.О. Управление человеческим капиталом региона в аспекте стратегии развития Республики Татарстан / В.О. Герасимов, Р.И. Шарафутдинов // Научные труды Центра перспективных экономических исследований. - 2020. - № 18. - С. 56-61.

Gerasimov V.O., applicant at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy",

assistant, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University.

THE ROLE OF DIGITALIZATION IN THE HUMAN CAPITAL MANAGEMENT SYSTEM IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX ECONOMY

Abstract: *The research is devoted to human capital management in the context of the digital transformation of the agro-industrial complex. One of the key areas of research is the analysis of the impact of digital transformation on the employment structure in the agricultural sector and changes in personnel requirements. Special attention is paid to the practical application of digital technologies in personnel management and training. Based on the analysis of key aspects of the formation and management of human capital in the agro-industrial complex, recommendations have been formulated for the further development of digitalization in the field of human capital management, including the need to develop digital infrastructure and improve digital literacy of personnel.*

Keywords: *human capital, digitalization, digital transformation, agro-industrial complex, digital technologies, artificial intelligence, HRM systems.*

УДК 365.46, 72.025.4

Девятникова Л.А., кандидат технических наук, доцент, ФБГОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»,

Агеева П.М., проектировщик ООО «Лэндмарк», г. Петрозаводск

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ МАСТЕРСКИХ В ГОРОДЕ ПЕТРОЗАВОДСК

Аннотация: В статье рассматривается функциональная модернизация старого здания мастерских в городе Петрозаводск с целью создания культурного пространства с организацией безбарьерной среды для маломобильных групп населения. Организация доступного пространства происходит посредством адаптации здания под современные требования для людей с физическими, сенсорными и когнитивными нарушениями. Описаны мероприятия, такие как оборудование входных групп, установка пандусов, тактильной разметки, специальных санитарных узлов и других элементов, обеспечивающие комфортное и безопасное использование здания. Отмечена положительная сторона модернизации, которая повысит уровень инклюзии и увеличит количество общественных мест, доступных для маломобильных граждан.

Ключевые слова: Модернизация, безбарьерная среда, доступная среда, маломобильные группы населения.

Введение

Город Петрозаводск, являясь центром Республики Карелия, с каждым годом наращивает туристическую привлекательность, что придает импульс развитию экономики города, способствует появлению новых объектов и предприятий. Пользуются популярностью и мероприятия, проводимые для обучающихся за пределами образовательных учреждений, которые позволяют разнообразить процесс обучения, а также приобрести новые знания и навыки. Поэтому организация в городе образовательных, творческих и культурных пространств становится как никогда актуальной. Строительство новых объектов для реализации такого рода деятельности вряд ли будет поддержано при формировании бюджетных планов, а вот использование устаревших и неиспользуемых по назначению зданий для этих целей представляется возможным. В Петрозаводске, как и в любом крупном

городе, существуют индустриальные объекты, которые или не используются, или их производственные площадки могут быть расширены при переносе за городскую черту.

При государственной поддержке на федеральном и республиканском уровнях с учетом нормативных требования [1-5] такие объекты могли бы стать частью общественного пространства и благоустройства города, тем более, что в настоящее время становится востребованной организация творческих корпоративных тимбилдинговых мероприятий для сплочения различных коллективов.

При функциональной модернизации современного здания должна быть предусмотрена организация доступной среды для маломобильных групп населения (МГН). Согласно [2] разделяют понятия «безбарьерной среды» (в которой отсутствуют или сведены к минимуму физические, средовые, информационные и социально-психологические барьеры для инвалидов) и «доступной среды» (в которую могут свободно заходить, попадать и которую могут использовать люди с физическими, сенсорными или интеллектуальными нарушениями). Первоначально эти выражения использовались для описания зданий и компонентов, которыми могли пользоваться люди, использующие инвалидную коляску. Однако впоследствии в определение были включены стандарты, которые подходили людям с другими видами инвалидности. Многие исследователи и ранее и в настоящее время изучают проблему равноправной доступности всех социальных объектов для граждан различных категорий мобильности [6-9].

В широком смысле, безбарьерный, или доступный дизайн – это дизайн, который создает наиболее легкие и безопасные условия для наибольшего числа людей и способствует их независимому образу жизни.

Целью данной работы является анализ возможностей организации безбарьерного пространства при модернизации нежилого здания мастерских 1962 года постройки в городе Петрозаводске (рис. 1) посредством адаптации здания под современные требования для людей с физическими, сенсорными

и когнитивными нарушениями, а также описание мероприятий по созданию доступной среды для большинства групп маломобильных граждан, за исключением полностью незрячих людей.

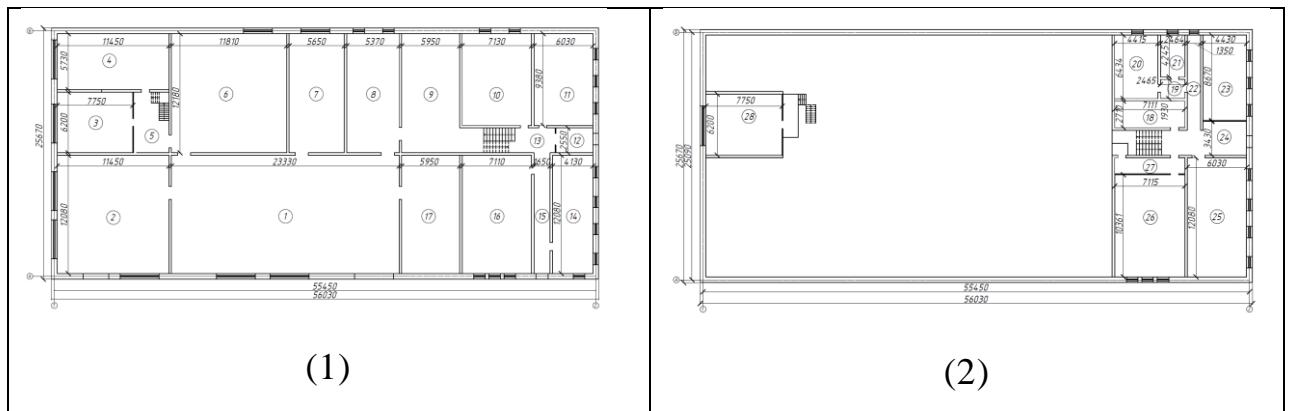


Рис. 1. План существующего здания: план первого этажа (1); план второго этажа (2)

Функциональная модернизация здания мастерских заключается не только в перепланировке помещений (см. рис. 2), но и в утеплении ограждающих конструкций, поскольку здание было построено в соответствии с устаревшими нормами по теплозащите.

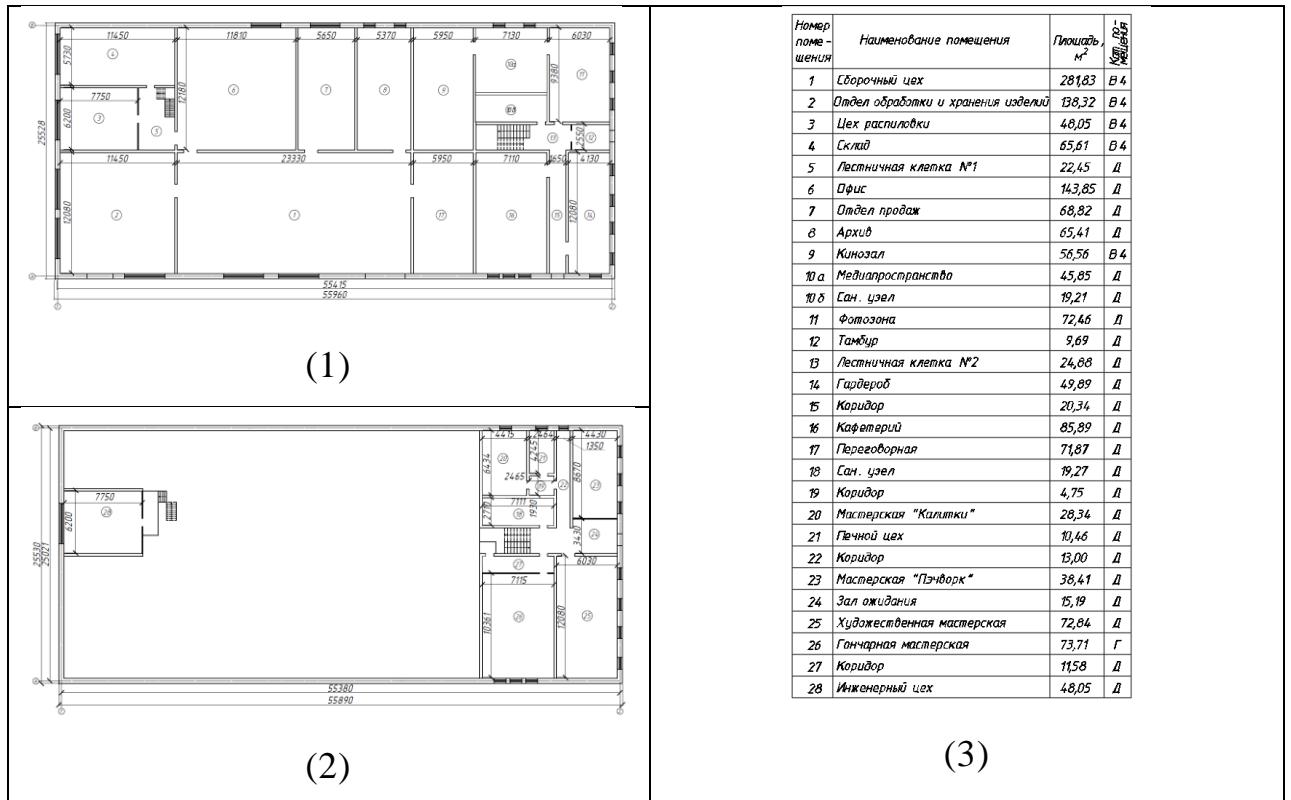


Рис. 2. План здания после модернизации: план первого этажа (1); план второго этажа (2), экспликация помещений здания после перепланировки (3)

Предполагается устройство утепленного навесного вентилируемого фасада, замена кровельного покрытия, полная замена светопрозрачных конструкций и внутренняя отделка, и переоборудование помещений.

Предлагаемые мероприятия по организации доступной среды

Первое с чем сталкиваются люди с ограниченными возможностями при входе в любое здание это входная группа. Согласно СНиП 35-01-2001 в здании как минимум один из входов в здание должен быть оборудован средствами для комфортного, беспрепятственного и удобного доступа МГН. Это может быть центральный (главный вход) или специально приспособленный вход для колясочников. При модернизации рассматриваемого здания таким образом организуется вход в помещение №12 (см. рис.2).

В общественных зданиях на этапе проектирования или при капитальном ремонте закладываются стеклянные двери. Делается это по нескольким причинам: стекло позволяет оценить ситуацию по другую сторону двери – входящие/выходящие люди, погодные условия, к тому же благодаря стеклу увеличивается освещенность помещения.

Но стеклянные двери имеют недостатки для людей, плохо ориентирующихся в пространстве. Например, плохая видимость створки в закрытом и открытом состоянии, по сравнению с конструкциями из других материалов. Слабовидящий человек может об полотно стеклянной двери легко травмироваться. Поэтому в реконструируемом здании предусматриваются наклейки (см. рис.3) непосредственно на стекло двери, что сделает входную систему более заметной, и в случае задымления желтый знак будет легче различить. Люди с ослабленным зрением нуждаются в ярких знаках, предупреждающих об опасности, больше остальных, так как для них все конструкции из стекла – потенциальный риск.

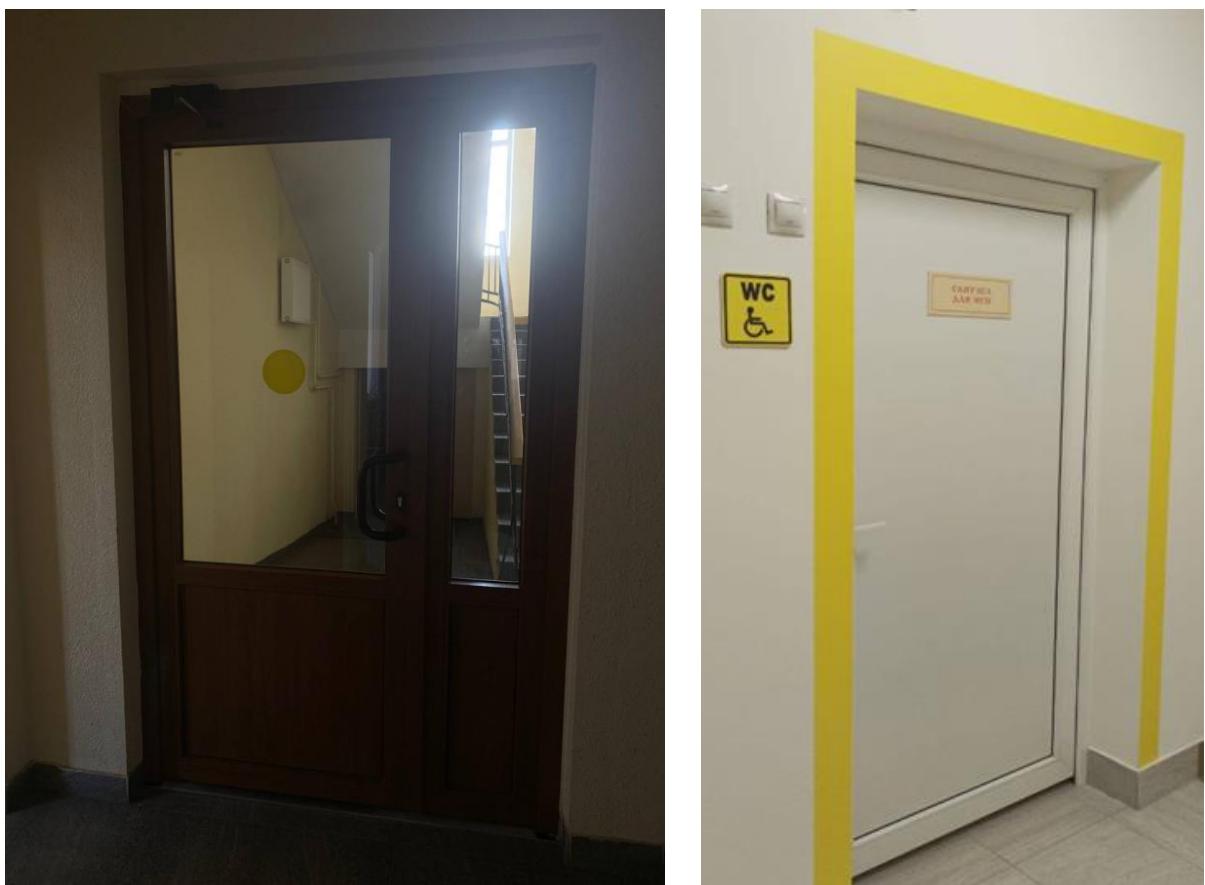


Рис. 3. Оформление дверей при организации доступной среды (учебный корпус №10 ПетрГУ, фото Агеевой П.М.)

Все двери в здании мастерских оборудуются доводчиком, обеспечивающим безопасное движение МГН, а контрастная маркировка дверных проемов используется для облегчения идентификации дверного проема слабовидящими людьми и людьми с когнитивными ограничениями.

Также для обеспечения возможности инвалидов пользоваться услугами наравне с остальными группами населения, не имеющими проблем со здоровьем, на входе в здание предусматривается пандус, возведение которого регламентируется федеральным законом № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов». Перед ступенями или пандусом устанавливается кнопка «вызов помощи» на высоте от 85 до 100 см.

Пандусом могут пользоваться инвалиды с поражением опорно-двигательного аппарата, а также люди, получившие травму и временно не имеющие возможности ходить самостоятельно, с нестандартными размерами тела (большой массой), люди почтенного возраста, беременные женщины.

Лестницам в самом здании уделяется особое внимание. Ступени лестницы являются элементом опасности практически для всех категорий граждан. Для безопасности требуется тактильная разметка на всю ширину марша, а первую и последнюю ступени обозначить контрастным (желтым) цветом. Входная лестница при входе оформляется плиткой согласно ГОСТ Р 52875-2018 «Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования», а лестницы внутри здания обозначаются с помощью накладок на ступени. В качестве альтернативы тактильной плитке в здании применяется грязезащитное тактильное покрытие «ТифлоПол» [10], обладающее противоскользящими свойствами и выполненное из морозостойкого материала.

Поручни у ступеней предполагаются двухуровневыми - на высоте 70 см и 90 см с горизонтальными элементами не менее 30 см, как и у пандуса со специальной термооболочкой для комфортного использования в зимний период. Диаметр поручня 40 мм.

Модернизируемое здание не предполагает устройство лифта, поэтому предусмотрен откидной пандус, прикрепленный с одной стороны к стене или перилам и расположенный вдоль лестницы. При использовании пандус опускается на лестничный марш. После использования снова откидывается к стене, чтобы не мешать проходу по лестнице (рис.4).



Рис. 4. Изображение положений откидного пандуса [11]

Покрытия в коридорах планируется выполнить из нескользящего покрытия.

Специально оборудованный санитарный узел (помещение № 10б, рис. 2) соответствует нормативным требованиям - ГОСТ Р 51261-99 «Устройства опорные стационарные реабилитационные» и СП 35-101-2001 в части проектирования зданий с учетом доступности для маломобильных групп населения.

Размеры помещения санузла: длина – 663 см, ширина – 300 см, такие габариты позволяют людям на инвалидной коляске свободно разворачиваться самостоятельно и даже с сопровождающим.

Ширина двери, согласно тем же нормам, составляет 90 см, и также имеет цветовую контрастную разметку, наземную тактильную разметку, вертикально расположенную ручку штангу, отбойник для инвалидной коляски, а так систему свободно-занято.

Для оповещения о чрезвычайных ситуациях туалет оборудуется системой, позволяющей передавать информацию в форматах доступных для любой категории маломобильных групп населения.

Сбоку от унитаза предусмотрено свободное пространство шириной 80 см для размещения кресла-коляски, а также крючки для одежды и костылей.

Унитаз для людей с ограничениями выбран на 10 см выше стандартного. Справа и слева от унитаза располагаются поручни из нержавеющей стали. Оборудуется поручнем и раковина. Смеситель и дозатор мыла оснащаются сенсорными датчиками. Сушитель для рук располагается на высоте доступной для инвалидов 85-95 см.

Предусмотрена и сенсорная кнопка вызова экстренной помощи внутри кабинки, обозначенная пиктограммой с наклонной площадкой, и снабженная шнурком, необходимым на тот случай, если человек упадет и не сможет самостоятельно дотянуться до кнопки.

Таким образом, в модернируемом здании определены возможности безбарьерного доступа для людей разных возрастов с физическими,

сенсорными или интеллектуальными нарушениями в довольно просторные мастерские ремесленного центра (рис. 2), посещение которого позволит разнообразить их жизнь и развить творческий потенциал.

Существует определенный перечень необходимых элементов в дизайне помещений и устройств, помогающих людям всех категорий лучше ориентироваться внутри зданий и сооружений. Перечень не столь широк и сложен в реализации, однако с помощью данных элементов можно создать «безбарьерную среду».

В здании старого нежилого фонда можно организовать доступную среду, адаптировав имеющиеся элементы и конструкции под ее требования: установить дополнительные поручни, подходящие подъемники, тактильные накладки, знак «желтый круг», и т.п.

Функциональная модернизация здания позволит его сохранить и сделает возможным расширение списка досуговых центров в городе Петрозаводске, да еще и готовых к посещению маломобильными группами населения.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 51261-99. Устройства опорные стационарные реабилитационные: издание официальное: утвержден и введен в действие Госстандартом России от 13 апреля 1999 г. – Москва: Издательство стандартов, 1999 – 16 с.
2. ГОСТ Р 59811-2021. Безбарьерная среда жизнедеятельности инвалидов. Термины и определения. Национальный стандарт Российской Федерации (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 октября 2021 года № 1327-ст) введен с 01.06.2022 – 35 с.
3. СП 35-101-2001. Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения:

издание официальное: разработан Научно-проектным институтом учебно-воспитательных, торгово-бытовых и досуговых зданий: утвержден и введен в действие приказом директора ГУП «Научно-проектный институт учебно-воспитательных, торгово-бытовых и досуговых зданий» (Институт общественных зданий) от 20 июня 2001 г. № 5. – Москва, 2004. – 84 с.

4. ГОСТ Р 52875-2018. Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования: издание официальное: разработан Федеральным государственным унитарным предприятием "Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия: утвержден и введен в действие Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2018 г. №1029-ст. – Москва: Стандартинформ, 2018 г. – 19 с.

5. Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. N 181-ФЗ "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями)

6. Манько, А. В. Программа формирования жизненного цикла при редевелопменте индустриальных объектов / А. В. Манько, И. В. Кожевникова, С. Е. Соколова // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 2(98). – С. 256-264.

7. Гусарова, С. В. Архитектура безбарьерной среды / С. В. Гусарова // Вестник Московского информационно-технологического университета - Московского архитектурно-строительного института. – 2022. – № 1. – С. 5-12. – DOI 10.52470/2224669X_2022_1_5.

8. Будаченкова, Е. А. Безбарьерная среда для маломобильных групп населения / Е. А. Будаченкова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-1. – С. 114-118. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-32.

9. Ржепка, Э. А. Исследование индикационных показателей безбарьерной среды музеев города Иркутска / Э. А. Ржепка, Т. П. Головченко // Известия Байкальского государственного университета. – 2023. – Т. 33, № 1. – С. 66-73. – DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(1).66-73.

10. Электронный каталог «Вертикаль» [Электронный ресурс] Тактильные покрытия – Электрон.дан. – Петрозаводск, сор. 2024. - URL:https://tiflocentre.ru/magazin/view_cat.php?cat=34 (дата обращения 09.12.2024)

11. ООО «Доминант» [Электронный ресурс] Производство и реализация металлоконструкций из нержавеющей стали | Откидной пандус D-M5/02 – Электрон.дан. – Петрозаводск, сор. 2024. - URL:<http://dominant-st.ru/product/otkidnoy-pandus/> (дата обращения 09.12.2024)

Devyatnikova L.A., PhD in Engineering, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Petrozavodsk State University”,

Ageeva P.M., designer, Landmark LLC, Petrozavodsk

ORGANIZING AN ACCESSIBLE ENVIRONMENT DURING FUNCTIONAL MODERNIZATION OF WORKSHOPS IN THE CITY OF PETROZAVODSK

Abstract: *The article discusses the functional modernization of an old building of workshops in the city of Petrozavodsk in order to create a cultural space with the organization of a barrier-free environment for people with limited mobility. The organization of an accessible space occurs through the adaptation of the building to modern requirements for people with physical, sensory and cognitive disabilities. The measures are described, such as equipping entrance groups, installing ramps, tactile markings, special sanitary facilities and other elements that ensure comfortable and safe use of the building. The positive side of the modernization is noted, which will increase the level of inclusion and increase the number of public places accessible to people with limited mobility.*

Keywords: *Modernization, barrier-free environment, accessible environment, people with limited mobility.*

УДК 629.3.017:629.3.018+629.3.027.3

Дианов В.А., аспирант НЧИ КФУ, конструктор отдела «Численное моделирование и виртуальные испытания», МГТУ им. Н.Э. Баумана НОЦ «КАМАЗ – БАУМАН», эл. почта: vadianov@bmstu.ru

Бокарев А.И., к.т.н., старший научный сотрудник отдела «Численное моделирование и виртуальные испытания», МГТУ им. Н.Э. Баумана НОЦ «КАМАЗ – БАУМАН», эл. почта: bokarev@bmstu.ru

Дьяков Ф.К., к.т.н., доцент кафедры «Автомобили», МАДИ, эл. почта: Philipp.Dyakov@atom.team

Мазур Е.П., ведущий инженер ресурсных испытаний АО «КАМА», эл. почта: Egor.Mazur@atom.team

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: В статье описывается проблематика планирования ресурсных испытаний механических несущих частей автомобиля с учётом раскрытия нюансов идеологии ассоциативности форсированной эксплуатации и эксплуатации автомобиля на дорогах общего пользования. Проблематика является общей для любых автомобилей, в том числе с традиционной силовой установкой, автомобилей с комбинированной энергетической установкой или электромобилями. В отношении оценки ресурса механических частей любого автомобиля опорным критерием является накопление усталости в несущих элементах ходовой части (компоненты безопасности автомобиля). Идеология ассоциативности форсированной эксплуатации и эксплуатации автомобиля на дорогах общего пользования базируется на сравнении удельных накопленных повреждений или псевдоповреждениях (отнесённых к пробегу) в несущих элементах ходовой части. Целью работы является анализ проблематики планирования ресурсных испытаний с учётом возможности обеспечения ассоциативности форсированной эксплуатации и эксплуатации автомобиля на дорогах общего пользования.

Ключевые слова: автомобиль, ресурсные испытания, переводной коэффициент, дороги общего пользования.

Введение

Процесс разработки автомобиля тесно сопряжён с необходимостью отработки технических решений и проверки соответствия автомобиля необходимым потребительским свойствам методом натурных испытаний. Методы и методики проведения натурных испытаний играют особую роль в

эффективности процесса разработки автомобиля. Автопроизводители ставят перед собой задачу спроектировать транспортное средство с заданными физическими свойствами, которые нормируются ещё на ранних стадиях в виде проектных целевых показателей, характеризующих целый спектр потребительских свойств. Одними из наиболее важных потребительских свойств автомобиля является надёжность механических несущих частей, что в первую очередь изначально определяется условиями, где автомобиль эксплуатируется. Надёжность автомобиля является показателем верхнего уровня, который совокупно содержит в себе эксплуатационные свойства долговечности, устойчивости к шуму и вибрации, устойчивости и управляемости автомобиля, свойства пассивной безопасности и другие важные показатели.

Вопрос качества и количества исходных данных для удовлетворения потребительским свойствам надёжности остаётся острым и открытым. Важно понимать, что каждый автомобиль имеет уникальную и непредсказуемую историю нагрузок. Некоторые автомобили никогда не выезжают за пределы города, некоторые почти всегда эксплуатируются на пригородных трассах, а некоторые специальные машины используются только на строительных площадках. Аналогичные различия существуют и в том, как водители эксплуатируют автомобиль. Можно с уверенностью отметить, что в течение всего срока службы ни один автомобиль не будет эксплуатироваться в одинаковых условиях. Аналогичные различия также существуют в отношении прочности компонентов из-за особенностей производства, дефектов материалов и прочих важных аспектов. Данные различия являются факторами неопределенности, которые влияют на общую долговечность автомобиля и при этом определяют граничные условия надёжности автомобиля. Именно на данных показателях и формируемых исходных данных автопроизводители основывают дальнейшие методы проверки.

Методы проверки в процессе развития вновь разрабатываемого и изготавливаемого продукта, как правило, обеспечивают ускоренное получение результата за счёт более форсированной эксплуатации и более интенсивного

накопления усталости в механических несущих частях автомобиля за километр пробега. Распределение плотности вероятности по уровням нагрузок в зависимости от режима эксплуатации автомобиля с наложением уровня нагрузок, определяющего структурную прочность несущих элементов в качестве примера можно продемонстрировать рисунком 1 на базе источника [1].



Рис. 1. Распределение плотности вероятности по уровням нагрузок

Из выше изложенного следует, что обзорный анализ проблемы разработки и применения рациональных методов ускоренных ресурсных испытаний с учётом возможности обеспечения ассоциативности форсированной эксплуатации и эксплуатацией автомобиля на дорогах общего пользования является актуальной темой исследования.

В данной работе авторы сосредоточили свое внимание на основах методики – сборе исходных данных. Важно собрать необходимый и достаточный перечень данных, характеризующих эксплуатацию автомобиля. Регистрируемая во время испытаний информация определяет объем и качество исходных данных, которые могут быть использованы по меньшей мере для формирования циклов форсированной эксплуатации. Таким образом данная работа посвящена формированию рекомендаций по оснащению испытываемого автомобиля комплексом измерительного оборудования для обеспечения возможности проведения сравнительного анализа нагруженности по данным испытаний, что лежит в основе формирования циклов форсированной эксплуатации.

Общий процесс получения эксплуатационных данных о нагрузках

Методы определения ускоренных ресурсных испытаний, как правило, базируются на проведении натурных испытаний прототипов вновь разрабатываемых и изготавливаемых автомобилей или испытании автомобилей аналогов, которые по архитектуре системы подрессоривания и массово-габаритным параметрам являются наиболее близкими к объекту исследования. Полученные данные могут широко использоваться в процессе проектирования автомобиля и в значительной степени обеспечить прогнозируемый результат по потребительскому свойству надежности автомобиля. Однако в этом аспекте остаётся открытым и острым вопрос планирования этих самых ресурсных испытаний и их правильной интерпретации с пробегом автомобиля. На рисунке 2 представлен типовой процесс получения данных о эксплуатационных нагрузках и их возможное применение на различных стадиях вновь разрабатываемого автомобиля.

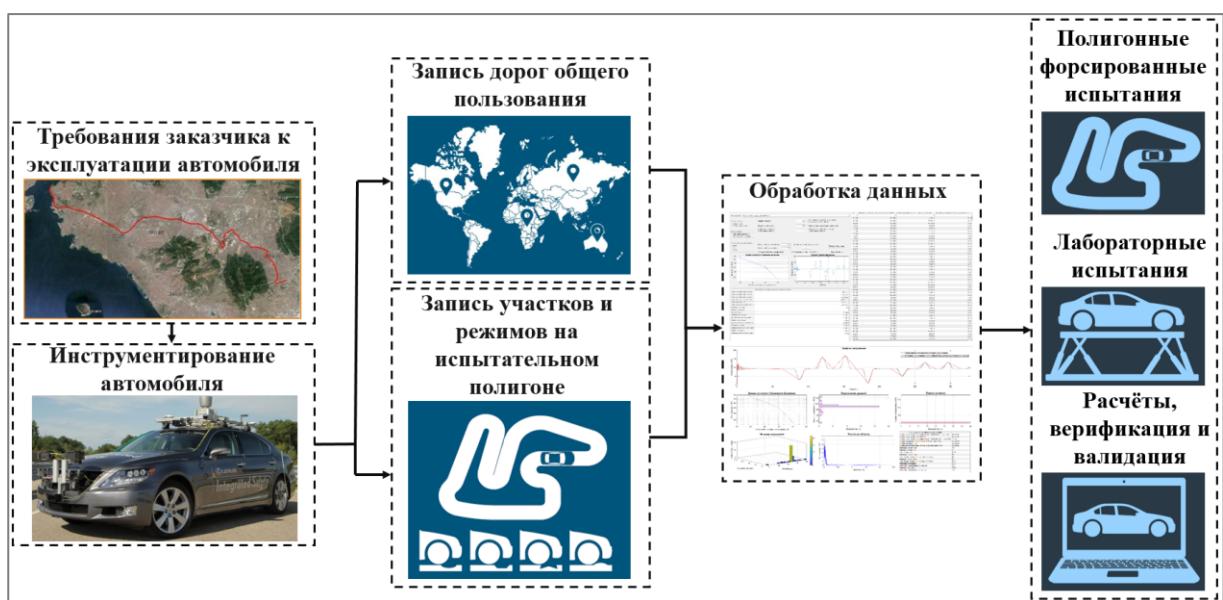


Рис. 2. Общий процесс получения данных о эксплуатационных нагрузках

В соответствии с рисунком 2 формирование блока ресурсных испытаний необходимо обеспечить с учётом ассоциативной связи между форсированной эксплуатацией и эксплуатацией автомобиля на дорогах общего пользования, что нормируется автопроизводителями коэффициентом усиления. Коэффициент усиления – это отношение пробега автомобиля при эксплуатации на дорогах

общего пользования к пробегу автомобиля при форсированной эксплуатации при условии равенства накопления усталостных повреждений.

При проведении испытаний автомобилей в условиях повышенных нагрузок ключевой задачей является определение коэффициента усиления, характеризующего ускоренное накопление повреждений по сравнению со стандартными режимами эксплуатации. В современной практике применяются два основных подхода:

1. Эмпирический подход

Данный способ основан на статистическом анализе отказов и повреждений, зафиксированных в ходе натурных испытаний на автомобильных полигонах. Его преимущество заключается в достоверности, поскольку расчёты базируются на реальных эксплуатационных данных. В России этот метод получил широкое распространение и закреплён в ряде нормативных методик [2–4], а также рекомендуется специализированной литературой [5,6].

Дальнейшее развитие эмпирического подхода позволило усовершенствовать методику расчётов. В частности, был предложен объективный способ оценки коэффициента усиления, основанный на мониторинге накопления усталостных повреждений в критичных узлах автомобиля [7,8]. Это повысило точность прогнозирования ресурса деталей при форсированных режимах работы.

2. Полуэмпирический подход

В отличие от чисто статистического подхода, этот метод сочетает экспериментальные данные с теоретическими моделями нагружения. Он предполагает анализ псевдоповреждений, возникающих в ответственных компонентах автомобиля под действием динамических нагрузок от колёс. Теоретической основой метода служат:

- кривые усталости материалов;
- принцип линейного суммирования повреждений (гипотеза Пальмгрена-Майнера);

- алгоритм подсчёта циклов нагружения с использованием метода «дождя».

Благодаря своей универсальности полуэмпирический метод нашёл широкое применение среди конструкторов и испытателей, особенно при сравнительном анализе нагрузок в различных узлах автомобиля [1,9]. Его ключевое преимущество – возможность прогнозирования усталостных разрушений без проведения длительных натурных испытаний.

Полуэмпирический метод является наиболее подходящим для формирования блоков ресурсных испытаний вновь разрабатываемых и изготавливаемых автомобилей, однако его реализация зависит от ресурсов испытательных лабораторий. В наиболее полноценном виде, как это описывалось в источнике [10], могут использоваться измерительные динамометрические колёса для фактической оценки колёсных нагрузок. Измерительные динамометрические колёса представляют собой тензометрические датчики, вмонтированные в конструкцию ступиц. Данные датчики позволяют измерять силы и моменты, действующие на колеса автомобиля. Динамометрические колеса позволяют получить точные данные о вертикальных, продольных и боковых нагрузках, что особенно важно для анализа работы подвески и трансмиссии. Этот метод также помогает оценить распределение нагрузки между осями, что является ключевым фактором для обеспечения устойчивости и управляемости транспортного средства. Кроме того, данные, полученные с помощью динамометрических колес, могут быть использованы для калибровки математических моделей, применяемых при проектировании и тестировании автомобилей. Использование измерительных динамометрических колёс является самым широко распространённым и точным способом регистрации данных для сравнения нагруженности. Однако в условиях ограниченности ресурсов испытательных лабораторий не каждый автопроизводитель способен приобрести или взять в аренду столь дорогостоящий измерительный инструмент для проведения испытаний.

В литературе [1] отмечается, что сравнение нагруженности может быть реализовано менее точным способом путём регистрации сигналов ускорения и последующим их анализом. Таким образом, целесообразно предложить доступную методику ускоренных ресурсных испытаний на базе типового измерительного оборудования – датчики ускорения. Этот метод основан на измерении колебаний, возникающих в различных частях автомобиля при его движении. Датчики ускорений устанавливаются на кузове и подвеске. Полученные данные позволяют оценить интенсивность динамических нагрузок, которые воздействуют на транспортное средство.

Основы разработки методики сбора данных об эксплуатации автомобиля на базе датчиков ускорений

В данном разделе авторами статьи затрагивается информация о необходимости оснащения испытуемого автомобиля минимально необходимым комплексом измерительного оборудования. Типовая иллюстрация инструментирования автомобиля и некоторых основ методики проведения испытаний представлена на рисунке 3.

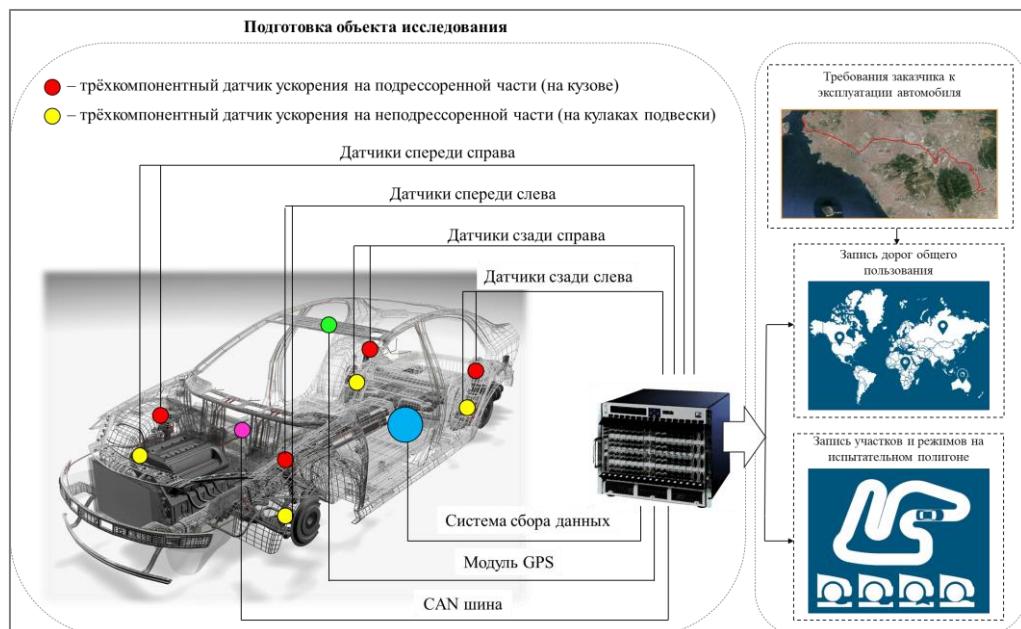


Рис. 3. Иллюстрация инструментирования автомобиля и методики проведения испытаний

На этапе планирования испытаний рекомендуется реализовать регистрацию данных ускорений как на подпрессоренных, так и на

неподрессоренных частях строго в трёх направлениях ориентации: вертикальном, поперечном и продольном. Датчики ускорений предлагается устанавливать в 4-х местах на подрессоренных частях (кузов автомобиля, в районе чашек стоек) и 4-х местах на неподрессоренных частях (кулаки подвесок). Системы координат всех датчиков нужно привести в единообразный вид: продольная ось направлена назад по направлению движения автомобиля, поперечная ось направлена в правую сторону по направлению движения автомобиля, вертикальная ось направлена наверх.

Важно заметить, что характеристики элементов установки датчиков ускорений будут оказывать большое влияние на их регистрируемые показания. Одно из главных требований к месту установки: «акселерометр и его крепление должны быть максимально жесткими и твердыми, а поверхность крепления – максимально чистой». Авторы статьи рекомендуют руководствоваться стандартом ГОСТ ИСО 5348-2002 [11] при конкретизации мест установки и способов крепления.

Основные требования к измерительному оборудованию приведены в таблице 1.

Собираемые данные об ускорениях в трёх направлениях с учётом позиционирования на подрессоренных и неподрессоренных частях позволяют максимально подробно собрать данные об эксплуатации автомобиля для сравнения нагруженности и применить методику сравнительного анализа псевдоповреждений на базе понятий кривой усталости материала, правила линейного накопления псевдоповреждений и подсчета количества циклов гистерезиса загрузки-разгрузки методом «дождя», которая подробно затрагивается в трудах [1,10].

Показания модуля системы глобального позиционирования (на анг. «GPS» – global positioning system) необходимы для связи накопленных повреждений с пробегом автомобиля. Модуля «GPS» достаточно для решаемой задачи, а также он прост и дешев относительно других подобных решений.

Таблица 1. Требования к измерительному оборудованию

Оборудование	Место установки		Диапазон измерения	Уровень шума	Частота сбора данных	Погрешность
Датчик ускорения 3х осевой	Неподпрессоренные части	Кулак левого переднего колеса	не менее ± 50 g	не более $2 \cdot 10^{-3}$ g	не менее 200 Гц	не более ± 0.5 %
		Кулак правого переднего колеса				
		Кулак левого заднего колеса				
		Кулак правого заднего колеса				
Датчик ускорения 3х осевой	Подпрессоренные части	Левая передняя часть кузова	не менее ± 10 g	не более $2 \cdot 10^{-3}$ g	не менее 200 Гц	не более ± 0.5 %
		Правая передняя часть кузова				
		Левая задняя часть кузова				
		Правая задняя часть кузова				
Система сбора данных	Салон автомобиля		–	–	не менее 200 Гц	–
Модуль GPS	Крыша автомобиля		–	–	не менее 5 Гц	не более ± 10 м
CAN шина	–		–	–	не менее 100 Гц	–

Из шины данных автомобиля (на анг. «CAN» – controller area network) минимально необходимыми являются сигналы, связанные с рабочей тормозной системой. Для этого могут подойти сигналы: положение педали тормоза, давление в тормозной системе и т.п. Если нет возможности получить представленные сигналы из шины «CAN», то необходимо предусмотреть установку собственных датчиков, например, датчик перемещения на педаль тормоза. Сигналы, связанные с рабочей тормозной системой, нужны для разделения сигналов продольных ускорений или замедлений, возникающих при эксплуатации, чтобы идентифицировать возникающую нагрузку от трансмиссии или тормозной системы. Данная идентификация является важной информацией для последующей обработки данных после их сбора, поскольку при действии рабочей тормозной системы тормозной момент воспринимается направляющим аппаратом и данную информацию требуется правильно интерпретировать впоследствии с накоплением усталости.

Данная информация сформирована авторами статьи в качестве основ разработки методики сбора данных об эксплуатации автомобиля на базе датчиков ускорений. Представленная информация не раскрывает всей сути методики, но отражает необходимую и достаточную информацию об оснащении испытуемого автомобиля требуемым комплексом измерительной аппаратуры. Вопросы проведения испытания и обработки данных не раскрываются в данной работе.

Выводы

В данной статье представлен поверхностный анализ процесса получения эксплуатационных данных о нагрузках, возникающих в элементах автомобиля при его повседневной или форсированной эксплуатации. В рамках формирования основ разработки методики формирования форсированного цикла испытаний предложены практические рекомендации об оснащении испытуемого автомобиля необходимым и достаточным комплексом измерительной аппаратуры. В виде практических рекомендаций указаны места установки датчиков ускорений, их ориентирование и дополнительное необходимое оборудование, а также указаны требования к параметрам оборудования.

Дальнейшая работа авторами статьи направлена на практическую реализацию методики сбора данных эксплуатационных параметров на примере легкового автомобиля в условиях повседневной эксплуатации на дорогах общего пользования и на дорогах полигона, а также финальный результат – алгоритм обработки, интерпретации сигналов и формирование замкнутых циклов форсированной эксплуатации на дорогах полигона.

Список использованных источников

1. Johannesson P. Guide to Load Analysis for Durability in Vehicle Engineering /P. Johannesson, M. Speckert – Ch.: Wiley, 2014. – 458 p.

2. Программа-методика РТМ37.001.009-74 «Ускоренные ресурсные испытания легковых автомобилей» / Министерство автомобильной промышленности. Москва – 1975.
3. Методика М37.052.026-82 «Форсированные ресурсные испытания легковых автомобилей с учетом воздействия коррозии» / Научно-исследовательский центр по испытаниям и доводке автомототехники (НИЦИАМТ), 1982.
4. Методика РД.001.200-91 «Полигонные испытания по оценке работоспособности легковых автомобилей с применением высоких скоростей движения» / Научно-исследовательский центр по испытаниям и доводке автомототехники (НИЦИАМТ), 1982.
5. Безверхий С.Ф. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей / С. Ф. Безверхий, Н. Н. Яценко. - М. : Изд-во стандартов, 1996. - 566, [1] с., [16] л. ил. : ил.; 22 см.; ISBN (В пер.) (В пер.) : Б. ц.
6. Куров Б.А., Лаптев С. А., Балабин И. В., Испытания автомобилей «Машиностроение», 1976 208 с.
7. Яценко, Н.Н. Ресурсные испытания грузовых автомобилей на автополигоне. Части 1: Развитие, условия и статистическая интерпретация результатов. Часть 2: Основы форсирования и оптимального планирования испытаний. / д.т.н. Н.Н. Яценко, к.т.н. Е.И. Бурдасов, к.т.н. Р.А. Розов, С.Ф. Безверхий, Д.В. Петровский, В.П. Шалдыкин // Научно исследовательский институт информации автомобильной промышленности, НИИНавтопром, Москва 1974.
8. Яценко Н.Н. Форсированные полигонные испытания грузовых автомобилей. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 328 с., ил.
9. Bernd Heißing | Metin Ersoy (Eds.) Chassis Handbook. Fundamentals, Drivind Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives. 1st Edition 2011. ISBN 978-3-8348-0994-0.

10. Результаты применения методики определения эквивалентного пробега автомобиля / А. И. Бокарев, В. А. Кулагин, И. А. Назарков, К. Мюллер // Труды НАМИ. – 2022. – № 2(289). – С. 60-72. – DOI 10.51187/0135-3152-2022-2-60-72. – EDN SSOXBC.

11. ГОСТ ИСО 5348-2002. Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров.

Dianov Vadim Andreevich, postgraduate student of NCI of KFU, design-engineer of «Calculation modelling and virtual testing» department, KAMAZ-BAUMAN research center, e-mail: vadianov@bmstu.ru

Bokarev Aleksandr Igorevich, Ph.D, Senior Researcher, «Calculation modelling and virtual testing» department, KAMAZ-BAUMAN research center, e-mail: bokarev@bmstu.ru

Dyakov Philipp Kirillovich, Ph.D, associate professor of the department "Cars", MADI, e-mail: Philipp.Dyakov@atom.team

Mazur Egor Pavlovich, leading engineer of resource tests of JSC KAMA, e-mail: Egor.Mazur@atom.team

ANALYSIS OF THE PROBLEM OF METHODIC OF DEVELOPING FORCED TESTS OF A VEHICLE

Abstract: *The article describes the problems of planning resource testing of mechanical supporting parts of the car, taking into account the disclosure of the nuances of the ideology of associativity of forced operation and operation of the car on public roads. The problems are common for any cars, including with a traditional power plant, cars with a combined energy installation or electric vehicles. In relation to the assessment of the resource of the mechanical parts of any car, the support criterion is the accumulation of fatigue in the supporting elements of the chassis (car safety components). The ideology of the associativity of the forced operation and operation of the car on public roads is based on comparing specific accumulated damage or pseudo -processing (classified as a run) in the supporting elements of the chassis. The aim of the work is to analyze the problems of planning resource tests, taking into account the possibility of ensuring the associativity of the forced operation and operation of the car on public roads.*

Key words: *car, resource tests, translated coefficient, public roads.*

УДК 622.276.054

Зинатуллина Э.Я., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Думлер Е.Б., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Лениногорский филиал

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАЕМОЙ ФОРМЫ КОРПУСА КЛАПАНА ЭЛЕКТРОПОГРУЖНОГО НАСОСА

Аннотация: Рассмотрены проблемы, связанные с работой обратного клапанного узла тарельчатого типа в электропогружном лопастном насосном агрегате при периодическом режиме эксплуатации малодебитных скважин. Переход на периодический режим выявил отказы, связанные с негерметичной посадкой тарелки клапана в седло, а также гидравлические сопротивления на входе перекачиваемой среды в обратный клапан, которые обоснованы не совершенством формы тела самого клапана. Рассмотрен вопрос о том, как влияет форма тела тарели обратного клапана на его рабочие характеристики. Исследована конструкция обратного клапана с более обтекаемой формой тела тарели, выполнена 3D-модель. Произведен анализ теоретических результатов гидравлических расчетов предложенного клапана с обтекаемой формой тела тарели и тарельчатого клапана.

Ключевые слова: обратный клапан, тарелка, седло, установка электропогружного лопастного насоса, форма клапана, гидравлическое сопротивление.

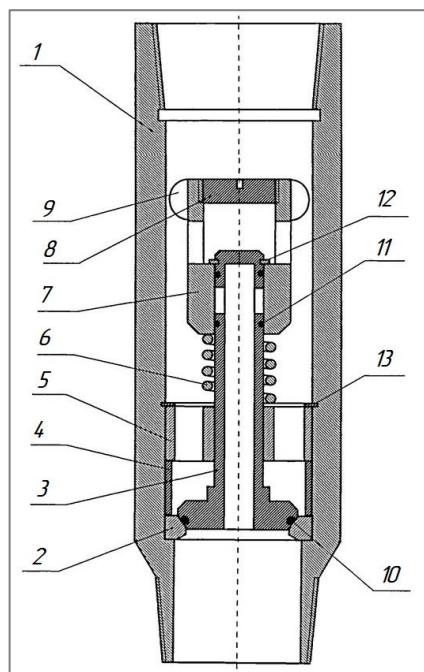
На современном этапе разработки нефтяных месторождений наблюдается тенденция снижения запасов добываемого флюида в скважинах. Эксплуатировать такие скважины штанговыми установками не эффективно, поэтому разработчики стремятся продолжить добычу нефти с помощью установок электропогружных лопастных насосов (УЭЛН). Однако в этом случае необходимо перевести все скважины на периодический режим работы скважин (КЭС) [1, с.56]. КЭС зарекомендовал себя как наиболее эффективный метод для эксплуатации скважин с малым- и средним дебитом. Эффективность применения достигается значительным снижением потребления электроэнергии, увеличением количества добываемой продукции пласта, а также сокращением отказов оборудования и значительным

повышением межремонтного периода [2, с.23]. Периодический режим работы предусматривает кратковременные технологические остановки оборудования [3].

Переход на периодический режим выявил ряд отказов, некоторые из которых связаны с работой обратного клапана [4, с.55].

В УЭЛН, как правило, применяют клапаны тарельчатого типа. Пробовали обойтись без них, однако, при остановке насосного агрегата пластовая среда в насосно-компрессорных трубах (НКТ) под действием сил тяжести стекает обратно в пласт, создавая турбинное (обратное) вращение ротора насоса. При турбинном вращении невозможен запуск насосного агрегата из-за большого крутящего момента на валу ЭЛН и больших пусковых токов электродвигателя. Повторный запуск насоса возможен лишь после того, как уровень пластовой среды в НКТ достигнет статического уровня в скважине. Особо актуальна данная проблема в грозовой летний период, когда возможны массовые отключения УЭЛН из-за просадки напряжения в линиях электропередачи. При этом, возможен срез шлицевых соединений, которые передают вращение с вала одного модуля насосного агрегата на другой. Понятно, что без обратного клапанного узла не обойтись.

Однако, при остановке в добываемой пластовой среде, находящейся в насосно-компрессорных трубах присутствуют механические примеси, которые начинают оседать на уплотнительные поверхности обратного клапана и при повторном периоде запуска насоса их скопления создают гидравлические сопротивления, а при остановке могут спровоцировать негерметичную посадку тарелки клапана в седло обратных клапанов, оперативно запустить в работу УЭЛН, невозможно. Помимо этого, гидравлические сопротивления на входе перекачиваемой среды в обратный клапан, создаются формой тела самого клапана [5,6]. На рис. 1 представлена конструкция рассматриваемого клапана [7,8]. Рассматриваемый клапан включает корпус 1 с верхней и нижней присоединительными резьбами.



1 – корпус; 2 – седло клапана; 3 – шток клапана; 4 – опорная гильза; 5 – втулка; 6 – пружина; 7 – подвижная ступенчатая втулка; 8 – крышка; 9 – центраторы; 10,11 – эластичные манжеты; 12,13 – стопорные кольца

Рис. 1. Конструкция обратного клапана УЭЦН

В цилиндрической расточке корпуса 1 расположено седло 2 и неподвижно установлены опорная гильза 4 и втулка 5 с центральным и периферийными отверстиями и закреплены в корпусе 1 с помощью стопорного кольца 13, тарельчатый клапан со штоком 3, проходящим через центральное отверстие втулки 5, подвижную ступенчатую втулку 7 и пружину 6, установленную между втулкой 5 и подвижной ступенчатой втулкой 7. Подвижная втулка 7 выполнена ступенчатой, нижняя часть которой с меньшим диаметром образует с наружной поверхностью полого штока клапана скользящую пару трения. Шток клапана 3 полый. Шток в верхней части имеет горизонтальные отверстия, соединяющие область НКТ, расположенную над клапаном с областью, находящейся под клапаном. В верхней части втулки 7 выполнены горизонтальные отверстия большего диаметра чем отверстия штока клапана 3. В верней части втулки 7 снаружи установлены центраторы 9 и во внутрь ввернута крышка 8. В верхней части штока клапана 3 снаружи имеется уплотнительное из эластичного материала и стопорное 12 кольца.

Недостатком конструкции клапана является форма тела самого клапана, так как важным фактором, влияющим на коэффициент гидравлического сопротивления тела, является форма его профиля. Чем форма тела более обтекаема, тем вихреобразование и отрыв потока меньше, и соответственно снижается его гидравлическое сопротивление. Принято использовать тела с обтекаемой формой там, где это только возможно.

Для минимизации гидравлического сопротивления предложено выполнить форму тарели клапана более обтекаемой.

На рисунке 2 представлена 3D- модель с удобообтекаемой формой профиля тела тарели клапанного узла, которую характеризуют плавно закругленная передняя часть и удлиненная задняя часть с клинообразной формой [7,8].

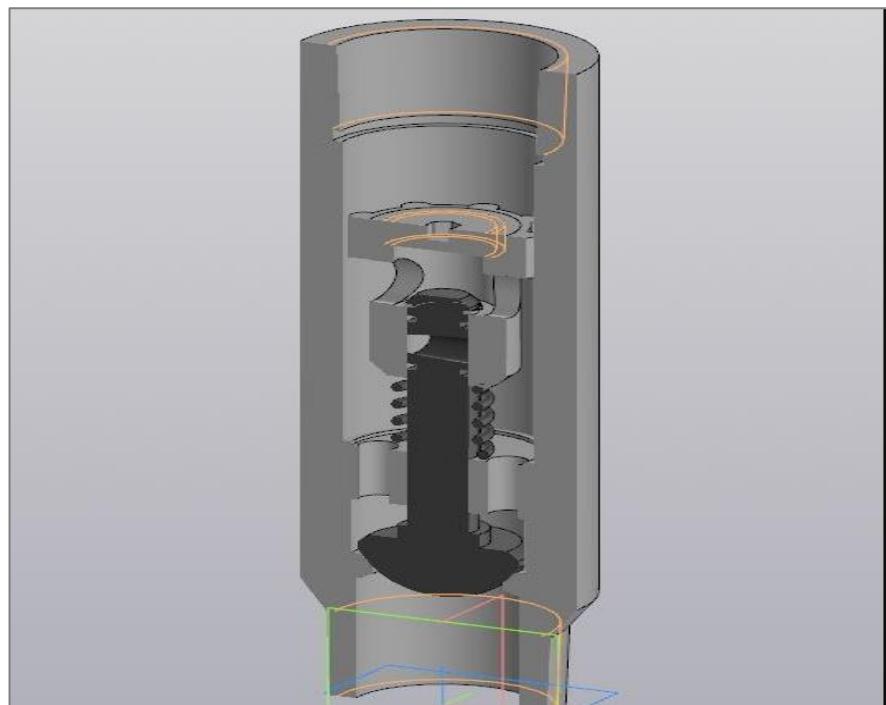


Рис.2. Модель обратного клапана с обтекаемой формой тарели в виде капли

Ниже представлены результаты компьютерного моделирования турбулентного потока жидкости в клапане, имеющем тарельчатую форму и клапане с измененной (каплевидной) формой [9]. Анализ результатов проводили в рабочей программе ANSYS Fluent. Присвоили материалы тарелям, рабочей среде и произвели расчет потока [10].

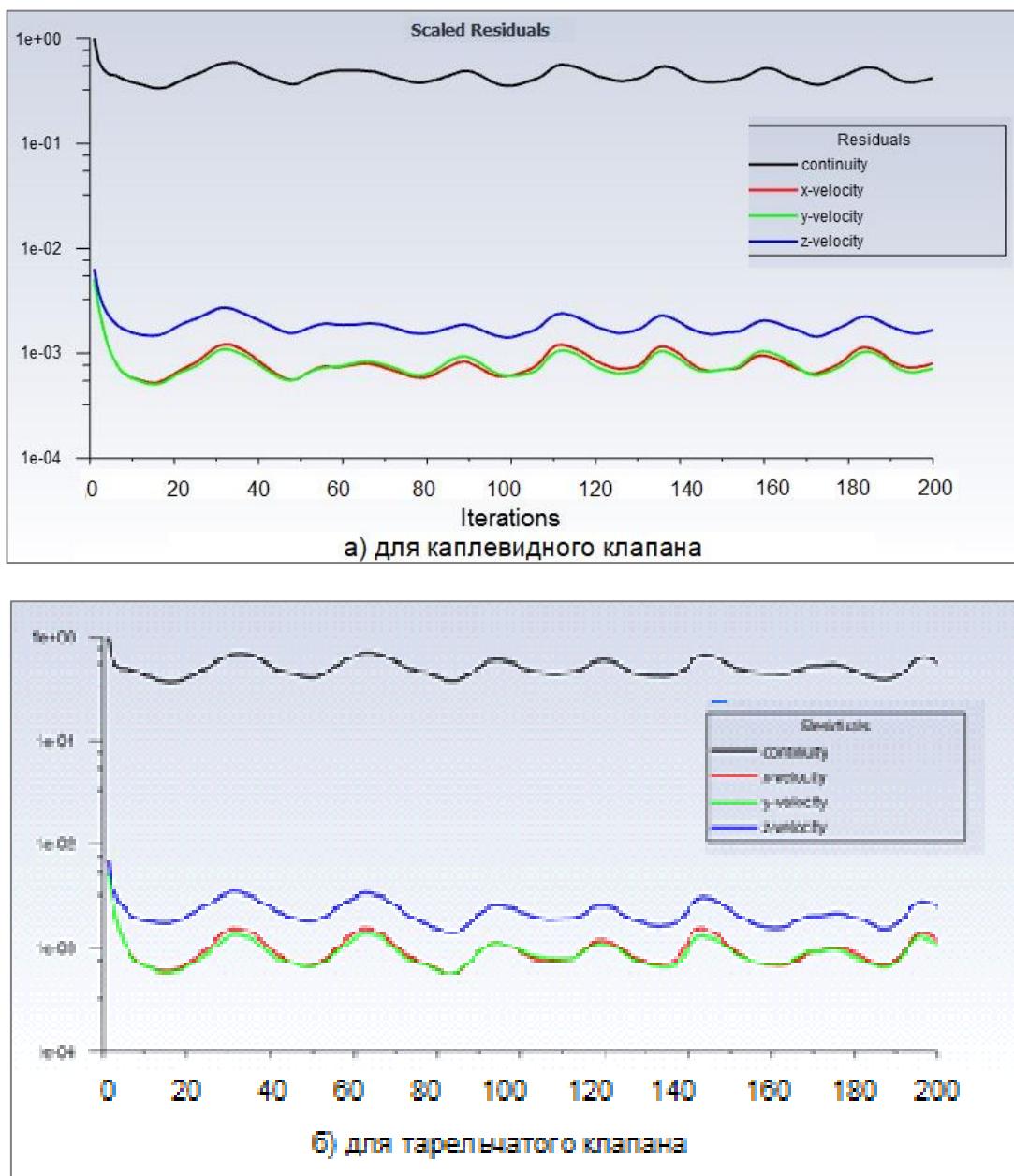


Рис. 3. Результаты расчета потока

Для того, чтобы оценить влияние формы клапана на коэффициент гидравлического коэффициента предлагается сравнение расчетов клапана тарельчатой формы и клапана с измененной (каплевидной) формой.

Результаты (таблица 1) показали, что в клапане с измененной (каплевидной) формой коэффициент гидравлического сопротивления на 16% ниже, чем у клапана тарельчатой формы. Таким образом, эксплуатационные характеристики обратного клапана с новой формой тарели должны улучшиться и увеличится межремонтный период работы погружного насоса.

Таблица 1. Сравнение гидравлических характеристик клапанов

Параметр	Клапан тарельчатой формы	Клапан каплевидной формы
Коэффициент гидравлического сопротивления	1,58	1,36

При проходе через проточные каналы клапана поток перекачиваемой пластовой среды постоянно меняя направление движения завихряется, создавая опасность создания турбулентности в потоке среды. Поэтому результатом дальнейших исследований движения потока в клапане стал расчет, позволивший дать визуальную оценку движению потока и процессу вихреобразования.

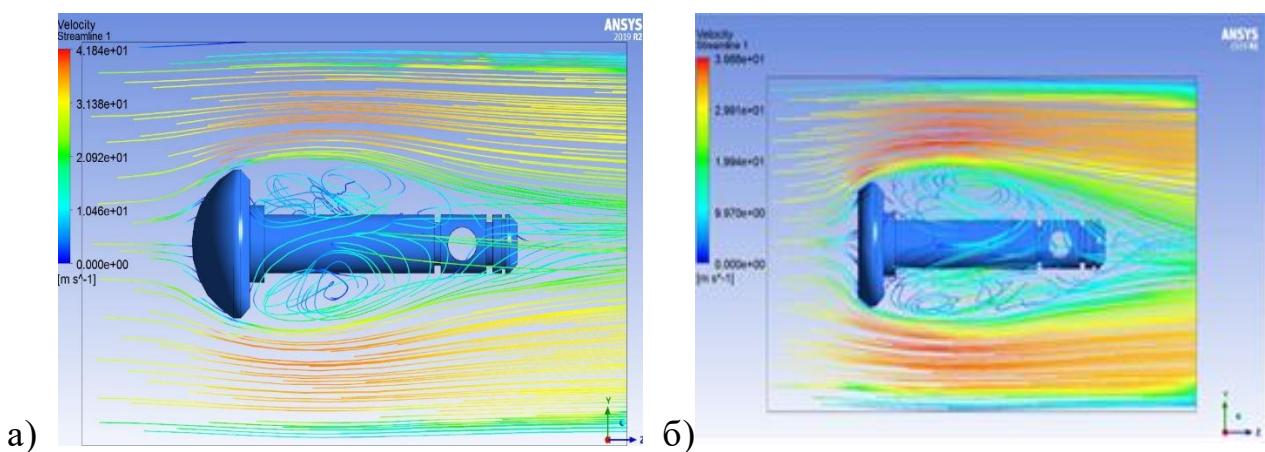


Рис.4. Результаты движения потока и вихреобразования с каплевидной (а) и тарельчатой (б) формой тела

Как видно из расчетов движения потока и вихреобразования в клапане с каплевидной формой тела значительно меньше и поток более стабилен, а завихрений потока значительно меньше, чем во втором случае. И как видно из расчетов через каплевидный клапан поток жидкости проходит со скоростью 4,2 м/с, а через тарельчатый 3,9 м/с. Это указывает на то, что клапан с более обтекаемой формой тарели наиболее эффективен в использовании.

Список использованных источников

1. Кузьмичев Н.П. Кратковременная эксплуатация скважин - уникальный способ борьбы с осложняющими факторами // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – №4 (22). – С.56-59.
2. Кузьмичев Н.П. Кратковременная эксплуатация скважин - новая энергосберегающая технология добычи нефти / Н.П. Кузьмичев, В.М. Гуреев // Ресурсоэффективность в Республике Татарстан. – 2006. – №10. – С.23-25.
3. Tsynaev E.V. Short-term periodic well operation mode at southern licensed territory of Priobsky oilfield of Gazpromneft-Khantos as an approach to operation of low-output frequent-repair fund. Oil field Engineering. – 2012. – N1. – pp.76-82.
4. Лихачёва Е.А. Надежность погружных нефтяных насосов при периодической эксплуатации / Е.А. Лихачёва, В.Г. Островский, Н.А. Лыкова, А.Н. Мусинский, П.А. Байдаров // PRO нефть. Профессионально о нефти. – 2021. – Т.6. – №1. – С.54-58
5. Сабиров Р.Р. Усовершенствование конструкции обратного клапана установки электроцентробежного насоса / Сабиров Р.Р., Зинатуллина Э.Я. // В сборнике: Современные проблемы нефтегазового оборудования. Материалы Междунар. науч.-техн. конференции. – Уфа, УГНТУ, 2019. – С.317-321.
6. Бегов А.С. Совершенствование конструкции клапанного узла установки электроцентробежного насоса / А.С. Бегов, Э.Я. Зинатуллина // В книге: Материалы 73-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа, УГНТУ, 2022. – С.24-25.
7. Валеев М.Д., Булчаев Н.Д., Салимгареев С.М., Ведерников В.Я., Гаскаров В.З. Клапан обратный электроцентробежной установки и способ очистки фильтра на приеме насоса // Патент РФ 2544930. Опубл. 2015. Бюл. №8.

8. Азеев А.А. Автоматизация процесса очистки внутрискважинного оборудования на основе клапана с аналоговым механизмом / А.А. Азеев, Н.Д. Булчаев // Газовая промышленность. – 2016. – № 4 (736). – С.82-85.
9. Бегов А.С. Расчёт на прочность тарелки обратного клапана установки электроцентробежного насоса /А.С. Бегов, Э.Я. Зинатуллина // В сборнике: Роль математики в становлении специалиста. Материалы Междунар. науч.-практич. конференции. – Уфа, УГНТУ, 2022. – С.120-125.
10. Александров В.Л. О надежности валов УЭЦН и выборе материалов для изготовления // Нефтяное хозяйство. – 2006. - №5. – С. 110-112.

Zinatullina E.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technical University, Ufa

Dumler E.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Leninogorsk branch

MODELING OF THE STREAMLINED BODY SHAPE OF AN ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP VALVE

Abstract: *The problems associated with the operation of a poppet-type check valve assembly in an electrically submersible vane pumping unit during periodic operation of low-flow wells are considered. Switching to the periodic mode revealed failures associated with the leaky fit of the valve plate into the seat, as well as hydraulic resistances at the inlet of the pumped medium into the check valve, which are not justified by the perfection of the body shape of the valve itself. The question of how the shape of the body of the check valve plate affects its performance characteristics is considered. The design of a check valve with a more streamlined shape of the bowl body is investigated, and a 3D model is made. The analysis of the theoretical results of hydraulic calculations of the proposed valve with a streamlined body shape of a poppet and a poppet valve is carried out.*

Keywords: *check valve, plate, seat, installation of an electric submersible centrifugal pump, valve shape, hydraulic resistance*

УДК: 004.852.3:004.932.2:629.3.05

Кадыров Р.Р., студент группы 8241352 Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Аннотация: В данной статье рассмотрены современные нейросетевые подходы анализа состояния водителя и пассажиров в транспортных средствах. Проведен обзор компьютерных алгоритмов для распознавания эмоционального состояния, степени усталости и концентрации внимания. Приведены сравнительные характеристики различных архитектур нейронных сетей и перспективные направления развития технологий, а также рассмотрены проблемы, возникающие при использовании данных алгоритмов.

Ключевые слова: нейронные сети, компьютерное зрение, мониторинг водителя, беспилотные транспортные средства, компьютерное зрение, LSTM, CNN, мониторинг состояния водителя.

Введение

Современные производители транспортных средств всё чаще оснащают автомобили системами мониторинга состояния водителя, связано это с предотвращением ДТП из-за усталости, а также мониторинг состояния пассажиров в автономных транспортных средствах.

Благодаря нейросетевым методам появляется возможность решить следующие задачи:

1. Определение усталости водителя
2. Распознавание эмоционального состояния человека
3. Оценка уровня внимания
4. Выявление опасных состояний (алкогольное опьянение, приступ болезни)

Нейросетевые модели для анализа состояния человека

Для обработки данных применяются различные архитектуры нейронных сетей, рассмотрим некоторые из них.

Сверточные нейронные сети (CNN)

Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) – это класс глубоких нейронных сетей, специально разработанных для обработки структурированных сеточных данных, таких как изображения, видео и даже аудиосигналы. Они широко применяются в задачах:

1. Классификации изображений (распознавание лиц, объектов).
2. Детекции объектов (YOLO, Faster R-CNN).
3. Сегментации изображений (U-Net, Mask R-CNN).
4. Обработки медицинских снимков (МРТ, рентген).
5. Автономных транспортных системах (анализ дорожной сцены).

Сверточные нейронные сети являются ключевым инструментом в области машинного обучения и компьютерного зрения. Они позволяют распознавать и классифицировать изображения с высокой точностью. В отличие от традиционных нейронных сетей, CNN специально разработаны для обработки данных, имеющих сетчатую структуру, таких как изображения. Это делает их особенно эффективными для задач, связанных с визуальными данными.

CNN были впервые предложены в 1980-х годах, но получили широкое распространение только в последние десятилетия благодаря росту вычислительных мощностей и доступности больших объемов данных. Сегодня они являются основой многих приложений, от распознавания лиц до автономных автомобилей.

Свертка – это основной строительный блок CNN. Она заключается в применении фильтров к входным данным для выделения различных признаков, таких как края, текстуры и формы. Фильтр перемещается по изображению и вычисляет свертку, создавая карту признаков. Этот процесс позволяет выделить важные детали изображения, которые затем используются для дальнейшей обработки.

Пример: Представьте, что у вас есть изображение размером 5x5 пикселей, и вы используете фильтр размером 3x3. Фильтр будет скользить по изображению, выполняя матричное умножение и суммирование, чтобы создать

новую карту признаков. Этот процесс можно сравнить с тем, как художник использует кисть для выделения определенных деталей на холсте.

Примеры использования CNN в реальных задачах

1. Распознавание лиц

CNN используются для распознавания лиц в системах безопасности и социальных сетях. Они могут идентифицировать лица с высокой точностью, даже в сложных условиях освещения и углов. Например, Facebook использует CNN для автоматического распознавания лиц на фотографиях, загруженных пользователями.

2. Обнаружение объектов

CNN могут не только классифицировать объекты на изображении, но и определять их местоположение. Это используется в автономных транспортных средствах для обнаружения пешеходов и других транспортных средств. Например, Tesla использует CNN для анализа изображений с камер, установленных на автомобилях, чтобы обнаруживать и избегать препятствий на дороге.

3. Медицинская диагностика

CNN применяются для анализа медицинских изображений, таких как рентгеновские снимки и МРТ. Они помогают врачам обнаруживать заболевания на ранних стадиях, улучшая точность диагностики. Например, CNN могут быть использованы для автоматического обнаружения опухолей на МРТ-снимках, что позволяет врачам быстрее и точнее ставить диагнозы.

4. Автономные транспортные средства

Автономные транспортные средства, такие как беспилотные автомобили, активно используют CNN для анализа окружающей среды и принятия решений в реальном времени. CNN помогают автомобилям распознавать дорожные знаки, пешеходов, другие транспортные средства и препятствия на дороге. Это позволяет автомобилям безопасно передвигаться по дорогам без вмешательства человека.

Примеры:

1. ResNet, VGG, EfficientNet – классификация эмоций, детекция усталости.
2. YOLO (You Only Look Once), SSD – детекция лица и ключевых точек (глаза, рот).

Рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM, GRU)

Рекуррентные нейронные сети (RNN) — это нейронные сети, которые особенно эффективны для обработки последовательных данных. В отличие от традиционных нейронных сетей, RNN имеют "память", что позволяет им использовать предыдущие элементы последовательности при обработке текущего элемента. Это делает их идеальными для задач, где важен контекст, таких как обработка естественного языка, временные ряды и многое другое. Например, при анализе текста RNN могут учитывать предыдущие слова, что позволяет лучше понимать смысл текущего слова. Аналогично, при анализе временных рядов, таких как финансовые данные, RNN могут учитывать предыдущие значения для более точного прогнозирования будущих значений.

Возможности практической реализации

1. Модели для анализа ЭКГ: LSTM-сети для классификации аритмий
2. Системы мониторинга водителей: GRU для предсказания усталости по динамике параметров

Примеры использования RNN в реальных задачах

1. Обработка естественного языка (NLP)

RNN используются в задачах обработки естественного языка. Например, они используются для машинного перевода, где модель переводит текст с одного языка на другой, учитывая контекст предыдущих слов. Также RNN используются для генерации текста, анализа тональности и распознавания речи. В задачах машинного перевода RNN могут учитывать предыдущие слова и фразы для более точного перевода текущего слова или фразы. Это позволяет моделям RNN улавливать сложные зависимости и закономерности в данных, что

делает их особенно полезными для задач, где важен контекст и последовательность.

2. Анализ временных рядов

RNN эффективны для анализа временных рядов, таких как прогнозирование финансовых рынков или предсказание погодных условий. Модель обучается на исторических данных и может предсказывать будущие значения на основе выявленных закономерностей. Например, при прогнозировании финансовых рынков RNN могут учитывать предыдущие значения акций и других финансовых инструментов для более точного прогнозирования будущих значений. Это позволяет моделям RNN улавливать сложные зависимости и закономерности в данных, что делает их особенно полезными для задач, где важен контекст и последовательность.

3. Генерация музыки и изображений

RNN могут быть использованы для генерации музыки и изображений. Например, модель может обучиться на музыкальных произведениях и создавать новые композиции, которые будут звучать как произведения известных композиторов. В области изображений RNN могут генерировать последовательности кадров для анимации. Например, при генерации музыки RNN могут учитывать предыдущие ноты и аккорды для создания новых композиций, которые будут звучать гармонично и мелодично. Это позволяет моделям RNN улавливать сложные зависимости и закономерности в данных, что делает их особенно полезными для задач, где важен контекст и последовательность.

Гибридные архитектуры

Комбинируют CNN и RNN для мультимодального анализа. Гибридные архитектуры CNN и RNN объединяют возможности convolutional neural networks (CNN) и recurrent neural networks (RNN) для обработки пространственных и временных данных.

Некоторые преимущества таких архитектур:

1. Извлечение пространственных признаков. CNN хорошо справляются с этим процессом для данных изображений.
2. Моделирование временной динамики. RNN эффективны для понимания временных зависимостей и последовательной информации.
3. Повышение точности. Сочетание CNN и RNN приводит к более точным моделям для задач, требующих как пространственного, так и временного понимания.
4. Масштабируемость. Архитектура позволяет модульный дизайн, где компоненты CNN и RNN можно оптимизировать и масштабировать независимо.

Гибридные архитектуры CNN и RNN используются в разных областях, например:

1. Распознавание видео. В таких задачах важна как пространственная (кадры изображения), так и временная (последовательность кадров) информация.
2. Анализ аудио. CNN обрабатывают спектrogramму звука, чтобы извлечь релевантные признаки, которые затем передаются в RNN. Затем RNN анализирует последовательность признаков во времени, захватывая динамику звукового сигнала.
3. Анализ временных рядов. CNN помогают захватывать пространственные иерархии, а RNN — обрабатывать последовательные зависимости.

Архитектуры нейронных сетей

Рассмотрим существующие архитектуры нейронных сетей основанных на ранее описанных методах:

1. ResNet (Residual Network) — это архитектура сверточных нейронных сетей, разработанная исследовательской группой Microsoft в 2015 году.

Основная идея ResNet — введение «пропускных соединений» или «коротких соединений». В традиционных глубоких сетях каждый слой

последовательно влиается в следующий. ResNet модифицирует это, позволяя добавлять вход блока слоёв к выходу этого блока.

ResNet решает главную проблему глубокого обучения — проблему деградации. Эта проблема возникает, когда добавление большего количества слоёв в очень глубокую сеть приводит к увеличению ошибки обучения, вопреки ожиданиям, что более глубокие модели должны работать лучше.

ResNet широко используется в задачах компьютерного зрения, таких как классификация изображений, обнаружение объектов и семантическая сегментация. Она стала одной из самых значимых архитектур в области глубокого обучения.

Стала основой для многих других архитектур, таких как ResNeXt, DenseNet и EfficientNet, которые также используют остаточные блоки и прямые переходы для достижения лучшей производительности.

Плюсы:

- 1.1 Глубокие сети без деградации точности.
- 1.2 Хорошая масштабируемость.

Минусы: Вычислительная сложность у глубоких версий.

Применение: Классификация изображений, детекция объектов.

2. VGG (Visual Geometry Group, 2014) — это архитектура сверточных нейронных сетей для классификации изображений. Разработана исследовательской группой Visual Geometry Group Оксфордского университета.

Плюсы:

- 2.1 Простота и хорошая точность.
- 2.2 Легко модифицировать.

Минусы: Большое число параметров - высокие вычислительные затраты.

Применение: классификация изображений.

3. EfficientNet — это серия нейронных сетей, разработанная в 2019 году исследовательской командой Google Brain под руководством Мингжера Тана и Квок Ле.

Основная идея EfficientNet заключается в том, что масштабирование сети (увеличение числа слоёв, ширины или разрешения) должно происходить сбалансированным образом для максимальной производительности и эффективности.

EfficientNet применяется в различных задачах компьютерного зрения, включая классификацию изображений, обнаружение объектов и сегментацию.

Плюсы:

- 3.1 Оптимальное соотношение точности и скорости
- 3.2 Лучшая эффективность, чем у ResNet/VGG.

Минусы: Сложнее в реализации.

Применение: Мобильные и ресурсоэффективные приложения.

4. YOLO (You Only Look Once) — популярная модель обнаружения объектов и сегментации изображений. Она была разработана Джозефом Редмоном и Али Фархади в Университете Вашингтона в 2015 году.

Ключевая идея: Детекция объектов в реальном времени за один проход.

Плюсы:

- 4.1 Очень высокая скорость (до 100+ FPS на GPU).
- 4.2 Хороший баланс точности и скорости.

Минусы: точность ниже, чем у двухэтапных детекторов (Faster R-CNN).

Применение: Детекция объектов (автономные автомобили, видеонаблюдение).

5. LSTM (Long short-term memory, дословно — «долгая краткосрочная память») — тип рекуррентной нейронной сети, способный обучаться долгосрочным зависимостям.

LSTM были представлены в 1997 году Зеппом Хохрайтером и Юргеном Шмидхубером. Впоследствии усовершенствованы и популяризированы другими исследователями.

Специализация LSTM — запоминание информации в течение длительных периодов времени, поэтому их практически не нужно обучать.

LSTM-сеть является универсальной в том смысле, что при достаточном числе элементов сети она может выполнить любое вычисление, на которое способен обычный компьютер.

LSTM-сети используются в задачах классификации, обработки и прогнозирования временных рядов в случаях, когда важные события разделены временными лагами с неопределенной продолжительностью и границами.

6. GRU (Gated Recurrent Unit) — это один из видов рекуррентных нейронных сетей (RNN), разработанный в 2014 году.

Эта архитектура была предназначена для упрощения и ускорения обучения по сравнению с LSTM (Long Short-Term Memory), сохраняя при этом большую часть её эффективности, особенно в задачах обработки последовательностей данных.

GRU эффективна для обработки последовательностей данных в задачах прогнозирования временных рядов, обработки естественного языка и распознавания речи.

7. CNN для экстракции признаков + RNN (LSTM) для последовательностей.

Применение: Распознавание текста на изображениях (OCR).

8. CNN + LSTM для видео

CNN обрабатывает кадры, LSTM анализирует временную динамику.

Применение: Распознавание действий в видео.

9. Vision Transformer (ViT) + LSTM

ViT для изображений + LSTM для временных рядов.

Применение: Мультимодальный анализ (например, видео + текст).

Сравнительная таблица

В таблице 1 представлено сравнение описанных ранее моделей нейронных сетей.

Таблица 1

Модель	Тип	Плюсы	Минусы	Применение
ResNet	CNN	Глубокие сети, остаточные связи	Вычислительно тяжелые	Классификация изображений
VGG	CNN	Простота, хорошая точность	Много параметров	Transfer learning
EfficientNet	CNN	Лучшая эффективность	Сложная настройка	Мобильные приложения
YOLO	CNN	Реальное время, один проход	Точность ниже двухэтапных	Детекция объектов
LSTM	RNN	Хорошо запоминает зависимости	Медленные, сложные	NLP, временные ряды
GRU	RNN	Быстрее LSTM	Менее точный на длинных данных	Аналогично LSTM
Transformer	Гибрид	Лучшая параллелизация	Память $O(n^2)$	GPT, BERT, перевод
CNN+RNN	Гибрид	Обработка видео, мультимодальность	Сложность обучения	Видеонаблюдение, распознавание текста

Проблемы использования нейросетей

1. Зависимость от качества данных (шумы в видео, плохое освещение).
2. Вычислительная сложность (необходимость мощного железа).
3. Проблемы с интерпретируемостью ("черный ящик" в принятии решений).
4. Конфиденциальность – сбор биометрических данных.

Перспективы развития

1. Улучшение мультимодальных моделей (объединение видео, звука и биосигналов).
2. Ускорение работы нейросетей засчёт квантовых и нейроморфных вычисления.
3. Взаимодействие с автономными системами – автоматическое переключение управления при усталости водителя.

Заключение

Нейросетевые методы позволяют эффективно определять состояние человека в транспортных средствах, повышая безопасность. Однако остаются проблемы с точностью, скоростью обработки и защитой данных. Развитие

аппаратных ускорителей и алгоритмов машинного обучения открывает новые перспективы для этой области.

Список использованных источников

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвиль А. Глубокое обучение / Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 652 с.
2. Дмитриев К., Методы машинного обучения для анализа изображений и временных рядов – Москва, МГУ, 2021. – 480 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс – М.: Вильямс, 2020. – 1104 с.
4. Tan M., Le Q.V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks // [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1905.11946> (дата обращения: 10.05.2024).
5. Vaswani A. et al. Attention Is All You Need // [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1706.03762> (дата обращения: 10.05.2024).

Kadyrov R.R., student of group 8241352 Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University

NEURAL NETWORK METHODS FOR DETERMINING HUMAN STATE IN VEHICLES

Abstract: This article examines modern neural network approaches to analyzing the state of drivers and passengers in vehicles. A review of computer algorithms for recognizing emotional state, fatigue level and attention concentration is presented. Comparative characteristics of various neural network architectures and promising technological development directions are provided, along with discussion of challenges encountered when using these algorithms.

Keywords: neural networks, computer vision, driver monitoring, autonomous vehicles, LSTM, CNN, driver state monitoring

УДК 681.518

Лукин С.А., ассистент кафедры АиВТ, ФГАОУ ВО «МАУ»

Кайченов А.В., д.т.н., доцент, зав. каф. АиВТ, ФГАОУ ВО «МАУ»

К ВОПРОСУ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ

Аннотация: В статье представлен вариант системы для внедрения регулятора на основе нечёткой логики. Рассмотрены варианты применения данного регулятора. Намечен дальнейший путь исследования применения нечёткой логики для обезвоживания гидробионтов.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, микроклимат, нечёткая логика, сушка гидробионтов

В Мурманском арктическом университете проводятся работы по исследованию способов интеллектуального управления процессом холодной сушки гидробионтов. Составной частью данных работ является исследование эффективности различных способов управления микроклиматом сушильной камеры [1].

Обеспечение постоянства заданных параметров микроклимата является важнейшим звеном технологического процесса обезвоживания. В качестве параметров принимаются температура и относительная влажность воздуха, иногда к ним можно причислить скорость потока воздуха в сушильной камере. В качестве исполнительных устройств для воздействия на данные параметры в рамках сушильной установки МАУ (УПОР-М2) [2] принимаются ТЭНЫ (трубчатые электронагреватели), увлажнители воздуха на базе атомайзеров, заслонки и вентиляторы. ТЭНЫ нагревают, а увлажнители увлажняют поступающий в камеру воздух, заслонками и вентиляторами регулируется поступление внешнего воздуха из цеха и соотношение внешнего и рециркулируемого воздуха на входе в камеру для охлаждения. На входе в систему сушильных камер установлена камера подготовки, отвечающая за осушение и преднагрев внешнего воздуха.

Релейное регулирование температуры и относительной влажности не может обеспечить достаточной точности из-за относительно высокой

инерционности процессов. Также следует учитывать ограниченный ресурс срабатывания используемых электромагнитных реле и контакторов, на номинальной резистивной нагрузке (т.е. ТЭН) равный, как правило, от 10 до 300 тысяч срабатываний, в зависимости от конкретной модели. По опыту установки УПОР-М2, в течение одной суточной сушки исполнительное устройство может быть активировано нескольких сотен раз при неблагоприятных внешних условиях. Данный недостаток может быть устранён заменой электромагнитных реле и контакторов на твердотельные, что повлечёт за собой удорожание системы. Пример процесса регулирования при помощи релейного регулятора представлен на рис. 1 и рис. 2.

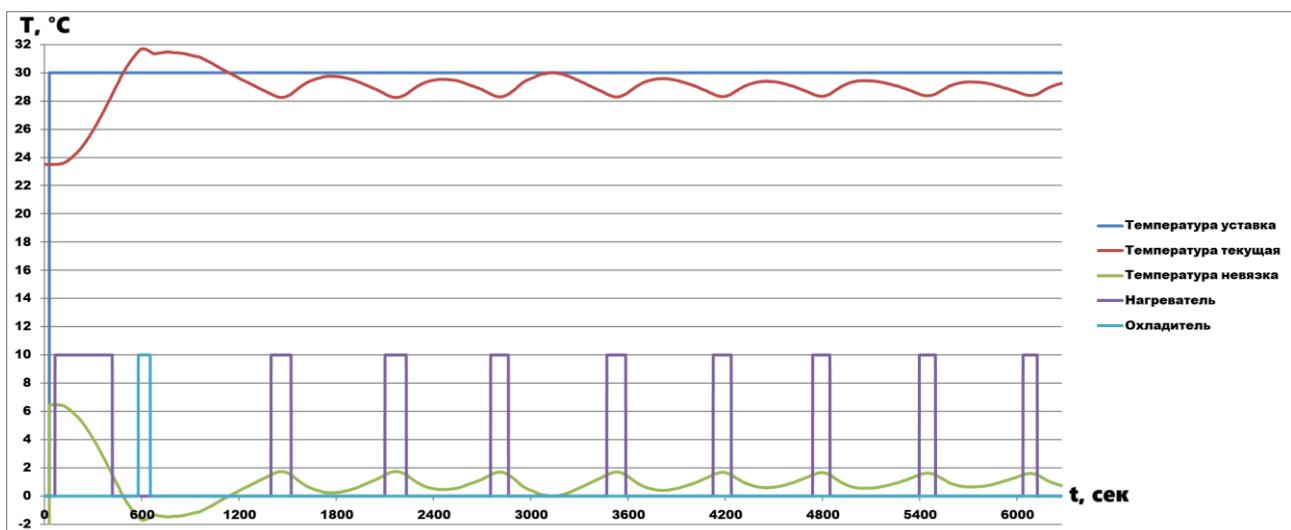


Рис.1. График процесса сушки (температура) при релейном регулировании



Рис.2. График процесса сушки (влажность) при релейном регулировании

Традиционный пропорционально-интегро-дифференцирующий регулятор (ПИД-регулятор) совместно с аналоговым управлением продемонстрировал ограниченную эффективность. Настройка коэффициентов производилась при помощи расчёта по эталонному переходному процессу методом Копеловича с последующим уточнением. Основным недостатком ПИД-регулятора в ходе проведения ряда экспериментов являлась зависимость от параметров внешнего воздуха и уставок режима сушки, в результате чего снижалось качество регулирования. Разработка базы знаний, содержащей наборы коэффициентов ПИД-регулятора в зависимости от конкретных внешних условий, займёт непозволительное количество времени и ресурсов, т.к. сушильная установка может эксплуатироваться круглосуточно и круглогодично.

Дополнительной сложностью для традиционных способов регулирования являлась взаимозависимость температуры и относительной влажности воздуха – при повышении температуры при том же количестве влаги в воздухе относительная влажность падает, при добавлении в сушильную камеру влаги температура уменьшается, и наоборот. Частичная компенсация данного эффекта достигалась сменой регулирования относительной влажности на регулирование абсолютной влажности.

Учитывая результаты первых опытов и поиска способов повышения качества управления, принято решение испытать возможность применения нечёткой логики для управления микроклиматом сушильной камеры. Причинами является относительно высокое число информации о практическом применении данного вида интеллектуального управления в целях автоматизации, а также наличие наработанной экспертной базы знаний по технологическому процессу обезвоживания.

В качестве алгоритма нечёткой логики для проведения экспериментов выбран алгоритм Мамдани, в качестве функций активации приняты трапециевидные и треугольные кусочно-линейные. В качестве вычислительных машин для запуска регулятора на основе нечёткой логики использовались «ОВЕН» ПЛК210-03.CS, «ОВЕН» СПК107 с Ethernet и «ОВЕН» ПР200-24.2.2.

Проведённые опыты продемонстрировали, что:

- регулятор на основе нечёткой логики может быть успешно реализован на ПЛК (программируемых логических контроллерах) и сходных по принципу работы устройствах;
- регулятор на основе нечёткой логики на ПЛК обладает достаточной для управления точностью в сравнении с реализацией в специализированном программном обеспечении (например, Matlab Simulink);
- в случае необходимости точность регулятора на основе нечёткой логики на ПЛК можно повысить ценой уменьшения времени цикла на выполнение задачи, что может быть достигнуто не на всех моделях ПЛК.

На основании полученных данных сделан вывод о возможности применения регулятора на основе нечёткой логики на устройствах, осуществляющих управление сушильной установкой УПОР-М2 и моделью сушильной камеры на основе учебного стенда [1].

Экспериментальное тестирование разработанных регуляторов на основе нечёткой логики продемонстрировали, что данный тип регуляторов способен проводить регулирование параметров микроклимата не хуже ПИД-регулятора при одинаковом количестве экспериментов для настройки параметров регуляторов.

Дальнейшее применение регулятора на основе нечёткой логики, в том числе в других технологических процессах под управлением вышеназванных ПЛК, позволило уточнить ряд положений касательно применимости данного вида регуляторов.

Во-первых, написание универсального функционального блока, подходящего под многие технологические процессы, затруднено по причине необходимости расчёта интеграла составной функции для дефазификации выходного значения. Наиболее простым способом построения регулятора на основе нечёткой логики оказался набор из более простых функциональных блоков и функций. Данное положение, косвенно, подтверждает нераспространённость нечётких регуляторов в виде отдельных программных

модулей и программно-аппаратных комплексов (в отличие от релейных и ПИД-регуляторов).

Во-вторых, для успешного применения регулятора на основе нечёткой логики требуется наличие базы правил, составленной с привлечением экспертов по данному технологическому процессу. При этом база правил должна быть составлена до внедрения регулятора, в противном случае потребуется большое количество экспериментов на реальном оборудовании либо на виртуальной модели (которые встречаются довольно редко), что значительно повышает затраты времени.

В-третьих, база правил должна иметь от трёх до семи (определенено экспериментально для конкретной установки) правил на каждый регулируемый параметр. Меньшее количество приведёт к недостаточной либо избыточной реакции регулятора на рассогласование (например, при одном правиле и функции принадлежности выхода регулятора в виде равнобедренного треугольника реакция будет отсутствовать вообще), большее приведёт к чрезмерной сложности базы правил для анализа и потребует больших вычислительных мощностей ПЛК.

В-четвертых, для полного раскрытия потенциала нечёткой логики требуется применение аналогового либо псевдоаналогового исполнительного устройства для связи регулятора с объектом управления. Например, управление подачей электропитания на ТЭН через симистор вместо контакта реле.

В-пятых, управление системой должно иметь определённую сложность, затрудняющую эффективное использование традиционных регуляторов. Например, значительное влияние нескольких параметров на регулируемый, либо зависимость от внешних условий.

Данные положения позволяют определить целесообразность и повысить успешность внедрения регулятора на основе нечёткой логики. Например, для эксперимента рассматривалось применение регулятора на основе нечёткой логики для регулирования температуры жидкости в ёмкости. Эксперт для процесса отсутствовал, база правил нарабатывалась некоторое время и включала

в себя три правила для регулирования температуры в зависимости только от рассогласования. В качестве исполнительного устройства использовался нагреватель, электропитание на который подавалось через реле. Процесс не отличался высокой взаимосвязанностью параметров. По результатам ряда экспериментов регулятор на основе нечёткой логики показал результаты, близкие к релейному регулятору, при гораздо большей трудоёмкости в реализации.

На основании заявленных положений планируется внедрение регулятора на основе нечёткой логики в систему управление сушильной установкой УПОР-М2.

Намечен дальнейший путь исследования применения нечёткой логики для управления процессом обезвоживания гидробионтов – в качестве средства подстройки коэффициентов традиционного ПИД-регулятора (т.н. нечёткий ПИД-регулятор).

Список использованных источников

1. Лукин, С. А. Применение нечётких регуляторов при моделировании процесса обезвоживания рыбного сырья / С. А. Лукин, А. В. Кайченов, М. М. Благовещенская // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: сборник научных докладов V Международной конференции, Москва, 30 апреля 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 256-260. – EDN MTDCXS.

2. Программно-аппаратный комплекс для автоматического управления процессом подготовки сушильного агента с заданными параметрами температуры и влажности / А. В. Кайченов, В. В. Ерещенко, В. В. Яценко, И. Г. Благовещенский // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 1(17). – С. 41-53. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-1-41-53. – EDN DFTDW.

Lukin S.A., postgraduate student, Murmansk Arctic University, Murmansk

Kaychenov A.V., Grand PhD in Engineering, Head of the Department of Automation, Murmansk Arctic University, Murmansk

DISSCUSSING THE QUESTION OF INTELLIGENT MICROCLIMATE CONTROL

Abstract: *The article presents a variant of the system for implementing a regulator based on fuzzy logic. Variants of using this regulator are considered. The further path of research into the use of fuzzy logic for dehydration of hydrobionts is outlined.*

Key words: *intelligent control, microclimate, fuzzy logic, hydrobionts drying*

УДК 658.788:656.96

Кобулов Мухаммаджон Алижон угли, докторант Ферганского государственного технического университета, m.a.qobulov@ferpi.uz, <https://orcid.org/0000-0002-0074-5497>

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРМИНАЛЬНОЙ И СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ

Аннотация: *В данной статье рассматриваются современные методологии, применяемые в сфере терминалных складских операций. Все большее число предприятий осознает важность использования информационной поддержки для повышения эффективности работы. В связи с этим автор рассматриваемой статьи рассмотрел и проанализировал основные подходы к организации складской деятельности, такие как системный и процессный подходы.*

Ключевые слова: *инновационный подход, процессный подход, терминално-складская деятельность, логистика.*

Введение

В условиях современного экономического развития и глобализации рынка эффективность логистических процессов имеет первостепенное значение для устойчивого функционирования предприятий и повышения их конкурентоспособности. Важной составляющей логистической системы

является управление рабочими процессами на терминалах и складах. Эти объекты играют ключевую роль в цепях поставок, способствуя беспрепятственному движению материальных потоков и обеспечивая эффективное использование ресурсов.

На современном этапе развития наиболее востребованными для организации терминально-складской деятельности являются информационные системы и технологии. Эти продукты призваны повысить эффективность складских процессов, а также способствовать интеграции внутрипроизводственных механизмов и развитию комплексной логистической терминально-складской инфраструктуры [1].

Терминалы и склады выполняют двойную задачу, функционируя не только как складские помещения, но и как центральные пункты перераспределения, сортировки, консолидации и подготовки грузов к последующей транспортировке. Для обеспечения эффективной работы этих объектов необходим комплексный, системный подход, основополагающим инструментом которого является логистика. Применение логистического подхода позволяет оптимизировать процессы, снизить затраты, повысить уровень сервиса и обеспечить гибкость в ответ на меняющиеся требования рынка [2].

Литературный обзор

Современные исследования в области логистики и управления складами демонстрируют заметный уклон в сторону интеграции инновационных технологий с целью повышения эффективности, прозрачности и адаптивности логистических операций. Обзор литературы позволяет выявить несколько основных тенденций, отражающих эволюцию подходов к управлению логистическими центрами и складами.

Одним из часто рассматриваемых инновационных решений является внедрение системы управления складом (WMS), которая представляет собой программное обеспечение, предназначенное для оптимизации работы складов. По мнению А. В. Дмитриева (2020), внедрение WMS приводит к существенному повышению точности учета, сокращению времени обработки заказов и

снижению влияния человеческого фактора. Эти системы автоматизируют процессы приемки, размещения, комплектации и отгрузки товаров [3].

Кроме того, значительное внимание привлекают Интернет вещей (IoT) и технологии сквозной цифровизации. В исследовании М. Р. Кадырова (2021) показано, что интеграция датчиков, RFID-меток и телеметрии позволяет в режиме реального времени отслеживать местоположение, состояние и перемещение товаров, повышая тем самым контроль и предсказуемость логистических операций.

Роботизация и автоматизация складских процессов представляют собой значительную область, которой уделяется большое внимание как в научной, так и в прикладной литературе. Согласно публикациям С. Н. Петрова и Е. Ю. Кузнецовой (2022), внедрение роботизированных тележек, сортировщиков и автоматических стеллажных систем позволяет повысить производительность труда, особенно в условиях высокой интенсивности складской деятельности [4].

Метод исследования

Обзор существующей литературы показывает, что преобладающими методологиями организации складской деятельности являются системный и процессный подходы. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки при построении терминально-складской деятельности и инфраструктуры [5] (рис. 1).

Соответственно, при тщательном рассмотрении достоинств и недостатков системного подхода к моделированию складских процессов выясняется, что указанное направление позволяет сделать ряд ключевых выводов. Главным из них является определение структурной схемы склада, а также идентификация и организация элементов, целей, параметров и операций. Кроме того, оно позволяет выявить внутренние свойства складской логистической системы и создать таксономию составляющих ее звеньев [6].



Рис. 1. Подходы к организации терминально-складской деятельности

Соответственно, при тщательном рассмотрении преимуществ и недостатков, присущих системному подходу в моделировании складских процессов, можно сделать вывод, что данное направление позволяет определить структуру склада, выявить и систематизировать элементы, цели, параметры и задачи, а также выявить и классифицировать внутренние свойства складской логистической системы. Кроме того, оно способствует выявлению и классификации связей между элементами вышеупомянутой системы и выявлению неопределенностей, влияющих на функционирование складских процессов. Кроме того, она позволяет определить и специфицировать целесообразные последовательности действий [7].

Последующей методологией управления операциями складской логистики является процессный подход, определяемый как серия действий или видов деятельности, в которых задействованы ресурсы для преобразования входов в выходы.

Результаты исследования

Чтобы эффективно функционировать, организации должны определять и управлять многочисленными взаимосвязанными и взаимодействующими

процессами. Часто выход одного процесса служит входом для последующего процесса. Систематическое определение и управление процессами, применяемыми организацией, и, прежде всего, их взаимодействие, можно считать «процессным подходом» [8].

На рисунке 2 представлена модель процессного подхода, иллюстрирующая его применение в контексте управления терминальным складом.

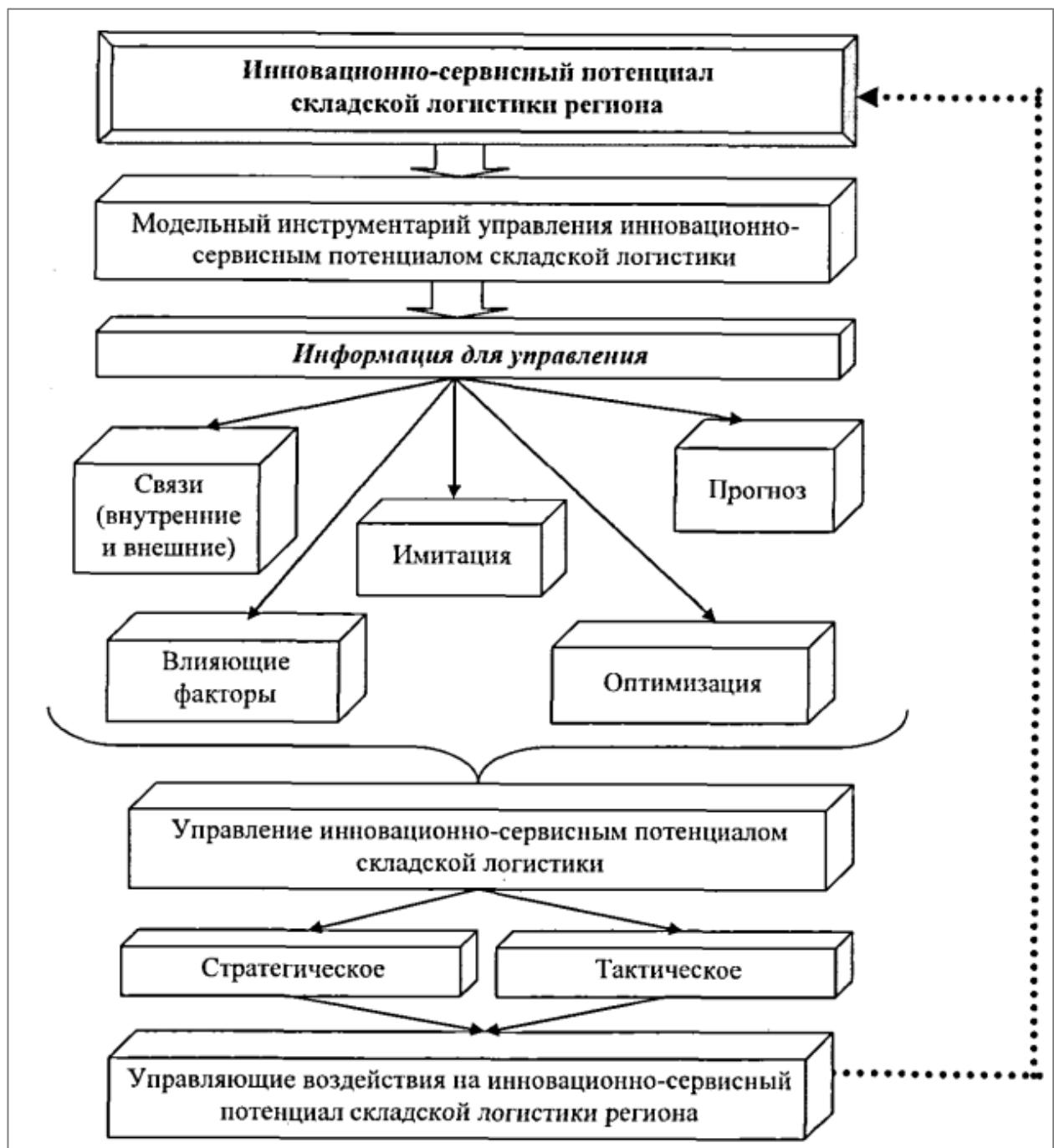


Рис. 2. Модель процессного подхода терминально-складского комплекса

Как показано на рисунке 1, в основе процессного подхода лежит формализация и декомпозиция процессов складской логистики на операции. Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2001, модель процессного подхода включает в себя первичные и вторичные процессы [9].

Как показано на рисунке 1, процесс складирования в основном характеризуется следующими операциями:

1. Поставка запасов представляет собой комплекс взаимосвязанных логистических мероприятий, обеспечивающих формирование и предоставление складских запасов, а также их последующую обработку и комплектацию для конечного потребителя. К основным логистическим операциям относятся прием транспортных средств, разгрузка, приемка товара и другие сопутствующие действия;

2. Приемка товара включает в себя ряд процедур и методов проверки количества и качества товара, а также обеспечение склада товарами. К основным логистическим операциям относятся проверка сопроводительной документации, осмотр тары и упаковки, транспортировка на склад и т. д.;

3. Складирование и хранение представляют собой комплекс мероприятий, направленных на рациональное размещение и хранение на складе с последующей доставкой товара конечному потребителю в целях удовлетворения его потребностей. К основным логистическим операциям относятся упаковка, маркировка, комплектация заказа и отпуск товара со склада (продажа);

4. Реализация готовой продукции — совокупность различных средств и методов, направленных на доведение готовой продукции до конечного потребителя. К основным логистическим операциям относятся разработка вариантов систем дистрибуции готовой продукции и/или услуг, формирование каналов дистрибуции и другие сопутствующие виды деятельности;

5. Сервисное обслуживание охватывает комплекс услуг, предоставляемых в процессе доведения готовой продукции и/или услуг до

потребителя. К вышеупомянутым логистическим операциям относятся гарантийное обслуживание, обмен, консультирование потребителей и т. д.;

6. Информационное обеспечение представляет собой совокупность единых информационных систем, которые взаимосвязаны между собой и обеспечивают эффективное управление предприятием, а также всеми логистическими процессами на складе. Основные логистические операции включают в себя сбор, обработку и систематизацию информации, а также другие функции.

Необходимо признать существование вспомогательных процессов, которые являются неотъемлемой частью эффективного функционирования складской логистики. Отсутствие рациональной и эффективной реализации этих вспомогательных процессов может препятствовать решению многочисленных проблем, тем самым ставя под угрозу эффективность складской логистики [10].

В данной модели процессного подхода (рис. 1) выделяются три вспомогательных логистических процесса: обеспечение материальными ресурсами, управление складской инфраструктурой и управление качеством. Кроме того, эти вспомогательные процессы могут включать в себя ряд сервисных операций. Как видно из данных на рис. 1, эти услуги включают в себя предпродажные операции, такие как передача информации о количестве товаров, хранящихся на складе, в отдел продаж, и послепродажные операции, включая замену товаров и прием бракованной продукции [11].

Вспомогательные логистические процессы, как и их основные аналоги, выполняют ряд различных функций и задач:

– Во-первых, необходимо обеспечить доступность материальных ресурсов, а также осуществить процессы переработки, хранения и распределения грузов в строго ограниченные сроки. Эти процессы должны выполняться с требуемым качеством и количеством;

– Во-вторых, управление складской инфраструктурой подразумевает деятельность по решению проблем ремонта и обслуживания складского оборудования. Это и организация складских и транспортных работ, и

определение оптимальных зон хранения и грузопереработки, и определение пропускной способности склада и др.;

– В-третьих, внедрение менеджмента качества предполагает выполнение комплекса мероприятий, направленных на достижение высокого уровня логистических процессов в области качества. Эти мероприятия должны включать в себя внедрение и использование высокотехнологичных систем и методов контроля над складскими логистическими процессами.

Выводы

Необходимость процессного подхода к управлению в целом и к управлению рисками в частности обусловлена преимуществами процессного подхода к организации деятельности на предприятии. К этим преимуществам относятся непрерывность процесса управления рисками и охват всех видов деятельности предприятия. Такой подход позволяет всесторонне рассмотреть все потенциальные риски и определить эффективные стратегии управления. Кроме того, он способствует упорядоченной координации процесса под надзором одного руководителя, который берет на себя ответственность за результаты процесса.

Список использованных источников

1. Аникеева, О. И. Логистика: современная теория и практика управления цепями поставок. – М.: Юрайт, 2022.
2. Балдин, К. В., Ситников, А. В. Инновационные технологии в логистике. – СПб.: Питер, 2021.
3. Дмитриев, А. В. Автоматизация логистических процессов на складах и терминалах. // Логистика сегодня, №3, 2020.
4. Кузнецова, Е. Ю., Петров, С. Н. Роботизация логистических центров как фактор повышения производительности труда. // Вестник транспорта, №2, 2022.
5. Калашников, И. А. Цифровая трансформация логистических систем: технологии и практика применения. – М.: КНОРУС, 2023.

6. Ковальчук, И. П. Информационные технологии в логистике. – М.: Форум, 2020.
7. Винокуров, А. В. Применение IoT и Big Data в складской логистике. // Управление цепями поставок, №4, 2021.
8. Глухов, В. В., Малышева, М. И. Логистика и управление цепями поставок. — СПб.: Политехника, 2022.
9. Zhang, Y., Wang, L., & Liu, Q. Smart Warehouse Management Based on IoT and AI Technologies. // Journal of Logistics and Sustainable Transport, Vol. 12(2), 2021.
10. Christopher, M. Logistics & Supply Chain Management. — 6th ed. — Pearson Education, 2020.
11. Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. — 6th ed. — Kogan Page, 2022.
12. Государственный портал открытых данных Республики Узбекистан — <https://data.gov.uz>

Muhammadjon Alijon Qobulov, PhD candidate at Fergana State Technical University, m.a.qobulov@ferpi.uz, <https://orcid.org/0000-0002-0074-5497>

INNOVATIVE APPROACH TO ORGANIZING TERMINAL AND WAREHOUSE LOGISTICS

Abstract: This article discusses modern methodologies used in the field of terminal warehouse operations. An increasing number of enterprises are realizing the importance of using information support to improve work efficiency. In this regard, the author of this article reviewed and analyzed the main approaches to the organization of warehouse activities, such as system and process approaches.

Key words: innovative approach, process approach, terminal and warehouse activities, logistics.

УДК 629.3.014; 629.362.5

Колесниченко Д.С., аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

Пушкиров А.Е., доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОГРУЗОВИКОВ

Аннотация: Подход к обоснованию наиболее значимых для модернизации параметров, является сложной задачей, не имеющей на данный момент простого и однозначного решения. В статье выдвигается подход, основанный на иерархической структуре взаимосвязи параметров.

Ключевые слова: Иерархическая структура; электромобиль; электрический грузовик; электрическая силовая установка; коммунальная машина; технический уровень; транспортная и технологическая работа.

На данный момент, ряд компаний разрабатывает и производит грузовые автомобили на электротяге. Однако, по техническому уровню такая техника уступает машинам с ДВС. Основными факторами, влияющими на технический уровень электротранспортных средств являются: характеристики электродвигателя (мощность, крутящий момент, частота, КПД) и характеристики тяговых АКБ (емкость, плотность энергии, количество циклов зарядки, время зарядки). Ограничения, накладываемые электрической силовой установкой, отражаются на параметрах всей машины, таких как полная масса, грузоподъемность и т.д. В данной статье не будут рассматриваться проблемы, не связанные напрямую с техническим уровнем, такие как высокая стоимость АКБ и развитие зарядной инфраструктуры.

По мнению авторов, для повышения конкурентоспособности грузовиков на электротяге, важно подобрать набор параметров, оказывающих наибольшее влияние на технический уровень машины.

Выбор параметров представляет существенную проблему, так как без теоретической основы, процесс модернизации техники, ее испытаний и

анализа данных будет долгим и дорогостоящим. Теоретическую основу можно выстраивать с помощью запатентованных программ. Для начала работ по анализу необходимого набора параметров нужен определенных структурированный подход. Представляется возможным основываться на методе экспертной оценки, однако, такой подход имеет серьезные недостатки. Полученные путем опроса экспертов данные будут субъективны, результаты будут значительно отличаться в зависимости от подбора экспертов и от индивидуальной или коллективной оценки. Таким образом, экспертная оценка может задать направление модернизации в первом приближении, но не гарантирует релевантность подобранных параметров. Подход, использующий случайный перебор всех отобранных параметров лишен субъективного мнения исследователей и экспертов, но обладает значительным недостатком: случайный набор параметров, обеспечивающих наиболее эффективную модернизацию, может быть составлен из связанных величин, которые невозможно изменять независимо. Например, мощность, частота и крутящий момент электродвигателя. Некоторые параметры будут зависимы в определенных пределах, например грузоподъемность и полная масса техники, так как снижение массы узлов и агрегатов повысит грузоподъемность при неизменной полной массе, но достичь равенства этих двух параметров невозможно.

Исходя из сложностей подхода, описанных выше, авторы предлагают использовать для выявления набора связанные параметры агрегатов грузовика, такие как характеристики силовой установки (мощность, частота, крутящий момент, КПД, емкость батарей, запас хода) или шасси (грузоподъемность и полная масса, лобовое сопротивление, запас хода). Некоторые параметры могут оказываться зависимыми от нескольких других, поэтому проблема их изменения на практике состоит в создании иерархической структуры параметров.

Иерархическая структура нашла применение в процессах синтеза сложных технических систем [1]. Синтез технической системы возможно

проводить не для всего множества элементов и функциональных связей, а лишь для критически важных или базовых ее элементов из-за большого количества связей между элементами.

Для выстраивания иерархической структуры параметров грузового электромобиля, введем условное разделение параметров на две категории:

1. параметры, относящиеся к общей конструкции шасси;
2. параметры, относящиеся к электрической силовой установке.

К первой категории можно отнести параметры подвески, колес, кабины.

Крупные производители грузовой техники часто создают электрогрузовики с использованием узлов и агрегатов от аналогичных машин с ДВС, к таким частям относятся каркас кабины и ее внутренняя отделка, подвеска и колеса, рама, светотехника. Ко второй категории относятся все параметры, связанные непосредственно с электродвигателем и тяговыми батареями, такие как мощность, крутящий момент, запас хода, грузоподъемность, полная масса.

В случае работы с техникой, построенной на базе грузовиков с ДВС, важнейшие параметры для модернизации стоит отбирать из второй категории, так как замена узлов, унифицированных с массово выпускаемой техникой, повлечет увеличение стоимости. Производители, специализирующиеся на электромобилях, создают электрические грузовики с нуля, без использования элементов обычных грузовиков, поэтому параметры первой категории для таких машин изначально определяются параметрами электрической установки. Например, в подобных машинах, предназначенных для магистральных перевозок, используют кабины с более низким коэффициентом аэродинамического сопротивления и специальные колпаки на колесные диски для экономии заряда [2]. Однако, для грузовиков, применяющихся в городских условиях или на таких объектах, как заводы, аэропорты, парки и заповедники, эффект от улучшенной аэродинамики и сниженной массы конструкции будет значительно менее заметен. Поэтому

унификация электрических грузовиков с техникой на ДВС распространена шире, чем разработка уникальных узлов и агрегатов.

На наш взгляд, на данный момент нецелесообразно создавать грузовое шасси на электрической тяге, унифицированное под максимально широкий круг задач. Специализированные шасси будут обладать значительно более высоким техническим уровнем при использовании по назначению. Поэтому, в предлагаемой иерархической структуре должен учитываться тип выполняемой работы. Грузовики, предназначенные для выполнения только транспортной работы проще в расчете, так как их технический уровень определяется только способностью перемещаться с грузом на расстояние. Широкий спектр машин, выполняющих как транспортную, так и технологическую работы, сложнее в расчете. Их технический уровень и набор наиболее важных параметров зависит как от возможности перемещения, так и от выполнения определенного количества технологических операций. На схеме (рис. 1) представлена структура взаимосвязи параметров шасси с прочими факторами.

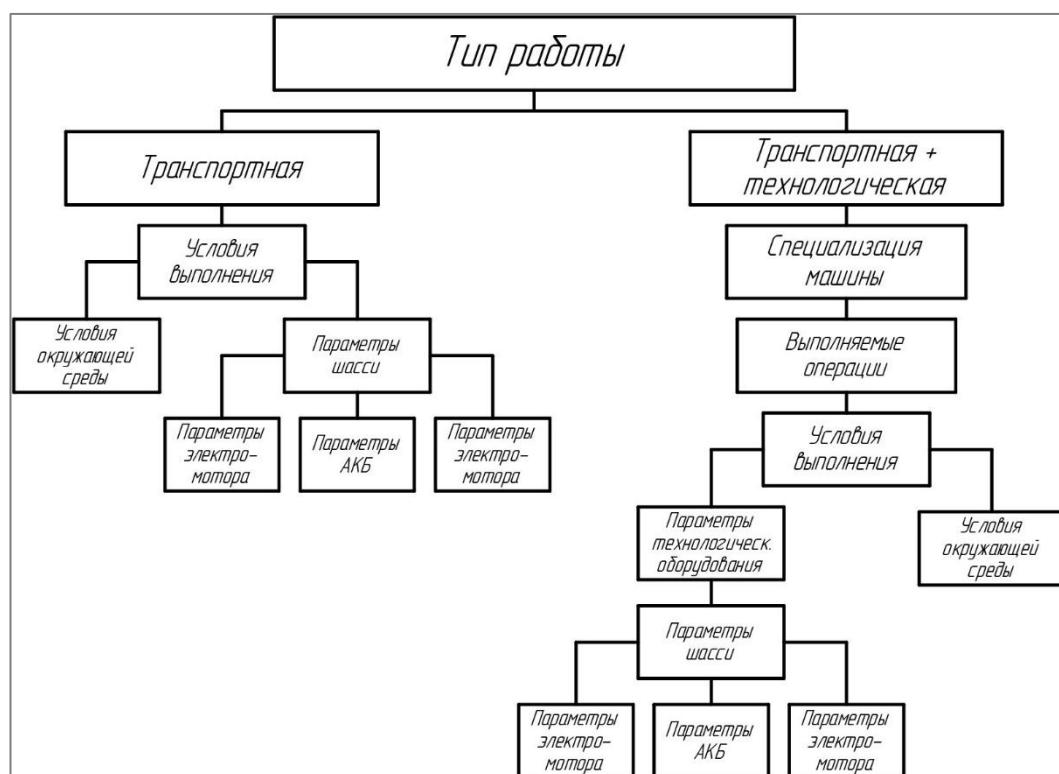


Рис. 1. Иерархическая структура для НТТМ

Применяемое технологическое оборудование будет различным для номенклатуры наземных транспортно-технологических машин, однако, при верном определении предназначения и условий работы техники, методика, основанная на иерархической структуре будет универсальным.

Авторы предполагают, что универсального набора параметров, обеспечивающих наиболее эффективную модернизацию, не существует, таким образом, НТТМ нельзя рассматривать в отрыве от условий, в которых они эксплуатируются. Например, для развозного грузовика, выполняющего только транспортную работу, наиболее важными параметрами будут грузоподъемность и запас хода. Для таких машин, как аэродромный тягач, значимыми будут мощностные показатели двигателя, при этом емкость батареи будет значительно менее существенным параметром [3]. Для коммунальной машины набор важнейших характеристик будет более широким, определяющими технический уровень параметрами будут: ширина обрабатываемой полосы, толщина убираемого слоя снега, объем или масса подбираемого мусора и пыли и т.д [4].

Для упрощения и ускорения проектирования НТТМ на шасси с электродвигателями, видится необходимым создать модульную систему, позволяющую подстраивать создаваемое шасси под различные сценарии использования с помощью стандартизованных батарейных блоков и номенклатуры электродвигателей с рассчитанными по предлагаемой методике. С учётом многочисленного применяемого оборудования, подбор оптимального набора параметров шасси для коммунальной машины будет сложной задачей с учётом ограничений применяемых запатентованных компьютерных программ.

Авторами данной статьи ранее проводился сравнительный анализ технического уровня грузовиков с электрическими силовыми установками для определения влияния отдельных параметров на технический уровень. Было отобрано 8 образцов электрогрузовиков, обозначенных буквами от А до З. Для модернизации была выбрана машина «Е», не имевшая параметров,

по которым она лидировала. В результате исследований при помощи компьютерной программы было установлено, что заметное повышение технического уровня достигается только при комплексном улучшении группы параметров [5]. На рисунке 2 показан график зависимости количества исходов, при которых образец лидирует от количества параметров, по которым машина лидирует. В таблице 1 показано положение машин до модернизации образца «Е», в таблице 2 показан результат комплексного улучшения параметров, в результате которого машина «Е» переместилась с последнего места на первое.



Рис. 2. Результаты проведения расчетов путем применения алгоритма оценки технического уровня НТТС с учетом последовательного изменения нескольких параметров машины

Таблица 1. Рейтинг машин до модернизации образца Е

Место в рейтинге	Обозначение машины	Количество областей, принадлежащих решениям
1	А	212 710
2	Г	71 260
3	З	57 998
4	Б	10 544
5	Ж	10 368
6	В	0
7	Д	0
8	Е	0

Таблица 2. Рейтинг машин после комплексного улучшения параметров образца Е

Место в рейтинге	Обозначение машины	Количество областей, принадлежащих решениям
1	Е	241 630
2	З	55 140
3	Г	43 080
4	А	14 808
5	Ж	6038
6	Б	2184
7	В	0
8	Д	0

Заключение: создание методики, основанной на иерархической структуре с применением компьютерных программ, позволит значительно ускорить внедрение шасси на электротяге в качестве основы для многих наземных транспортно-технологических машин. Это обуславливается тем, что иерархическая структура параметров позволяет определить наиболее важные для модернизации параметры шасси с учетом внешних условий. Благодаря этому становится возможным на практике повысить технический уровень грузовиков с электрическими силовыми установками.

Список использованных источников

1. Козлов Владимир Владимирович, Лагун Андрей Валерьевич, Харченко Владимир Алексеевич, Коноплев Михаил Данилович Применение иерархической системы оценивания целенаправленных процессов синтеза сложных технических систем // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. №8. С. 364 – 374.

2. Tesla Semi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tesla.com/semi> (дата обращения 28.04.2025)

3. Аэротягач под током, Sprinter для отпугивания птиц и другие: экзотика на выставке NAIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/aerodromnyy-tyagach-pod-tokom-sprinter-dlya-otpugivaniya-ptic-i-drugie-aviacionnaya-ekzotika-na-vystavke-nais> (дата обращения 28.04.2025)

4. Колесниченко Д.С., Пушкарев А.Е. Расчет требуемой мощности для выполнения различных технологических операций коммунальной машиной на универсальном шасси с электрической силовой установкой // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2024. – № 24. – С. 60-67.

5. Пушкарев А.Е., Абросимова А.А., Виноградова Т.В., Колесниченко Д.С. Безэкспертная оценка технического уровня пневмоколесных шасси с электрическими энергетическими установками // Грузовик. – 2024. – № 12. – С. 3-6.

Kolesnichenko D.S., postgraduate, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

Pushkarev A.E., doctor of technical sciences, professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

THE USE OF A HIERARCHICAL STRUCTURE TO JUSTIFY THE PARAMETERS OF ELECTRIC TRUCKS

Abstract: *The approach to substantiating the most significant parameters for modernization is a complex task that currently does not have a simple and unambiguous solution. The article proposes an approach based on the hierarchical structure of the parameter relationship.*

Keywords: *Hierarchical structure; electric vehicle; electric truck; electric power plant; utility vehicle; technical level; transportation and technological work.*

УДК: 624.139.22

Котов А.А., кандидат технических наук, доцент, Институт прикладных арктических технологий ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», e-mail: kотоваа@mauniver.ru.

Прежин С.Д., старший преподаватель, Институт прикладных арктических технологий ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», e-mail: prezhinsd@mauniver.ru.

Каиров Т.В., старший преподаватель, Институт прикладных арктических технологий ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», e-mail: kairovtv@mauniver.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБЪЕМНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ О ЛИНЕЙНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Аннотация: Предложена методика определения величины объемной деформации морозного пучения грунта по нормативным значениям линейной деформации, представленным в действующих сводах правил. Методика основана на решении методом конечных элементов краевой задачи для стесненного массива мерзлого грунта, открытого только сверху. Объемные деформации морозного пучения необходимы для расчета сил давления морозного пучения на вертикальные стенки подземных сооружений.

Ключевые слова: морозное пучение грунта; метод конечных элементов; воздействие деформациями; краевые задачи.

Исходя из того, что в расчетном комплексе SCAD воздействие на объекты относительными деформациями предусмотрено только путем изменения температуры замыкания (нагреванием или охлаждением), расширение замерзающего грунта будем моделировать положительным изменением его исходной температуры, т. е. деформации морозного пучения будем задавать как деформации температурного расширения при нагревании. Если назначить коэффициент линейного расширения α мерзлого грунта, то для создания относительной линейной деформации ε нужно будет осуществить температурное воздействие величиной

$$\Delta T = \varepsilon / \alpha. \quad (1)$$

Рассмотрим реалистичность такого способа задания кинематического воздействия на модели, состоящей из одного конечного элемента. Принимаем

кубик размерами $100 \times 100 \times 100$ мм. Коэффициент линейного расширения мерзлого грунта при нагревании назначим достаточно произвольно, но все-таки близким к реальному коэффициенту линейного расширения льда: $\alpha = 5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. При условии, что относительное увеличение объема воды при ее превращении в лёд составляет

$$\varepsilon_V^0 = \frac{1000 - 920}{1000} = 0,08,$$

назначаем объемную деформацию грунтового массива при его замерзании $\varepsilon_V = 0,06$. Тогда линейная деформация при условии изотропии деформаций морозного пучения составит величину $\varepsilon_l = 0,06/3 = 0,02$. Отсюда получаем $\Delta T = \varepsilon_l/\alpha = 0,02/5 \cdot 10^{-5} = 400^\circ\text{C}$. Ожидаемое абсолютное удлинение: $\Delta l = 0,02 \times 100 = 2$ (мм). Результаты расчета показаны на рис. 1.

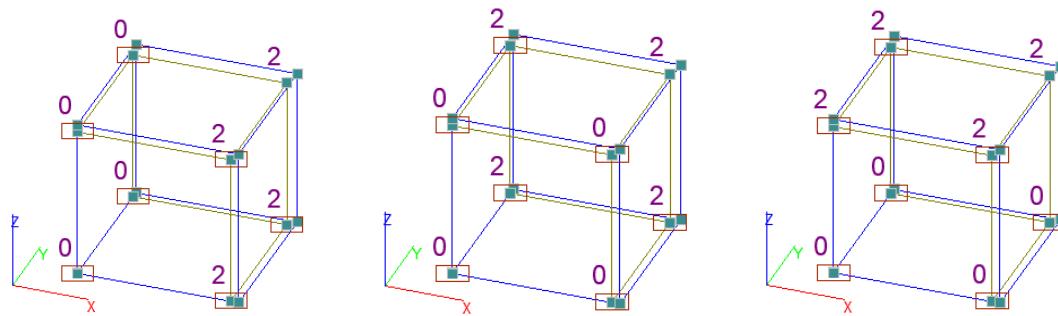


Рис. 1. Тестовая задача. Перемещения по X, Y и Z, мм

Как видно на рис. 1, расчетные перемещения в каждом направлении составили 2 мм, как и должно быть. Следовательно, SCAD отражает температурные деформации правильно.

Перейдем теперь непосредственно к вопросу об определении объемных деформаций морозного пучения грунтов по экспериментальным линейным деформациям. Согласно нормативам [1, с.54] и [2, с.108], пучинистые грунты характеризуются, в частности, относительной деформацией (интенсивностью) морозного пучения ε_{fh} , которая определяется как отношение абсолютной деформации пучения h_f к толщине промерзающего слоя d_f :

$$\varepsilon_{fh} = \frac{h_f}{d_f}. \quad (2)$$

При этом абсолютная деформация пучения h_f определяется как величина подъема ненагруженной поверхности промерзающего грунта. Указанные характеристики согласно нормативам должны определяться на основе опытных данных. Однако для сооружений невысокой степени ответственности относительную деформацию ε_{fh} допускается определять в зависимости от параметра R_f по представленной в нормативах [1, с.54] и [2, с.109] диаграмме, воспроизведенной здесь на рис. 2.

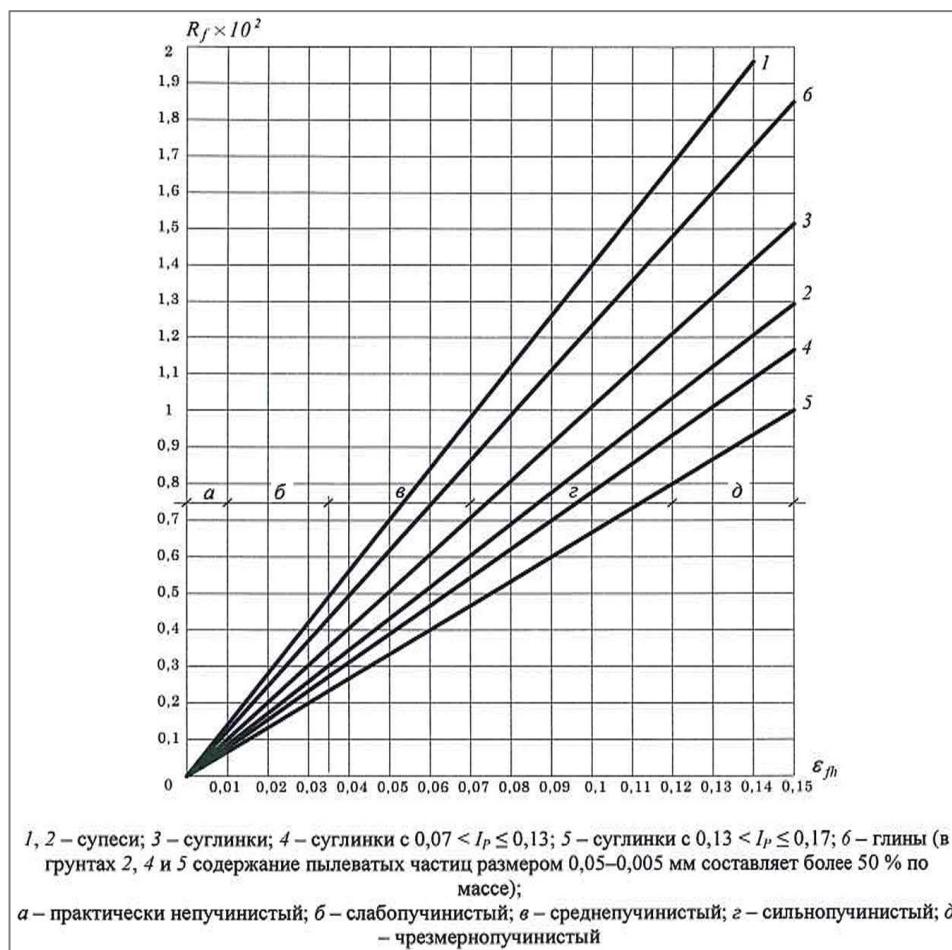


Рис. 2. Зависимость относительной деформации ε_{fh} от параметра R_f

Для определения параметра R_f в нормативах [1, с.54] и [2, с.108] предлагается формула

$$R_f = 0,67 \rho_d \left[0,012(w - 0,1) + \frac{w(w - w_{cr})^2}{w_{sat} w_p \sqrt{M_0}} \right]. \quad (3)$$

Здесь:

- w, w_p – влажность промерзающего грунта соответственно природная и на границе раскатывания;

- w_{cr} – критическая влажность, ниже значения которой в промерзающем пучинистом грунте прекращается перераспределение влаги, вызывающей морозное пучение; определяется по диаграмме из норматива [2, с.110].
- w_{sat} – полная влагоемкость грунта; по Н.А. Цытовичу [3, с. 21] $w_{sat} = w_{max} = e\rho_w/\rho_s$, где e – коэффициент пористости, ρ_w – плотность воды, ρ_s – плотность скелета грунта;
- ρ_d – плотность сухого грунта, T/m^3 ;
- M_0 – безразмерный коэффициент, численно равный абсолютному значению средней многолетней температуры воздуха за зимний период, определяемый в соответствии с [4].

Если для конкретного грунта в процессе инженерно-геологических изысканий и последующих лабораторных исследований определены все его характеристики, входящие в формулу (3), то для этого грунта может быть вычислен параметр R_f . Далее по величине этого параметра с помощью диаграммы на рис. 2 могут быть определены степень пучинистости и относительная деформация морозного пучения ε_{fh} . Таким образом, норматив [2] полностью определяет величину относительной деформации морозного пучения ε_{fh} для любого грунта с известными физико-механическими характеристиками.

Исходя из этого, далее рассмотрим возможность по известной линейной деформации морозного пучения ε_{fh} найти соответствующую ей объемную деформацию морозного пучения ε_{fv} , которую можно будет задавать в качестве кинематического воздействия при решении конкретных краевых задач. Для определения ε_{fv} через ε_{fh} нужно для модельного объема грунта в форме параллелепипеда назначить такие граничные условия, чтобы из нормальных перемещений его граней свободными были бы только перемещения точек его верхней горизонтальной грани. Тогда, назначая внешним воздействием объемную деформацию всего рассматриваемого массива, можно по перемещениям точек его верхней грани подобрать такую величину объемной

деформации, которая соответствовала бы заданной линейной деформации морозного пучения.

Пример 1. В качестве примера решения поставленной задачи рассмотрим среднепучинистую супесь с параметром $R_f = 0,007$ и вертикальной деформацией пучения $\varepsilon_{fh} = 0,05$ (линия 1 на графиках рис. 2). Конкретные характеристики грунта, входящие в формулу (3) для вычисления R_f нам пока не потребуются. В качестве модели для подбора соответствующего значения объемной деформации ε_{fV} принимаем массив грунта размерами в плане 4×3 м, толщиной 2 м (по вероятной глубине промерзания в регионе Мурманска). Этот массив разделяем на кубические конечные элементы размерами $0,25 \times 0,25$ м. Расставляем указанным образом связи.

Модуль деформаций рассматриваемой супеси в естественном (немёрзлом) состоянии принимаем по табл. А.6 [2] при показателе текучести $0 \leq I_L \leq 0,75$ и коэффициенте пористости $e = 0,75$: $E = 14$ МПа ≈ 1400 Т/м². Модули деформаций слоев мерзлого грунта принимаем переменными, уменьшающимися однофронтально сверху вниз. Для наиболее мерзлого, верхнего слоя грунта принимаем по [5] $E = 17,4$ МПа ≈ 17400 Т/м². Разницу между этими значениями делим на 8 ступеней (8 слоев мерзлого грунта): $(17400 - 1400) / 8 = 2000$ Т/м².

Назначаем объемную деформацию $\varepsilon_{fV} = 0,06$. Тогда $\varepsilon_l = 0,06/3 = 0,02$. Коэффициент линейного расширения назначим, как и в тестовой задаче, $\alpha = 5 \times 10^{-5}$ К⁻¹, получаем $\Delta T = \frac{0,02}{5 \times 10^{-5}} = 400$ (К). Файл «ОбъемЛин1», расчетные перемещения показаны на рис. 3: $\Delta_{fh}^M = 54,1$ мм.

Здесь $\varepsilon_{fh}^M = 54,1/2000 = 0,027 < \varepsilon_{fh} = 0,05$. Объемную деформацию нужно увеличивать. Делаем это пропорционально полученному соотношению между деформациями:

$$\varepsilon_{fV} = 0,06 \frac{0,05}{0,027} = 0,1111.$$

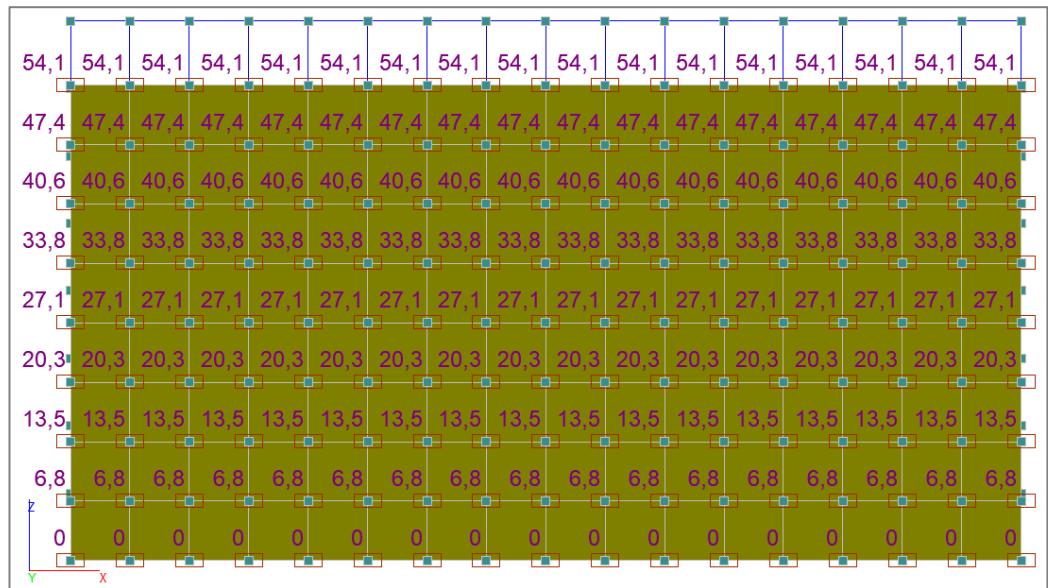


Рис. 3. Файл «ОбъемЛин1». Перемещения по Z

Тогда $\varepsilon_l = 0,1111/3 = 0,0370$, $\Delta T = \frac{0,0370}{5 \times 10^{-5}} = 740$ (К). Файл «ОбъемЛин2», фактические расчетные перемещения показаны на рис. 4: $\Delta_{fh}^M = 100,1$ мм.

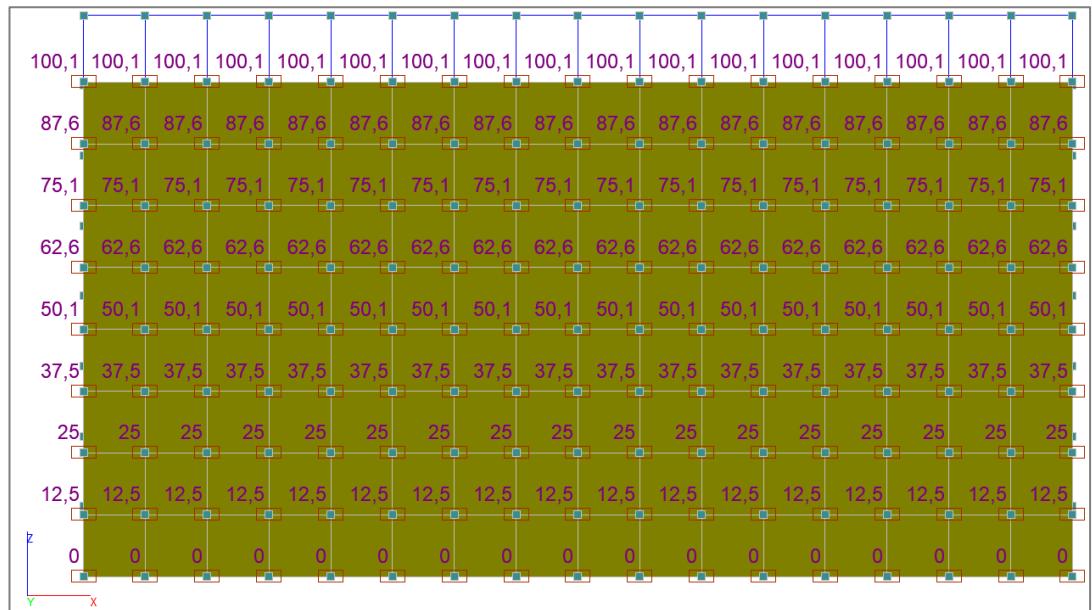


Рис. 4. Файл «ОбъемЛин2». Перемещения по Z

Здесь $\varepsilon_{fh}^M = 100,1/2000 = 0,050 = \varepsilon_{fh} \equiv 0,05$. Поскольку расчетная линейная деформация морозного пучения стала равна экспериментальной нормативной, то можно принять, что при расчетной глубине промерзания $d_f = 2,00$ м нормативной линейной деформации морозного пучения $\varepsilon_{fh} \equiv 0,05$

соответствует нормативная объемная деформация морозного пучения $\varepsilon_{fV} = 0,1111$.

Проверим влияние на деформированное состояние модели величин модулей деформаций. Уменьшим их вдвое по сравнению с модулями деформаций в файле «ОбъемЛин2» и рассмотрим файл «ОбъемЛин2Е05». Результаты представлены на рис. 5.

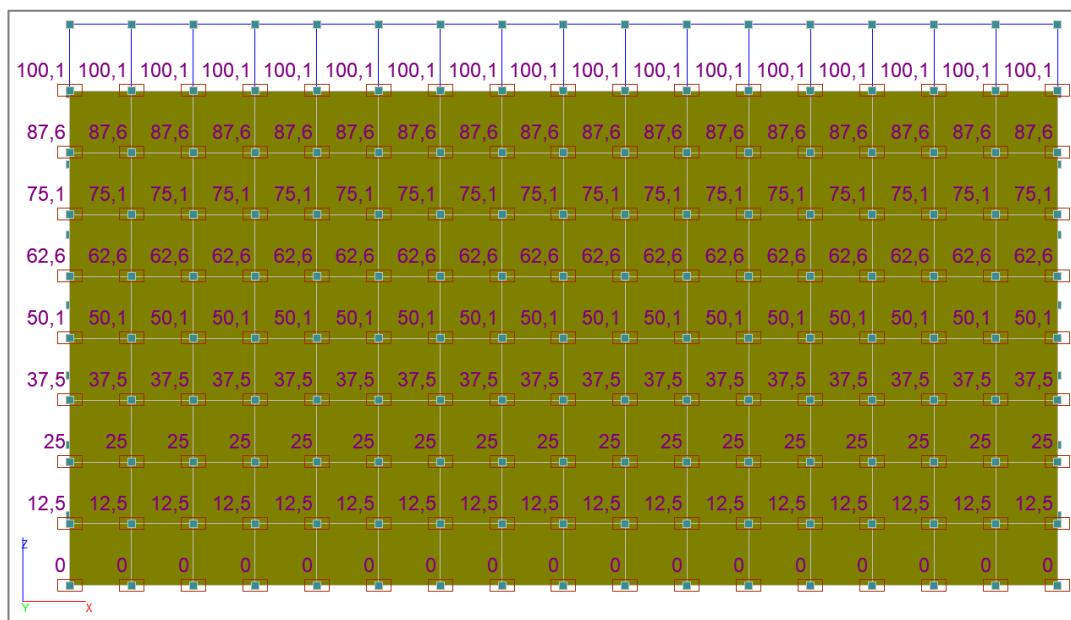


Рис. 5. Файл «ОбъемЛин2Е05». Перемещения по Z

Как следует из рис. 5, величина модуля деформаций не влияет на величину перемещений в рассматриваемой краевой задаче.

Проверим теперь влияние на перемещения величины коэффициента Пуассона. Увеличим его вдвое по сравнению с коэффициентом Пуассона в файле «ОбъемЛин2»: с 0,15 до 0,3. Рассмотрим файл «ОбъемЛин2м2». Результаты представлены на рис. 6.

На рис. 6 по сравнению с рис. 4, перемещения возросли с 100,1 до 137,4 мм при изменении коэффициента Пуассона с 0,15 до 0,3 в рассматриваемой краевой задаче. Следовательно, можно сделать вывод, что коэффициент Пуассона существенно влияет на величину вертикальных перемещений.

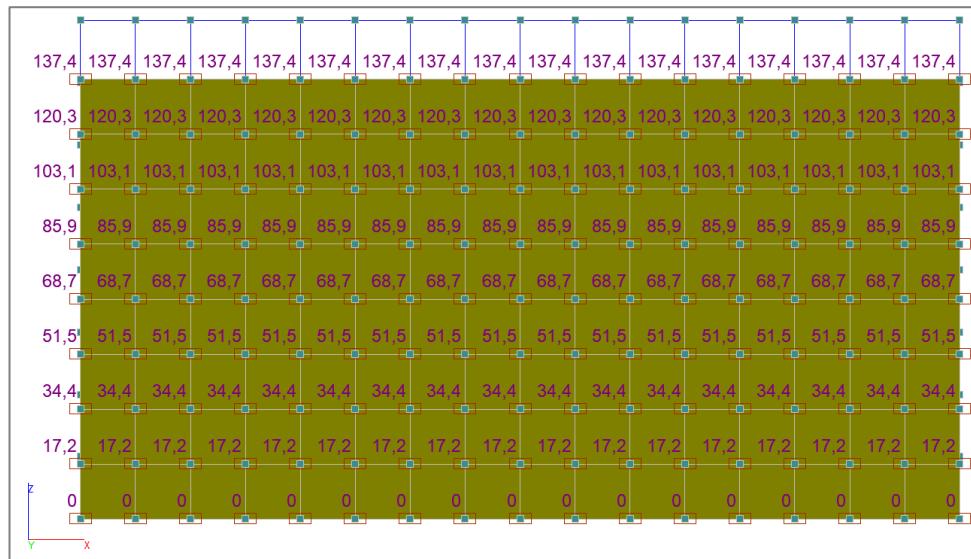


Рис. 6. Файл «ОбъемЛин2м2». Перемещения по Z

Пример 2. Рассматриваем сильнопучинистую супесь с параметром $R_f = 0,0086$ и вертикальной деформацией пучения $\varepsilon_{fh} = 0,1$ (линия 2 на графиках рисунка 2). В качестве модели оставляем тот же массив грунта, что и в примере 1. Коэффициент Пуассона назначим повышенным по сравнению с примером 1: $\mu = 0,4$. Деформации морозного пучения также будем задавать как деформации температурного расширения при нагревании. Назначим, как и ранее, коэффициент линейного расширения при нагревании $\alpha = 5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

С учетом сильной пучинистости рассматриваемого грунта назначаем объемную деформацию также повышенной: $\varepsilon_{fv} = 0,09$. Тогда $\varepsilon_f = 0,09/3 = 0,03$. $\Delta T = \frac{0,03}{5 \times 10^{-5}} = 600$ (К). Файл «ОбъемЛин21», результаты показаны на рис. 7.

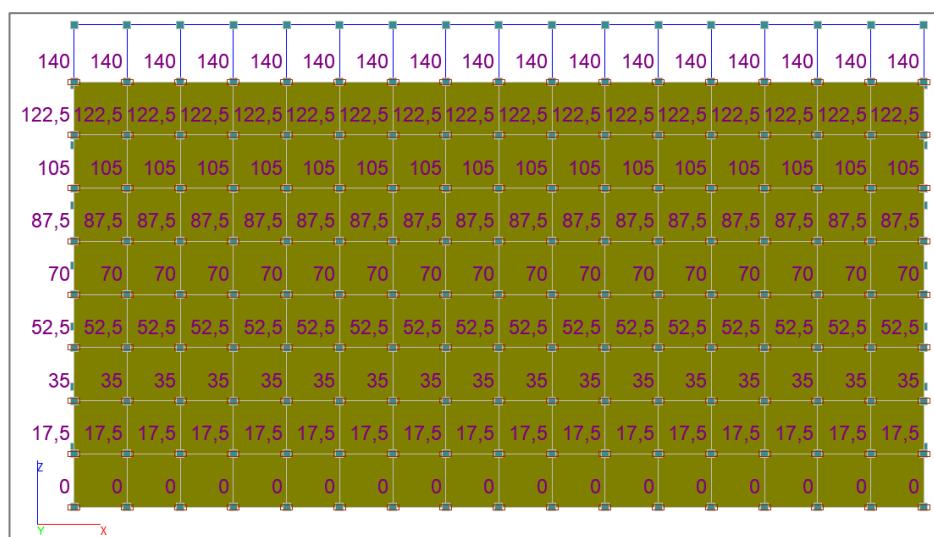


Рис. 7. Файл «ОбъемЛин21». Перемещения по Z

Здесь $\Delta_{fh} = 140,0$ мм, $\varepsilon_{fh}^M = 140/2000 = 0,070 < \varepsilon_{fh} = 0,100$.

Объемную деформацию нужно увеличивать. Делаем это пропорционально полученному соотношению между деформациями:

$$\varepsilon_{fV} = 0,09 \frac{0,100}{0,070} = 0,1286.$$

Тогда $\varepsilon_l = 0,1286/3 = 0,0429$, $\Delta T = \frac{0,0429}{5 \times 10^{-5}} = 858$ (К). Файл

«ОбЛин22», фактические расчетные перемещения показаны на рис. 8.

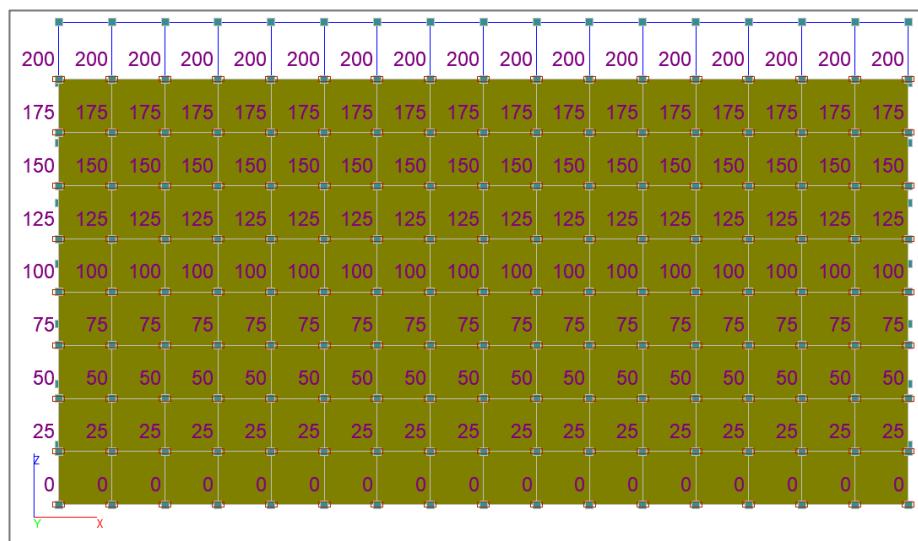


Рис. 8. Файл «ОбъемЛин22». Перемещения по Z

Здесь $\Delta_{fh}^M = 200$ мм, $\varepsilon_{fh}^M = 200/2000 = 0,100 = \varepsilon_{fh} \equiv 0, \varepsilon_{fh} = 0,100$.

Поскольку расчетная линейная деформация морозного пучения стала равна экспериментальной нормативной, то можно принять, что при расчетной глубине промерзания $d_f = 2,00$ м нормативной линейной деформации морозного пучения $\varepsilon_{fh} \equiv 0,100$ соответствует нормативная объемная деформация морозного пучения $\varepsilon_{fV} = 0,1286$.

Аналогичным образом для назначеннной величины линейной деформации морозного пучения можно найти соответствующую ей величину объемной деформации морозного пучения при любой другой глубине промерзания, не конкретизируя при этом физико-механические характеристики грунта, используемые при определении параметра R_f по формуле (3).

Существенное замечание к результатам, полученным в примерах 1 и 2, состоит в том, что объемная деформация морозного пучения, которую требуется назначить для обеспечения рассматриваемой нормативной линейной деформации, оказывается больше, чем относительное увеличение объема льда при замерзании воды, равное 0,08. Для решения краевых задач по расчету подземных сооружений это не имеет принципиального значения, однако какая-то разумная трактовка этих неправдоподобно больших объемных деформаций все же требуется.

Отметим также еще раз, что глубина промерзания, вероятно, не может быть назначена произвольно. Она косвенно присутствует в формуле (3) для R_f в виде параметра M_0 , который также учитывается при определении нормативного значения глубины промерзания. Поэтому правильнее будет действовать так: 1) назначить грунт; 2) по его параметрам вычислить d_f и R_f ; 3) по значению R_f определить ε_{fh} и затем уже подбирать нужную объемную деформацию ε_{fv} , чтобы ε_{fh}^M совпала с ε_{fh} . Поэтому вряд ли целесообразно получать объемные деформации для независимо назначаемых параметров R_f , ε_{fh} и d_f : d_f связано с R_f параметром M_0 , и для выявления этой связи нужно принимать во внимание еще многие характеристики конкретного грунта. А для правильного получения ε_{fh} нужен еще и правильный коэффициент Пуассона. Поэтому при построении достоверной зависимости объемной деформации морозного пучения грунта от его нормативной линейной деформации нужно рассматривать грунт со вполне определенными физико-механическими характеристиками в конкретных климатических условиях, определяющих глубину промерзания. Это достаточно трудоемкая и долговременная задача, на решение которой планируем направить усилия в ближайшем будущем.

Список использованных источников

1. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: НИИОСП, 2004. – 130 с.

2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. – М.: Министерство строительства и ЖКХ, 2016. - 220 с.
3. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.
4. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. – М.: Министерство строительства и ЖКХ, 2020. - 146 с.
5. Роман Л.Т., Котов П.И., Царапов М.Н. Модуль деформации вечномерзлых грунтов при компрессионных испытаниях // Основания, фундаменты и механика грунтов – 2016. – № 5. – С. 35-40.

Kotov A.A., candidate of technical Sciences, associate professor, Institute of Applied Arctic Technologies of Murmansk Arctic University, kotovaa@mauniver.ru.

Prezhin S.D., chief lecturer, Institute of Applied Arctic Technologies of Murmansk Arctic University, prezhhinsd@mauniver.ru.

Kairov T.V., chief lecturer, Institute of Applied Arctic Technologies of Murmansk Arctic University, kairovtv@mauniver.ru.

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF VOLUMETRIC DEFORMATION OF FROST HEAVING OF SOIL BASED ON EXPERIMENTAL DATA ON LINEAR VERTICAL DEFORMATION

Abstract: A method is proposed for determining the amount of volumetric deformation of frost heaving of soil according to the standard values of linear deformation presented in the current codes of rules. The technique is based on the finite element method solution of a boundary value problem for a confined frozen soil mass, open only from above. Volumetric deformations of frost heaving are necessary to calculate the pressure forces of frost heaving on the vertical walls of underground structures.

Keywords: frost heaving of soil; finite element method; impact by deformations; boundary value problems.

УДК 65.011.56

Канделябров Е.С., магистр 2 курса спец. «Автоматизация ТП и П»,

Пономаренко Д.А., кандидат технических наук, доцент кафедры А и ВТ, ФГАО ВО «Мурманский арктический университет».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Аннотация: Статья представляет собой обзор современных исследований и практик применения гибких методологий в автоматизированном производстве. Рассмотрены примеры успешного внедрения Agile в различных отраслях, проведен анализ эффективности этих подходов для автоматизации сложных информационных систем. Особое вниманиеделено инструментам управления проектами, таким как JIRA и TFS, которые используются для реализации гибких методологий. Обсуждаются вызовы, связанные с внедрением гибких методов, включая необходимость изменения организационной культуры, адаптацию к техническим ограничениям и учет экологических аспектов, предложены рекомендации для преодоления этих вызовов.

Ключевые слова: гибкая методология разработки; автоматизация производственных систем; Scrum; Гибкие методы разработки; Agile; автоматизация производства; сложные информационные системы; Industry 4.0; цифровизация производства; итеративная разработка; управление проектами; производственные процессы; программное обеспечение для производства.

Введение

В условиях стремительного развития технологий и возрастающей конкуренции на рынке автоматизированного производства, компании сталкиваются с необходимостью внедрения инновационных подходов к управлению проектами и разработке сложных производственных систем. Одним из таких подходов являются гибкие методы разработки, такие как Agile, Scrum, Kanban и SAFe, которые уже доказали свою эффективность в IT-сфере и начинают активно применяться в других отраслях, включая нефтегазовую промышленность, авиастроение и энергетику. Эти методологии позволяют организациям быстро адаптироваться к изменениям, повышать качество продукции, снижать риски и улучшать взаимодействие между командами и заказчиками.

Данная статья представляет собой обзор современных исследований и практик применения гибких методов разработки в автоматизированном

производстве. В статье рассмотрены ключевые источники, посвященные внедрению Agile и его адаптации в различных отраслях, а также проведен анализ эффективности и полезности этих методологий для автоматизации сложных производственных систем. Каждый из рассмотренных источников предлагает уникальный взгляд на применение гибких методов, что позволяет сформировать комплексное понимание их преимуществ и ограничений.

Цель исследования — обобщить опыт использования гибких методов разработки в автоматизированном производстве, выделить ключевые аспекты их внедрения и предложить рекомендации для дальнейшего применения. В статье также рассматриваются примеры попыток внедрения Agile в нефтегазовой отрасли, авиастроении и энергетике, что позволяет оценить потенциал этих методологий для повышения эффективности производственных процессов.

Материалы и методы

Для проведения анализа и обзора применения гибких методов разработки в автоматизации сложных производственных систем были использованы следующие материалы и методы:

1. **Тематический поиск информации:** в рамках исследования был проведен систематический поиск научной литературы, включая статьи, монографии, доклады и материалы конференций, посвященные применению гибких методологий (Agile, Scrum, Kanban, SAFe) в различных отраслях, таких как нефтегазовая промышленность, авиастроение и энергетика. Поиск осуществлялся в базах данных научных публикаций, таких как CyberLeninka, ResearchGate, а также на официальных сайтах компаний, использующих гибкие методы. Основное внимание удалено статьям, опубликованным за последние 5 лет, чтобы обеспечить актуальность данных.

2. **Анализ научной литературы:** проведен анализ современных исследований, посвященных внедрению гибких методов в автоматизированное производство. Особое внимание удалено статьям, которые рассматривают адаптацию Agile-подходов к специфике сложных производственных систем, а также их влияние на повышение эффективности производственных процессов.

3. Изучение кейсов внедрения: в рамках исследования были рассмотрены практические примеры внедрения гибких методов в нефтегазовой отрасли, авиастроении и энергетике. Анализ кейсов позволил выявить ключевые факторы успешного внедрения, а также проблемы, с которыми сталкиваются компании. Рассмотрены преимущества и ограничения методов, а также особенности их внедрения в различных отраслях.

4. Использование инструментов управления проектами: изучены инструменты управления проектами, такие как JIRA, TFS и другие, которые используются для реализации гибких методологий. Особое внимание уделено их функциональности и возможностям адаптации к специфике сложных производственных систем.

Результаты и обсуждения

Суть гибких методов разработки изложена в труде [1] Вольфсон Б. «Гибкие методологии». Все гибкие методы объединяет нацеленность на скорейшее получение результатов от внедрения систем автоматизации и управления. В зависимости от методов различаются подходы к достижению конечной цели.

Вызовы и проблемы, с которыми сталкиваются компании при внедрении Agile в производственных областях, исследует Рошни в своей статье «Применение Agile в отраслях за пределами IT: систематический обзор литературы» [17]. Основная цель исследования — выявить общие проблемы, связанные с внедрением Agile, и предложить возможные решения для их преодоления. В статье предлагаются различные решения для преодоления вызовов, включая: ежедневные встречи (Daily Scrum): для улучшения коммуникации и координации между командами; гибкое управление ресурсами: распределение ресурсов на короткие итерации для минимизации рисков; культурная адаптация: повышение осведомленности о культурных различиях и обучение сотрудников принципам Agile.

Далее рассмотрены основные вопросы и результаты использования Agile, Scrum, Kanban, SAFe методик в разрезе проанализированных примеров внедрения гибких методов разработки на производстве.

1. «Анализ и оптимизация складских систем»

В статье [8] Яковлева С.С. и Волошко А.Г. рассматриваются проблемы проектирования и модернизации складских систем, выделяются два основных направления: проектирование складских помещений и автоматизация процессов учета и мониторинга. Авторы предлагают использовать комбинированный метод, сочетающий традиционный подход и Agile-методологию, что позволяет гибко реагировать на изменения и внедрять современные технологии, такие как IoT и искусственный интеллект.

Результат: использование гибких методов разработки в складских системах позволяет повысить эффективность управления запасами, оптимизировать логистические процессы и снизить затраты на эксплуатацию.

2. «К вопросу развития гибких производственных систем»

Лосев В.В. и Калинин О.А. в статье [7] рассматривают гибкие производственные системы (ГПС) как важный элемент современного промышленного производства. Авторы подчеркивают, что ГПС объединяют методы роботизации, автоматизации и логистики, что позволяет быстро адаптироваться к изменениям спроса и повышать эффективность производства. В статье также обсуждаются перспективы внедрения технологий машинного зрения и искусственного интеллекта для контроля технологических процессов.

Результат: гибкие производственные системы, основанные на Agile-подходах, позволяют повысить гибкость и адаптивность производства, что особенно важно в условиях быстро меняющегося рынка.

3. «Концепция создания гибкого серийного сборочного производства агрегатов гражданских самолетов нового поколения на ОАО «ВАСО»

В.В. Самохвалов в своей статье [4] предлагает концепцию гибкого серийного производства, основанного на использовании современных технологий, таких как 3D-моделирование, автоматизированные системы управления и цифровое производство. В статье описываются современные технологии (автоматизированные клетки, координатно-измерительные машины

(КИМ) и лазерные сканеры), которые позволяют повысить точность и качество сборки. Автор также предлагает использовать специализированное программное обеспечение TeamCenter и SAP, для управления производственными процессами. Автор подчеркивает важность внедрения гибких методов управления для снижения трудоемкости и повышения ритмичности производства.

Результат: использование гибких методов разработки в авиастроении позволяет сократить время на проектирование и внедрение новых моделей, что повышает конкурентоспособность предприятия.

4. «Скрам-метод управления инновационными проектами в машиностроении и оценка его эффективности (на примере автомобильного стартап-проекта «Крым»)»

В статье [3] авторы Денисенко Е.В. и Малинин В.Л. анализируют применение Scrum-метода в автомобилестроении на примере стартапа «Крым». Авторы подчеркивают, что Scrum позволяет гибко управлять проектами, быстро реагировать на изменения и минимизировать риски. В статье также обсуждаются преимущества использования Scrum для ускорения коммерциализации инновационных проектов.

Результат: Scrum-методология является эффективным инструментом для управления инновационными проектами в машиностроении, позволяя ускорить процесс разработки и повысить качество конечного продукта.

5. «Цифровая трансформация и инновационные модели управления в промышленном комплексе: вызовы и возможности для повышения конкурентоспособности»

В статье Мартыновой Ю.А. [2] рассматривается цифровая трансформация как ключевой фактор повышения конкурентоспособности промышленных предприятий. Автор подчеркивает важность внедрения инновационных моделей управления, таких как Agile и Scrum, для оптимизации бизнес-процессов и повышения эффективности производства.

Результат: цифровая трансформация и использование гибких методов управления позволяют промышленным предприятиям адаптироваться к изменениям на рынке и повышать свою конкурентоспособность.

6. «Применение технологии «Agile» в нефтегазовой отрасли»

В статье Шафигуллиной Г.Г., Пуряева Р.А. и Пуряева А.С. [5] рассматриваются практические аспекты применения технологии Agile в нефтегазовой отрасли. Авторы предлагают расширенную модель инструмента Scaled Agile Framework (SAFe), которая включает новую ценность — «Сохранение окружающей среды» и роль «Эко-советник». Эта модель направлена на повышение эффективности управления проектами в условиях нестабильной внешней среды и учитывает экологические аспекты, что особенно важно для нефтегазовой отрасли. Авторы предполагают внедрить данную модель в ПАО «Татнефть».

Авторы также отмечают, что SAFe позволяет управлять несколькими командами и проектами одновременно, что особенно важно для крупных нефтегазовых компаний, где масштабность и количество проектов требуют более сложного управления. Внедрение SAFe помогает координировать работу между различными командами, управлять рисками и обеспечивать прозрачность взаимодействия.

Результат: внедрение Agile в нефтегазовой отрасли позволяет повысить эффективность управления проектами, однако требует адаптации методологий к специфике отрасли, включая экологические аспекты.

7. «Гибкие технологии в разработке программного обеспечения для систем поддержки принятия решений»

Статья Тиханьчева О.В. [10] посвящена применению гибких технологий в разработке программного обеспечения для автоматизированных систем поддержки принятия решений (СППР). Автор анализирует различные методологии разработки ПО, такие как RUP, RAD, MSF и Agile, и приходит к выводу, что для разработки СППР наиболее эффективны «гибкие» подходы, такие как Scrum. Scrum позволяет быстро адаптироваться к изменениям требований и

обеспечивает высокую вовлеченность заказчика в процесс разработки. В статье также рассматриваются инструменты для реализации Scrum, такие как TFS и JIRA, которые позволяют эффективно управлять проектами и контролировать выполнение задач.

Результат: гибкие методологии, такие как Scrum, наиболее подходят для разработки сложных информационных систем, где требования часто меняются, а вовлеченность заказчика играет ключевую роль.

8. «Использование Agile в проектировании АЭС»

В статье Парамонова Д. и др. [9] описывается опыт применения гибких методологий Agile в проектировании атомных электростанций (АЭС). Авторы подчеркивают, что Agile позволяет ускорить процесс оптимизации проектов, улучшить взаимодействие между командами и заказчиком, а также повысить качество принимаемых решений. В статье описывается, как методология Scrum была адаптирована для оптимизации дизайн-проекта АЭС «Ханхикиви-1». В результате применения Agile объем зданий ядерного острова был снижен на 26%, что позволило сократить затраты без ущерба для безопасности и надежности.

Результат: Agile может успешно применяться в проектировании сложных технических объектов, таких как АЭС, позволяя ускорить процесс оптимизации и улучшить качество проектных решений.

9. Использование Agile и Scrum в компаниях мирового уровня

В данном подразделе собраны сводные материалы по использованию гибких методологий разработки мировыми промышленными гигантами.

9.1. ABB: SCRUM, Agile

На официальном сайте компании ABB [12], [13] представлены результаты поискового запроса по ключевому слову "SCRUM". Это свидетельствует о том, что компания ABB, являющаяся одним из мировых лидеров в области энергетики и автоматизации, активно использует методологию Scrum в своих проектах. Scrum, как часть Agile-подходов, позволяет ABB эффективно управлять разработкой сложных технических решений, ускорять процессы и улучшать взаимодействие между командами. Наличие информации о Scrum в открытом

доступе подчеркивает, что АВВ интегрирует гибкие методы в свои бизнес-процессы, что способствует повышению качества продукции и удовлетворенности клиентов.

На сайте АВВ [13] также представлены результаты поиска по запросу "Agile", что указывает на широкое применение Agile-методологий в компании. Agile, как гибкий подход к управлению проектами, позволяет АВВ быстро адаптироваться к изменениям на рынке, улучшать качество продукции и повышать эффективность работы команд. Открытая информация о применении Agile подчеркивает, что компания активно внедряет современные методы управления для оптимизации своих процессов.

Результат: использование Scrum и Agile в АВВ демонстрирует, что гибкие методы разработки находят применение даже в высокотехнологичных отраслях, таких как энергетика и автоматизация, что позволяет компаниям оставаться конкурентоспособными на мировом рынке.

9.2. Schneider Electric: Agile

На сайте Schneider Electric [14] представлены результаты поиска по запросу "Agile", что свидетельствует о внедрении гибких методологий в процессы компании. Schneider Electric, как мировой лидер в области управления энергией и автоматизации, использует Agile для улучшения качества разработки продуктов и ускорения вывода инноваций на рынок. Наличие информации об Agile в открытом доступе подчеркивает, что компания активно делится своим опытом и демонстрирует приверженность современным подходам к управлению.

Результат: использование Agile в Schneider Electric подтверждает, что гибкие методы разработки являются ключевым фактором успеха в высокотехнологичных отраслях, где скорость и качество разработки играют критическую роль.

9.3. Toyota Global Newsroom: Corporate

На сайте Toyota Global Newsroom [15] представлена информация о корпоративных новостях, включая использование Agile-методов. Toyota, известная своими инновационными подходами к производству, такие как система

"бережливого производства" (Lean), также активно внедряет Agile для управления проектами и разработки новых продуктов. Это позволяет компании сохранять лидирующие позиции на рынке и быстро реагировать на изменения в потребностях клиентов.

Результат: применение Agile в Toyota демонстрирует, что гибкие методы разработки могут успешно интегрироваться с традиционными подходами, такими как Lean, что позволяет компаниям достигать новых уровней эффективности и инновационности.

9.4. Siemens: Agile

На сайте Siemens [16] представлены результаты поиска по запросу "Agile methods", что указывает на использование гибких методологий в компании. Siemens, как один из мировых лидеров в области промышленной автоматизации и цифровизации, применяет Agile для управления сложными проектами и разработки инновационных решений. Наличие информации об Agile в открытом доступе подчеркивает, что компания активно делится своим опытом и демонстрирует приверженность современным подходам к управлению.

Результат: использование Agile в Siemens подтверждает, что гибкие методы разработки являются важным инструментом для повышения эффективности управления проектами в условиях цифровой трансформации и промышленной автоматизации.

Заключение

В данной статье был проведен обзор современных исследований и практик применения гибких методов разработки, таких как Agile, Scrum, Kanban и SAFe, в контексте автоматизации сложных производственных систем. Рассмотрены ключевые аспекты внедрения этих методологий в различных отраслях, включая нефтегазовую промышленность, авиастроение и энергетику. Основное внимание уделено адаптации гибких подходов к специфике производственных процессов, а также их влиянию на повышение эффективности, качества продукции и снижение рисков.

Анализ литературы и практических кейсов показал, что гибкие методы разработки позволяют организациям быстро адаптироваться к изменениям, улучшать взаимодействие между командами и заказчиками, а также повышать прозрачность и управляемость проектов. Внедрение Agile-подходов в нефтегазовой отрасли, авиастроении и энергетике демонстрирует их потенциал для оптимизации производственных процессов, сокращения времени на разработку и внедрение новых технологий. Однако успешное применение гибких методологий требует значительных изменений в организационной культуре, а также адаптации к специфике каждой отрасли, включая учет экологических аспектов и технических ограничений.

Особое внимание в статье уделено использованию гибких методов в разработке программного обеспечения для систем поддержки принятия решений, где Scrum доказал свою эффективность благодаря высокой вовлеченности заказчика и способности быстро реагировать на изменения требований. Также рассмотрены примеры успешного применения Agile в проектировании атомных электростанций, где методология позволила сократить затраты и улучшить качество проектных решений.

Выводы и анализ перспектив развития

1. Адаптация гибких методов в различных отраслях: гибкие методологии, такие как Agile, Scrum и Kanban, уже доказали свою эффективность в IT-сфере, но их применение в других отраслях, таких как нефтегазовая промышленность, авиастроение и энергетика, требует адаптации к специфике каждой отрасли.

2. Повышение эффективности производственных процессов: гибкие методы разработки способствуют повышению скорости разработки, улучшению качества продукции и снижению рисков. Внедрение Agile в проектировании атомных электростанций позволило сократить объем зданий ядерного острова на 26%, что привело к снижению затрат без ущерба для безопасности и надежности. Это свидетельствует о том, что гибкие методы могут быть успешно применены даже в таких сложных и высокорисковых отраслях, как атомная энергетика.

3. Интеграция с традиционными подходами: в таких компаниях, как Toyota, гибкие методы разработки успешно интегрируются с традиционными подходами, такими как Lean. Это позволяет компаниям достигать новых уровней эффективности и инновационности, сохраняя при этом лидирующие позиции на рынке. Подобная интеграция может быть полезна и для других отраслей, где традиционные методы управления проектами уже укоренились.

4. Использование инструментов управления проектами: инструменты управления проектами, такие как JIRA и TFS, играют ключевую роль в реализации гибких методологий. Они позволяют эффективно управлять задачами, контролировать выполнение проектов и обеспечивать прозрачность взаимодействия между командами. Внедрение таких инструментов в нефтегазовой отрасли и авиастроении показало, что они способствуют улучшению коммуникации и координации между различными командами, что особенно важно для крупных проектов.

5. Вызовы и перспективы: несмотря на очевидные преимущества, внедрение гибких методов разработки сопряжено с рядом вызовов. К ним относятся необходимость изменения организационной культуры, адаптация к техническим ограничениям и учет экологических аспектов. Однако, как показали исследования, эти вызовы могут быть преодолены с помощью таких решений, как ежедневные встречи (Daily Scrum), гибкое управление ресурсами и культурная адаптация. В будущем можно ожидать дальнейшего развития и адаптации гибких методологий для различных отраслей, что позволит компаниям оставаться конкурентоспособными в условиях цифровой трансформации.

6. Перспективы развития: в условиях стремительного развития технологий и цифровизации производства гибкие методы разработки становятся важным инструментом для повышения конкурентоспособности предприятий. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку универсальных подходов к внедрению Agile в различных отраслях, а также на оценку долгосрочных эффектов от их применения. Особое внимание следует уделить интеграции гибких методов с новыми технологиями, такими как искусственный

интеллект, машинное обучение и IoT, что может открыть новые возможности для оптимизации производственных процессов.

Список использованных источников

1. Вольфсон Б. Гибкие методологии [Электронный ресурс]. – URL: https://www.itru.ru/wp-content/uploads/2019/04/Борис_Вольфсон_Гибкие_методологии.pdf (дата обращения: 17.02.2025).
2. Мартынова Ю.А. Цифровая трансформация и инновационные модели управления в промышленном комплексе: вызовы и возможности для повышения конкурентоспособности [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-i-innovatsionnye-modeli-upravleniya-v-promyshlennom-komplekse-vyzovy-i-vozmozhnosti-dlya-povysheniya> (дата обращения: 17.02.2025).
3. Денисенко Е.В., Малинин В.Л. Скрам-метод управления инновационными проектами в машиностроении и оценка его эффективности (на примере автомобильного стартап проекта "Крым") [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/skram-metod-upravleniya-innovatsionnymi-proektami-v-mashinostroenii-i-otsenka-ego-effektivnosti-na-primere-avtomobilnogo-startap> (дата обращения: 17.02.2025).
4. Самохвалов В.В. Концепция создания гибкого серийного сборочного производства агрегатов гражданских самолетов нового поколения на ОАО "BACO" [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-sozdaniya-gibkogo-seriynogo-sborochnogo-proizvodstva-agregatov-grazhdanskikh-samoletov-novogo-pokoleniya-na-oao-vaso> (дата обращения: 17.02.2025).
5. Шафигуллина Г.Г., Пуряев Р.А., Пуряев А.С. Применение технологии «agile» в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/126844/1/978-5-9544-014-8_2023_079.pdf (дата обращения: 17.02.2025).

6. Смирнов Н. Ускоряя «Северсталь»: сировый металлургический Agile [Электронный ресурс]. – URL: <https://cio.osp.ru/articles/081118-Uskoryaya-Severstal-surovyy-metallurgicheskiy-Agile> (дата обращения: 18.02.2025).
7. Лосев В.В., Калинин А.О. К вопросу развития гибких производственных систем [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-razvitiya-gibkih-proizvodstvennyh-sistem> (дата обращения: 20.02.2025).
8. Яковлев С.С., Волошко А.Г. Анализ и оптимизация складских систем [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-optimizatsiya-skladskih-sistem> (дата обращения: 20.02.2025).
9. Управление производством. AGILE в проектировании: эффективнее, дешевле, безопаснее [Электронный ресурс]. – URL: https://up-pro.ru/library/project-management/project_management/agile-proektirovanie/ (дата обращения: 20.02.2025).
10. О гибких технологиях в разработке программного обеспечения систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-gibkih-tehnologiyah-v-razrabotke-programmnogo-obespecheniya-sistem-podderzhki-prinyatiya-resheniy> (дата обращения: 20.02.2025).
11. Applying Agile Principles and Methods in Industries Outside IT Landscape: A Systematic Literature Review [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/379925289_Applying_Agile_Principles_and_Methods_in_Industries_Outside_IT_Landscape_A_Systematic_Literature_Review (дата обращения: 22.02.2025).
12. ABB: SCRUM [Электронный ресурс]. – URL: <https://new.abb.com/search/en/results#query=SCRUM#lang=en> (дата обращения: 22.02.2025).
13. ABB: Agile [Электронный ресурс]. – URL: <https://new.abb.com/search/en/results#query=Agile#lang=en> (дата обращения: 22.02.2025).

14. Schneider Electric: Agile [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.se.com/ww/en/search/?q=Agile&submit+search+query=Search> (дата обращения: 22.02.2025).

15. Toyota Global Newsroom: Corporate [Электронный ресурс]. – URL: <https://global.toyota/en/newsroom/corporate33685428.html> (дата обращения: 22.02.2025).

16. Siemens: Agile methods [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.siemens.com/global/en/search.html?originLanguage=EN&originRegion=GLOBAL&q=Agile+methods&tab=global> (дата обращения: 22.02.2025).

17. Roshni. Applying Agile Principles and Methods in Industries Outside IT Landscape: A Systematic Literature Review [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/379925289_Applying_Agile_Principles_and_Methods_in_Industries_Outside_IT_Landscape_A_Systematic_Literature_Review (дата обращения 24.02.2025).

Kandelyabrov E. S., 2nd year master's degree in "Automation of TP and P"

Ponomarenko D. A., candidate of technical Sciences, Murmansk Arctic University

THE USE OF FLEXIBLE DEVELOPMENT METHODS IN THE AUTOMATION OF COMPLEX MANUFACTURING SYSTEMS

Abstract: The article provides an overview of contemporary research and practices in the application of flexible methodologies in automated production. It includes examples of successful Agile implementations in various industries. Special attention is given to project management tools, such as JIRA and TFS. The article also discusses the challenges associated with the adoption of flexible methods, including the need for organizational culture change, adaptation to technical constraints, and consideration of environmental aspects.

Key words: flexible development methodology; automation of information system; Scrum; agile development methods; Agile; production automation; complex information systems; Industry 4.0; digitalization of production; iterative development; project management; production processes; production software.

УДК 628.81

Потапов Н.С., старший преподаватель кафедры автоматики и вычислительной техники, Институт интеллектуальных систем и цифровых технологий ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», potapovns@mauniver.ru

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО ОТОПЛЕНИЮ ПОМЕЩЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

Аннотация: В данной статье рассматривается процесс расчета и оценки полиномиальных моделей энергопотребления по отоплению помещений модельного объекта. Представлены результаты моделирования по зависимостям энергопотребления конвекторов от внешней температуры воздуха на основе показаний измерительных приборов модельного объекта, снятых в период с 2022 по 2024 гг. Также представлены результаты сравнительного анализа полученных моделей по среднеквадратичной ошибке и коэффициенту детерминации r^2 .

Ключевые слова: энергопотребление, зеленое строительство, температура, отопление помещений, математическое моделирование

Отопление жилых и производственных помещений является одним из ключевых направлений развития инфраструктуры Арктической зоны. Оно охватывается широким кругом мероприятий по обеспечению энергоэффективности, среди которых следует упомянуть использование возобновляемых и альтернативных источников энергии, реконструкцию и модернизацию выработавших ресурс энергетических установок, а также внедрение энергосберегающих материалов и технологии. Реализацию данных мероприятий можно рассмотреть на примере строительства энергосберегающих домов, где акцент делается на снижении потерь тепла, обеспечении рационального потребления ресурсов, а также внедрении автоматизированных систем управления жилым домом [1, с.73].

Для энергосберегающих домов рассматривается возможность использования автономных источников теплоснабжения, в которых источник тепла рассчитан на одного или нескольких потребителей, связанных между собой на технологической или организационно-правовой основе [2, с.5]. В случаях, когда жизненный цикл таких домов выстраивается по технологии

зеленого строительства, для отопления дополнительно накладывается ограничение по используемым топливным ресурсам. В этом свете наиболее приемлемым с точки зрения сокращения влияния на окружающую среду является электрическое теплоснабжение, которое характеризуется следующими преимуществами (по сравнению с традиционными системами теплоснабжения):

- Простота монтажа и технического обслуживания оборудования;
- Отсутствие вредных выбросов в атмосферу при выработке тепла;
- Возможность применения алгоритмов управления для регулирования температуры в помещении.

Однако существует ряд факторов, который препятствует повсеместному распространению электрических систем теплоснабжения. В частности, такие системы (которые, как правило, работают по принципу конвекции) не способны обеспечить равномерный нагрев в больших помещениях. Определяющим же фактором является прямая зависимость систем от электроснабжения и, следовательно, от затрат электроэнергии на обогрев. Эти затраты, в свою очередь, зависят от следующих факторов:

- Мощность нагревательных элементов;
- Внешние погодные условия и связанные с ними климатические показатели (температура, влажность, скорость ветра и т.д.);
- Теплоизоляция помещения;
- Объем отапливаемого помещения.

Последние два фактора фиксируются на этапе разработки и строительства здания и впоследствии не могут быть изменены без дополнительных монтажных работ и финансовых и ресурсных затрат.

С учетом вышеописанного ставится задача снижения энергозатрат, требуемых для обеспечения желаемого температурного режима.

Первым шагом при решении этой задачи является определение зависимости энергозатрат от совокупности внешних факторов и получение её математического описания в виде полиномиальной модели. Важным условием является управляемость процесса отопления, который заключается в

поддержании температуры обогреваемого помещения на строго заданном уровне (установке по температуре). Подобная система стабилизации может быть реализована на базе управляемой электрической системы теплоснабжения.

Для изучения энергопотребления системы теплоснабжения и получения полиномиальных моделей были проанализированы данные, собранные в период с 2022 по 2024 гг. с модельного объекта – двухсекционного деревянного здания, расположенного на территории Мурманского арктического университета [3, с.37]. За отопление в секциях модельного объекта отвечают электрические конвекторы GLAMOX H40 Н в комплектации с беспроводными терmostатами WT. Терmostаты позволяют регулировать температуру в помещении в диапазоне от 6 до 35 °С и обладают высокой точностью реагирования на колебания температуры. Настройка может быть произведена дистанционно (через WiFi с помощью отдельно загружаемого мобильного приложения), однако допускается работа в локальном режиме; в этом случае терmostат работает как обычный электронный терmostат, поддерживающий заданную вручную температуру. Внешний вид конвектора представлен на рисунке 1, технические характеристики задействованных в объекте конвекторов представлены в таблице 1.



Рис. 1. Конвектор GLAMOX H40 Н

Таблица 1. Технические характеристики конвекторов GLAMOX H40 Н

	Наименование	Мощность, Вт	Размер отапливаемой комнаты, м ³	Габариты (В×Ш×Г), мм
1	H40 Н 06	600	8	330×635×87
2	H40 Н 08	800	10	330×750×87
3	H40 Н 14	1400	18	330×1094×87
4	H40 Н 20	2000	25	330×1403×87

Из полученных массивов данных были извлечены следующие значения:

- Измеренные температуры воздуха внутри секций объекта (датчики групп 1 и 2);
- Измеренные температуры воздуха снаружи объекта (датчики групп 8 и 9);
- Показания электрических счетчиков, фиксирующих потребление электроэнергии со стороны потребителей (отдельно в срубной и каркасной частях объекта).

Данные значения были впоследствии отфильтрованы по диапазонам, границы которых задавались временными метками, соответствующими определенному событию, например, включению конвекторов на фиксированную температуру или открытию окна на проветривание в исследуемом помещении.

Результаты фильтрации были выведены на временные графики, общий вид которых представлен на рисунке 2. На графике отображается динамика изменения усредненной внутренней (синее облако точек) и усредненной внешней (синяя сплошная линия) температур воздуха, а также количественно выраженное энергопотребление (зеленое облако точек), выведенное из показаний электрических счетчиков. Как правило, в опрашиваемый период действует фиксированная уставка конвектора по температуре, поэтому температура внутри помещения выдерживается на одном уровне (с незначительными отклонениями), а динамика роста энергопотребления во многом совпадает с динамикой изменения внешней температуры.

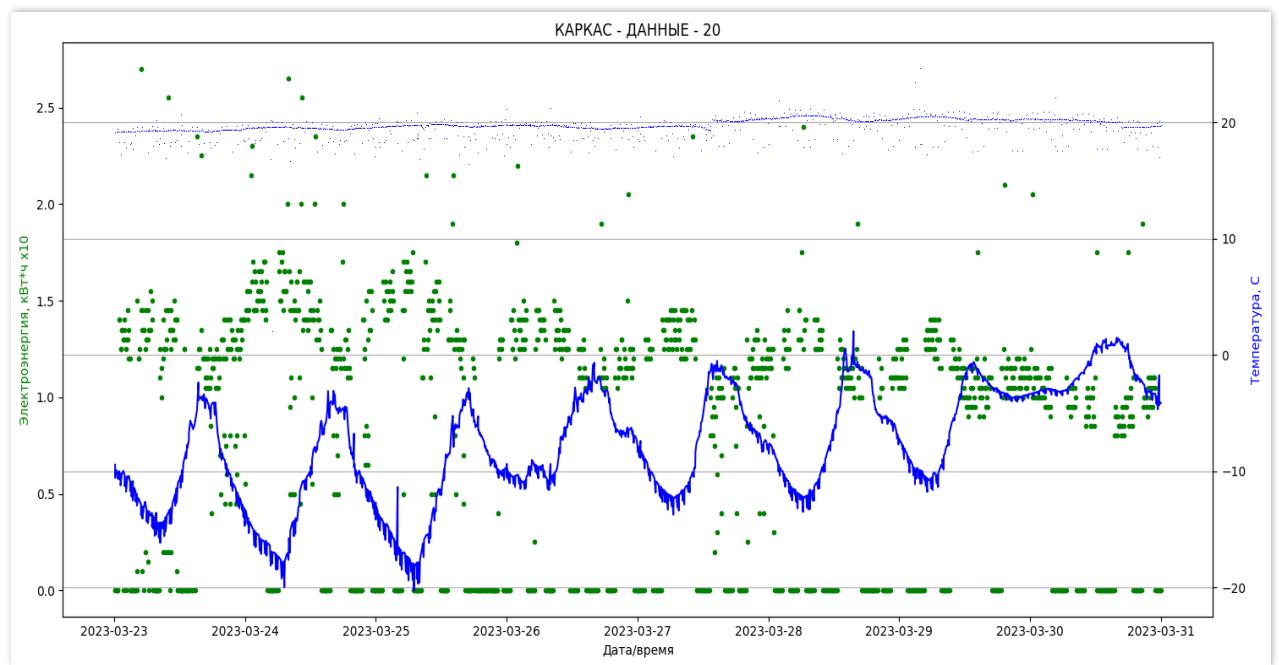


Рис. 2. График температур и энергопотребления (каркасная часть, выборка с 23.03.2023 по 31.03.2023 г.)

На основе полученных результатов были выведены зависимости «температура – энергопотребление», которые затем были представлены в виде облака точек. Общей чертой этих зависимостей является видимый тренд к снижению при приближении к уставке по температуре (т.е. чем выше температура снаружи, чем ближе эта температура к уставке для помещения, тем меньше энергии затрачивается на отопление помещения).

Для получения математического описания этого тренда были выведены линейные полиномиальные модели по методу наименьших квадратов. В общем виде эти модели могут быть описаны следующим уравнением:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_1^3 + b_4 x_1^4, \quad (1)$$

где y – выходная величина полинома (прогнозируемое энергопотребление),

$b_0 \dots b_4$ – коэффициенты полинома, рассчитываемые экспериментальным путем по избранному методу,

x_1 – управляемый фактор модели (наружная температура воздуха).

Приведенное выше уравнение описывает модель 4-го порядка, однако имеется возможность описания моделей меньшего порядка путем

приравнивания старших коэффициентов полинома к нулю (например, b_3 и b_4 для выведения модели 2-го порядка).

На рисунке 3 приведены графики полиномиальных моделей 1-го, 2-го, 3-го и 4-го порядков, которые были наложены на распределенные значения зависимости «температура – энергопотребление». В целом модели корректно описывают тренд, однако из-за большого распределения значений при применении на практике могут быть существенные отклонения.

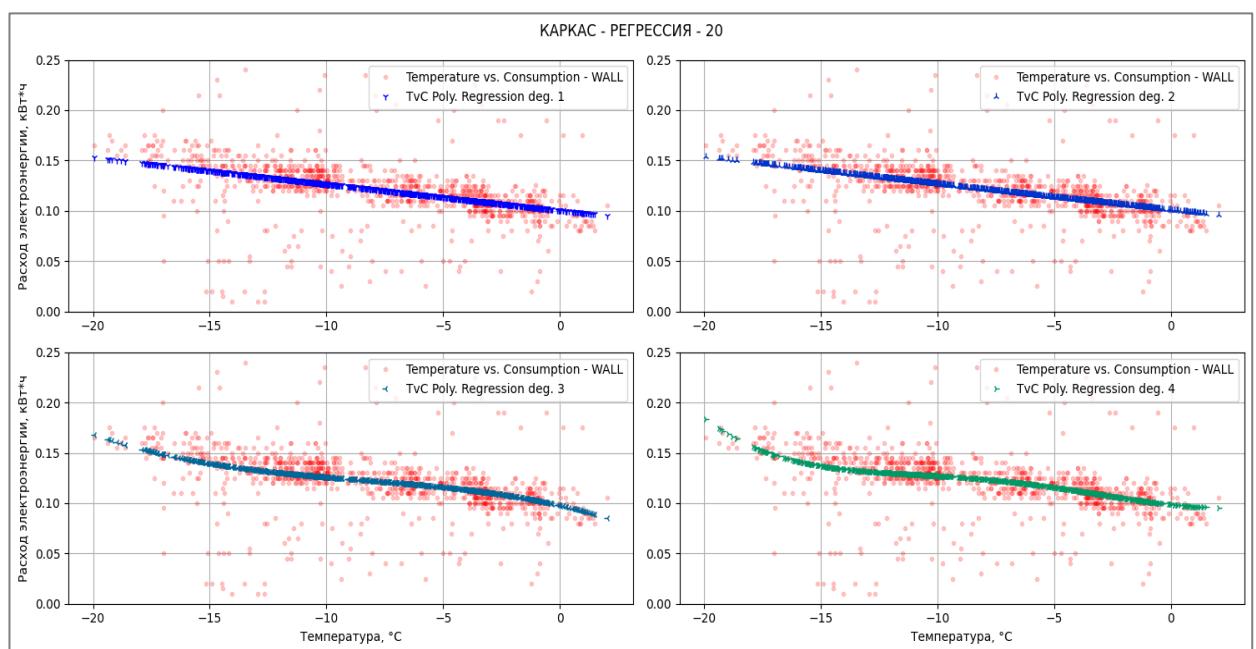


Рис.3. Графики полиномиальных моделей

Для более точной оценки выведенных моделей был проведен сравнительный анализ. В качестве критериев оценки были выбраны два показателя: среднеквадратичная оценка СКО и коэффициент детерминации r^2 . Последний показатель характеризует степень сходимости модели (величина $r^2 > 0.5$ считается приемлемой для линейной регрессии). Результат сопоставления для трех выборок различных диапазонов температур представлен в таблице 2. Результат по показателям варьируется в зависимости от распределения значений, на основе которого формировались модели.

Таблица 2. Сопоставление полиномиальных моделей

<u>Каркасная часть, выборка 1 (с 13.04.2022 по 07.05.2022 гг.), диапазон температур - -8...+12 °C</u>							
Порядок	Коэффициенты				Смещение b_0	СКО	r^2
	b_4	b_3	b_2	b_1			
1	-	-	-	-0.005456	0.075331	-0.000263	0.6189
2	-	-	0.000175	-0.006060	0.073541	-0.000273	0.6325
3	-	0.000005	0.000150	-0.006181	0.073840	-0.000273	0.6328
4	0.000001	-	0.000102	-0.005982	0.074041	-0.000274	0.6331
<u>Каркасная часть, выборка 5 (с 01.03.2022 по 14.03.2022 гг.), диапазон температур - -15...+5 °C</u> <th data-kind="ghost"></th>							
Порядок	Коэффициенты				Смещение b_0	СКО	r^2
	b_4	b_3	b_2	b_1			
1	-	-	-	-0.003263	0.067583	- 0.0000632	0.7384
2	-	-	-0.000020	-0.003468	0.067445	- 0.0000651	0.7391
3	-	- 0.000008	0.000109	-0.003103	0.067123	- 0.0000661	0.7420
4	0.0000007	0.000016	0.000154	-0.003116	0.066964	- 0.0000712	0.7422
<u>Каркасная часть, выборка 20 (с 23.03.2023 по 30.03.2023 гг.), диапазон температур - -20...+1 °C</u> <th data-kind="ghost"></th>							
Порядок	Коэффициенты				Смещение b_0	СКО	r^2
	b_4	b_3	b_2	b_1			
1	-	-	-	-0.002622	0.100709	-0.000792	0.1789
2	-	-	0.000008	-0.002489	0.101055	-0.000805	0.1789
3	-	- 0.000016	-0.000404	-0.005273	0.097570	-0.000800	0.1839
4	0.000002	0.000062	0.000419	-0.002606	0.098665	-0.000805	0.1869

Для визуального сопоставления графиков по полученным коэффициентам были отдельно построены графики, которые представлены на рисунке 4. Штрихпунктирной линией отмечены части графиков, полученные путем экстраполяций на температурах, для которых не было показаний в процессе формирования моделей. По графикам можно наблюдать заметные расхождения моделей высших порядков (3-ий и 4-ый) при экстраполяции, что свидетельствует

о невозможности их применения для предсказания энергопотребления даже при относительно высоком показателе r^2 .

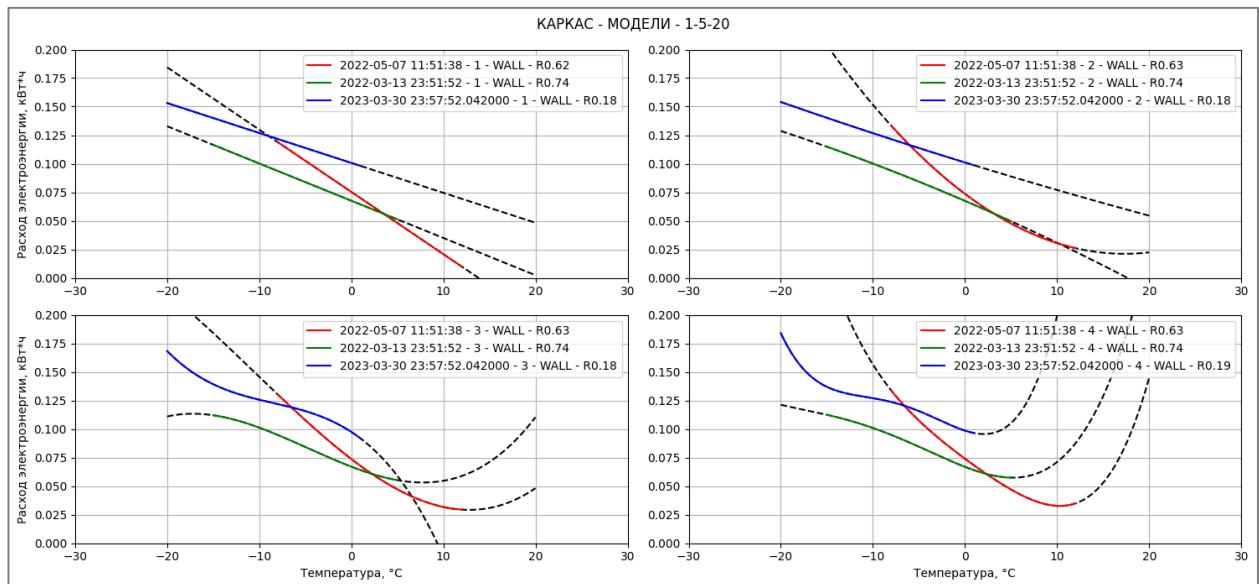


Рис.4. Графики моделей энергопотребления 1-го, 2-го, 3-го и 4-го порядков

В целом полученные модели дают приблизительную оценку энергоэффективности отопительного оборудования в помещении конкретного типа, что в дальнейшем может послужить основанием для его наладки или замены на более экономичный вариант. Однако, чтобы использовать эти модели на практике, их необходимо доработать, ориентируясь на следующие аспекты:

- Дополнительная фильтрация входных данных с объекта с целью устранения «выбросов», влияющих на формирование моделей;
- Расширение тренировочных диапазонов температур путем компоновки данных в разное время года при прочих равных условиях (установке конвектора);
- Добавление дополнительных факторов (относительной влажности в помещении и снаружи объекта) с оценкой их потенциального влияния на энергопотребление;
- Повышение точности показаний по расходу электроэнергии.

В дальнейшем планируются дополнительные эксперименты по построению моделей в срубной части модельного объекта с целью оценки влияния типа термоизоляции на энергопотребление. Также после внесения

вышеописанных доработок планируется вывести усредненные полиноминальные модели, которые затем будут оцениваться на точность описания поведения отопительного оборудования и на возможность их применения в комплексных моделях типа «цифровой двойник».

Список использованных источников

1. Кузнецов Н.М. Управление энергоэффективностью в регионах Арктической зоны Российской Федерации : монография. – Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН. – 2020. – 92 с.: ил.
2. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003. М., 2020. 149 с.
3. Кувшинов Д.А., Кузьменков А.А. Система мониторинга температуры и влажности воздуха экспериментального каркасного деревянного дома // EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XXVIII Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – С. 36-40.

Potapov N.S., Senior Teacher at Automation and Computing Tools Department, Intelligent Systems and Digital Technologies Institute of Murmansk Arctic University, potapovns@mauniver.ru

EVALUATION OF STATIC ENERGY CONSUMPTION MODELS BASED ON THE MODEL OBJECT'S ROOM HEATING PROCESS

Abstract: This paper describes the process of evaluation of polynomial energy consumption models based on the model object's room heating process. It provides the results of modeling based on relation between heater consumption and outdoor air temperature, both derived from the model object measurements done during the period from 2022 to 2024. The results of the comparative analysis of inferred models based on the mean squared error and coefficient of determination R^2 are also provided.

Key words: energy consumption, green building, temperature, room heating, math modeling

УДК 628.932

Потапов Н.С., старший преподаватель кафедры автоматики и вычислительной техники, Институт интеллектуальных систем и цифровых технологий ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», potapovns@mauniver.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ

Аннотация: В данной статье описывается процесс проектирования автоматизированной системы регулирования освещенности внутри помещения с использованием адаптивных методов. Приводится обзор составляющих системы: драйвера, контроллеров сбора данных и управления, датчиков освещенности. Представлено описание прототипа системы с разбором потенциальных проблем и способов их решения.

Ключевые слова: освещение, зеленое строительство, распределенные системы, автоматическое управление, адаптивное управление, датчики освещенности

Освещение в помещении является одним из необходимых условий для осуществления любой физической и умственной деятельности. От него напрямую зависит психоэмоциональное состояние и концентрация пребывающих в помещении людей. Мероприятия по обеспечению освещения осуществляются наряду с мероприятиями по обеспечению теплового комфорта и энергоэффективности на стадиях проектирования и реализации объектов строительства.

Требования по освещению регламентируются широким кругом стандартов и сводов правил. Согласно своду правил СП 52.13330.2016, требования для жилых и общественных зданий разделяются по разрядам зрительной работы. Разряд А, к которому относится высокоточная работа с мелкими деталями (порядка 0.15...0.30 мм), задает требование в 500 лк для освещенности на поверхности и 150 лк для цилиндрической освещенности (критерия оценки насыщенности помещения светом) при пульсации света более 10%. Разряд Д, к которому относится обзор пространства при нормальной насыщенности светом, задает требование в 200 лк [1, с.19].

В регионах, расположенных за полярным кругом, освещению уделяется особое внимание ввиду влияния следующих факторов:

- циклы полярных дней и полярных ночей, влияющие на режим работы систем освещения;
- высокая стоимость электроэнергии, обусловленная зависимостью от транспортировки извне топливно-энергетических ресурсов, необходимых для её выработки.

Чтобы обеспечить уровень освещенности, который удовлетворял бы условиям по комфорту и в то же время не выходил за рамки требований по энергоэффективности, необходимо разработать систему регулирования, подстраивающуюся под изменения среды и под требования к освещаемому помещению. Условно такую систему можно разбить на две взаимосвязанные составляющие: измерительную часть (с датчиками) и управляющую часть (с регулирующими органами и исполнительными механизмами). Под каждую часть выделяется отдельное вычислительное устройство (программируемый контроллер), на каждом из которых выполняется отдельный алгоритм. Такой подход совместно с организацией связи по сети позволит обеспечить наибольшее быстродействие.

Одним из первых этапов разработки системы управления и ее составляющих является создание прототипа, на основе которого апробируются устройства, компоненты и связи между ними. На данном этапе активно используются средства автоматизированного проектирования, которые включают в себя возможность симуляции электрических схем (по технологии SPICE).

Объектом управления в разрабатываемой системе потолочный линейный светильник мощностью 36 Вт в алюминиевом корпусе. Светильник состоит из нескольких линеек со светодиодами, яркость которых зависит от величины входного напряжения. В качестве регулирующего органа, воздействующего на яркость светильника, выступает отдельный источник питания светодиодов

Аргос ИПС50-350ТУ IP20 0102 [2]. Его основные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики источника питания светодиодов Аргос ИПС50-350ТУ IP20 0102

Коэффициент мощности λ	~0,98
Максимально потребляемая мощность P_{in} , Вт	56
Напряжение питания U_{in} (переменный ток), В	176...264
Частота напряжения питания f_{in} , Гц	47...63
КПД η , %	~89
Максимальная выходная мощность P_{outmax} , Вт	50
Допустимый диапазон выходного напряжения U_{out} , В	50...140
Выходной ток I_{out} , А	0,35
Задержка по превышению выходного напряжения U_{outmax} (восстанавливается автоматически), В	>145
Пульсации светового потока светильника, %	<1
Рабочая температура окружающей среды, °C	-40...+50

Ключевой особенностью рассматриваемого источника питания является функция диммирования (управляемого снижения яркости), которая реализуется тремя способами: при помощи переменного резистора сопротивлением 100 кОм, при помощи подачи аналогового сигнала по напряжению 0...10 В и при помощи широтно-импульсной модуляции от устройства с выходом типа «открытый коллектор». Схема подключения для ШИМ-управления представлена на рисунке 1. В зависимости от скважности сигнала, поступающего на входы -DIM и +DIM, будет меняться значение выходного тока по отношению к максимальному значению. Следует подчеркнуть, что для корректной работы функции диммирования частота ШИМ должна быть не менее 300 Гц [3].

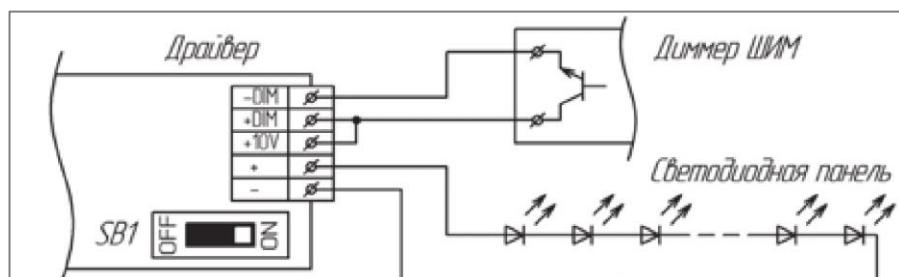


Рис.1. Схема подключения ИПС для реализации ШИМ-управления

Для приема показаний по освещенности ости и для выработки управляющего сигнала для ИПС применяется отладочная плата NodeMCU v3 на базе микроконтроллера ESP8266. В плате задействовано 12 портов ввода-вывода общего назначения с выходным напряжением до +3,3 В, 10 из них поддерживают вывод сигнала в режиме ШИМ. Кроме того, плата поддерживает подключение устройств по последовательной асинхроннойшине I²C (Inter-Integrated Circuit). Управляющая программа контроллера пишется на языке программирования C++. Микроконтроллер прошивается через Arduino IDE или любую среду разработки, которая поддерживает архитектуру ESP8266.

Через шину I²C подключается датчик освещенности GY-302 на чипе BH1750. Его основные характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики датчика освещенности GY-302 с чипом BH1750

Рабочее напряжение питания, В	3,3...5
Ток потребления, мкА	120
Разрешение датчика	16 бит (65536 градаций)
Точность / период измерения в режиме высокого разрешения	1 лк / 120 мс
Точность / период разрешения в режиме низкого разрешения	8 лк / 16 мс

Датчик функционирует в двух режимах: режиме высокого разрешения (H-Resolution) и режиме низкого разрешения (L-Resolution). В первом случае датчик фиксирует освещенность с точностью 1 лк/разряд на диапазоне от 0 до 8191 Лк, при этом шаг квантования составляет 120 мс. Во втором случае точность составляет 8 лк/разряд, при этом задействуется весь диапазон, а шаг квантования равен 16 мс. Режимы могут задаваться автоматически (порог переключения – 4000 лк) или вручную через набор инструкций, подаваемых напрямую на чип [4].

Сенсор использует адрес ведомого 0010 0011 (0x23) для пересылки снятых показаний по освещенности. Однако подача сигнала на пин ADDR платы позволяет задействовать адрес 0101 1100 (0x5C). Таким образом, на

одну линию I²C можно подключить одновременно два датчика GY-302. Возможно подключение большего числа датчиков, однако данная задача потребует включения в схему внешнего мультиплексора.

На рисунке 2 показана принципиальная схема измерительной части системы управления освещенностью, содержащего в себе отладочную плату NodeMCU и датчик освещенности GY-302. Контакты SCL и SDA датчика, отвечающие за связь по протоколу I²C, подключаются к предварительно настроенным пинам контроллера D1 и D2 соответственно. От пина D6 идет сигнал ШИМ, который может идти как напрямую, так и через RC-цепочку для преобразования сигнала в напряжение постоянного тока.

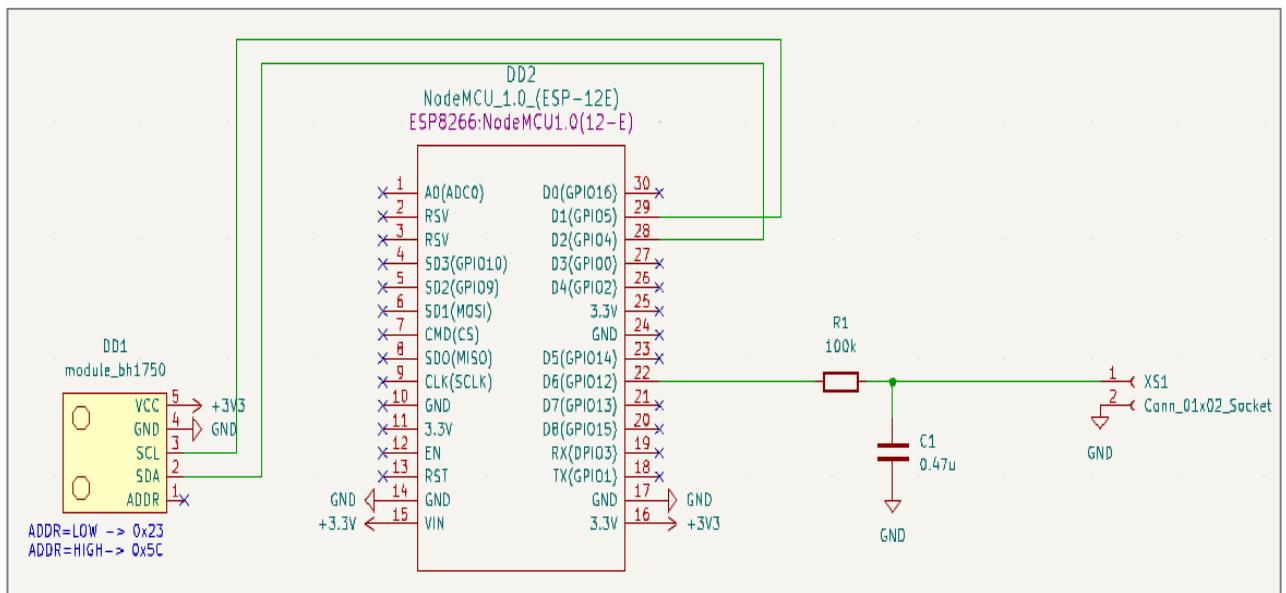


Рис.2. Принципиальная схема измерительной части системы управления освещенностью

Ранее уже упоминалось, что каждое вычислительное устройство внутри составляющих системы освещенности выполняет отдельный алгоритм. В рассмотренном выше случае плата NodeMCU уже зарезервирована под высокоскоростное чтение данных с датчика, поэтому добавление функционала по выработке управляющего сигнала по ПИД-закону регулирования (или любом другом законе, требующем значительных вычислительных ресурсов) не является целесообразным. Вместо этого

предлагается использовать промышленный контроллер ICP DAS i-7188EXD [5], характеристики которого представлены в таблице 3. Устройство имеет следующие отличительные черты:

- Работа на базе DOS-подобной операционной системы реального времени;
- Поддержка коммуникации по интерфейсам RS-232/485 и Ethernet;
- Поддержка протокола ModBus;
- Возможность подключения плат расширений XBoard для приема и передачи аналоговых и дискретных сигналов.

Таблица 3. Технические характеристики контроллера i-7188EXD

Процессор	Intel 80188-совместимый, 40 МГц
Память EEPROM	2 Кб
Память Flash	512 Кб
Макс. пропускная способность СОМ-портов	115200 бит/с
Напряжение питания (постоянный ток)	+10...+30 В
Плата расширения X304	
Аналоговые входы	3 шт., -5...+5 В
Аналоговые выходы	1 шт., -5...+5 В
Дискретные входы	4 шт.
Дискретные выходы	4 шт.

За счет использования системы реального времени и языка программирования C++ данный контроллер способен проводить сложные расчеты за сравнительно небольшие промежутки времени. На контроллере могут быть развернуты рекуррентные и нерекуррентные формы цифрового ПИД-регулятора, а также адаптивные контуры с системой идентификации модели освещенности помещения и регулятором состояния, оперативно реагирующими на изменения в освещенности (например, при смене погоды снаружи помещения).

Из-за своих габаритов контроллер i-7188EXD не может быть установлен непосредственно у светильников, чтобы передать сигнал по аналоговым каналам. Однако с учетом того, что он поддерживает коммуникацию по Ethernet, а отладочная плата NodeMCU поддерживает связь по Wi-Fi, существует возможность организации локальной комбинированной сети, в которой управляющий и измерительные контроллеры сообщаются друг с другом через центральный роутер.

На текущий момент подготовлен базовый прототип на 1 светильник, на котором уже проверена работа платы NodeMCU и контроллера i-7188EXD. Однако необходимо принимать во внимание тот факт, что система должна предусматривать работу внутри помещения по нескольким светильникам одновременно. Следовательно, для решения этой задачи необходимо определиться с тем, на какое помещение будет рассчитан проект системы освещения.

В качестве рабочего пространства для реализации системы предлагается использовать одну из секций модельного объекта – исследовательской лаборатории в форме деревянного одноэтажного здания, расположенного на территории Мурманского арктического университета [6].

Суммарно в одной секции может быть расположено до 12 светильников мощностью 36 Вт, что потребует использование 12 источников питания (отдельно по 1 на каждый светильник). Если допустить, что вся зрительная работа происходит на одном уровне, для равномерного покрытия помещения потребуется как минимум 6 датчиков освещенности и 3 измерительных контроллера NodeMCU. Можно ограничиться одним, если использовать мультиплексор, но тогда для оценки производительности необходимо рассчитать, сколько времени уходит на опрос всех датчиков.

Помимо подбора требуемых компонентов, необходимо также учесть факторы, которые могут существенно повлиять как на измерения, так и на вырабатываемое управление. К этим факторам относятся:

- Мерцание света (может быть вызвано колебаниями сигнала управления по напряжению, проходящего через аналогово-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи);
- Влияние внешнего естественного освещения (солнечный свет, отбрасываемые тени);
- Рабочий уровень расположения датчиков освещения;
- Задержки при передаче данных по проводной и беспроводной сетям.

Наконец, следует обратить внимание на применяемый алгоритм регулирования освещенности, который будет использоваться управляющей составляющей системы. Предметом исследований в данной области будут время отклика системы освещения при изменении сигнала управления, динамические характеристики светодиодных светильников по отдельности и в целом, а также требования по фильтрации сигналов управления.

Разрабатываемая система освещения позволит реализовать адаптивные режимы работы для поддержания достаточного уровня освещенности с минимальными затратами энергии при изменяющихся внешних условиях. В дальнейшем планируется оснастить прототип датчиками измерения температуры и влажности воздуха, чтобы получать дополнительную информацию, необходимую для полноценной оценки комфорта в исследуемом помещении.

Список использованных источников

4. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. М., 2016. 102 с.
5. ИПС IP20: 50-300Т, 50-350Т, 50-350ТД (240-390) [Электронный ресурс]: техническая документация // ТК «Аргос-Трейд». URL: <https://static.chipdip.ru/lib/509/DOC001509771.pdf> (дата обращения: 07.04.2025)

6. Общие принципы управления диммируемыми ИПС производства Аргос-Электрон [Электронный ресурс]: техническая документация // ТК «Аргос-Трейс». URL: <https://static.chipdip.ru/lib/663/DOC001663555.pdf> (дата обращения: 07.04.2025)

7. Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC BH1721FVC [Электронный ресурс]: technical note // ROHM Semiconductor. 2015. URL: <https://fscdn.rohm.com/en/products/databook/datasheet/ic/sensor/light/bh1721fvc-e.pdf> (дата обращения: 07.04.2025)

8. I-7188EXD [Электронный ресурс] // ICP DAS. URL: <https://www.icpdas.com/en/product/I-7188EXD> (дата обращения: 07.04.2025)

9. Буряченко С.Ю. Комплексный подход к исследованию энергоэффективности ограждающих конструкций деревянного здания / С.Ю. Буряченко, Я.М. Карабенцева, О.М. Попова [и др.] // Возможности и перспективы проектов энергосбережения. Опыт Норвегии, Финляндии и Мурманской области: материалы Русско-Норвежской конференции, Мурманск, 17 декабря 2020 г. — 2021. — С. 22–29.

—
Potapov N.S., Senior Teacher at Automation and Computing Tools Department, Intelligent Systems and Digital Technologies Institute of Murmansk Arctic University, potapovns@mauniver.ru

DESIGN OF AUTOMATED ROOM ILLUMINATION CONTROL SYSTEM

Abstract: This paper describes the process of design of automated room illumination control system based on adaptive methods. The review of the system components (light driver, programmable controllers for data acquisition and control, light sensors) is presented here. The description of the system prototype with a review of potential caveats and solutions is also provided here.

Key words: illumination, green building, distributed systems, automatic control, adaptive control, light sensors

УДК 656.13

Сафиуллин Р.Н., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, safravi@mail.ru

Хохлов А.В., аспирант кафедры транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, lehasport98@mail.ru

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: В статье рассмотрены методы оценки функциональной безопасности высокоматематизированных транспортных средств, включая метод мозгового штурма, анализ видов и последствий потенциальных отказов (метод FMEA), анализ дерева отказов (метод FTA), исследование опасности и работоспособности (метод HAZOP). Рассмотрены их ключевые преимущества и ограничения. Особое внимание уделено проблеме зависимости традиционных методов от экспертного опыта и необходимости интеграции с системными подходами. Предложены направления дальнейших исследований, направленных на создание гибридных методик для повышения точности анализа безопасности.

Ключевые слова: функциональная безопасность, высокоматематизированное транспортное средство, беспилотное транспортное средство.

Введение

Транспортная отрасль является одним из ключевых элементов экономики Российской Федерации, обеспечивающей перемещение грузов и пассажиров, связывая производство, торговлю и социальную сферу [1]. От её эффективности зависят надёжность и безопасность доставки грузов и пассажиров [2]. Однако с учётом высоких темпов автомобилизации, перегруженности дорожно-транспортной инфраструктуры и необходимости снижения затрат требуются принципиально новые решения и подходы [3].

На сегодняшний день автоматизация становится главным драйвером изменений в транспорте [4]. Беспилотные технологии, искусственный интеллект, а также интернет вещей позволяют сократить расходы и минимизировать влияние человеческого фактора на безопасность дорожного движения [5]. В этой связи, беспилотное управление требует исключительно высокого уровня

функциональной безопасности на протяжении всего жизненного цикла транспортного средства [6].

В традиционных транспортных средствах (согласно 2 уровню автоматизации SAE) водитель выступает резервным элементом безопасности, компенсируя возможные неисправности механических и гидравлических компонентов. Однако на уровнях SAE 4 и 5 этот резервный механизм отсутствует, а на уровне SAE 3 водитель должен перехватить управление лишь в ограниченных временных рамках.

Таким образом, полностью беспилотные транспортные средства создают новые риски, что требует разработки дополнительных контрмер для компенсации отсутствия человеческого вмешательства.

Основные положения

Согласно ГОСТ Р ИСО 26262 Функциональная безопасность – это отсутствие неоправданного риска вследствие опасностей, вызванных отклонением от предписанного функционирования электрических и электронных систем. Опасности являются результатом сбоев в работе системы и потенциально могут привести к причинению вреда участникам дорожного движения. Для предотвращения причинения вреда необходимо учитывать опасность в каждой конкретной рабочей ситуации, которая в совокупности может приводить к опасному событию.

Что касается анализа опасностей, стандарт ГОСТ Р ИСО 26262 требует, чтобы опасности определялись систематически с использованием надлежащих методов. Это бросает вызов сообществу, занимающемуся вопросами автомобильной безопасности. Пока не ясно, какой метод анализа опасностей лучше всего подходит для адекватного выявления опасностей, особенно в случае автоматизированного вождения. Одной из проблем при анализе опасностей является определение достаточного списка потенциальных неисправностей, которые могут привести к системным опасностям. Для этого могут использоваться различные методы. В стандарте ГОСТ Р ИСО 26262

предлагаются некоторые методы, такие как мозговой штурм или анализ видов и последствий потенциальных отказов (метод FMEA).

Метод мозгового штурма представляет собой коллективный способ генерации идей для оценки функциональной безопасности высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) (рис. 1).

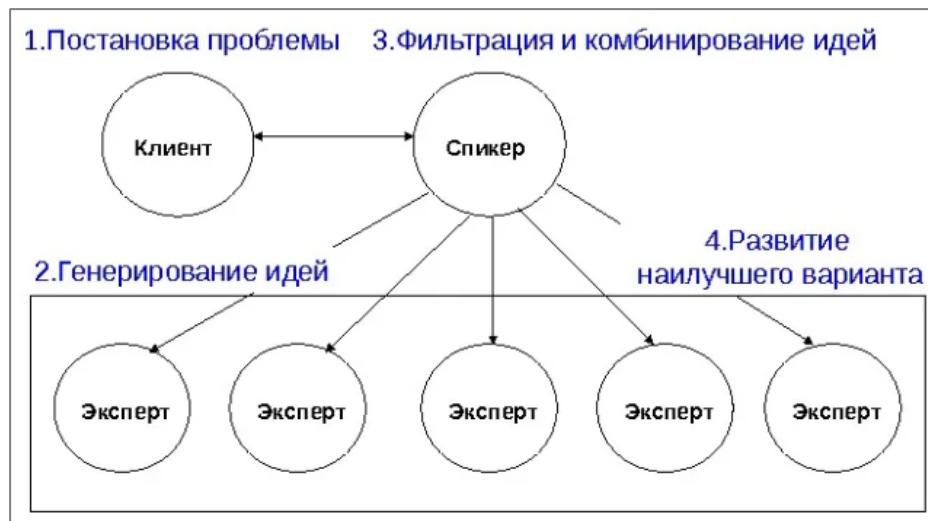


Рис. 1. Метод мозгового штурма [составлено авторами]

В процессе участвует группа экспертов, которые свободно выдвигают возможные угрозы, уязвимости и сценарии отказов систем, без критики на начальном этапе. Это позволяет охватить широкий спектр рисков, включая редкие и неочевидные сценарии. Метод особенно эффективен на ранних этапах жизненного цикла разработки ВАТС (например, при концептуальном проектировании и формировании требований), поскольку помогает заранее выявить потенциальные проблемы до их реализации в системе и программном обеспечении. После генерации идей проводится их анализ, структурирование и оценка значимости для дальнейшего использования в более формализованных методах, таких как FMEA или анализ дерева отказов (FTA). Мозговой штурм также может применяться на этапах верификации и модернизации системы, обеспечивая непрерывное совершенствование её функциональной безопасности.

Одним из наиболее распространённых методов менеджмента качества является **FMEA** (рис. 2).

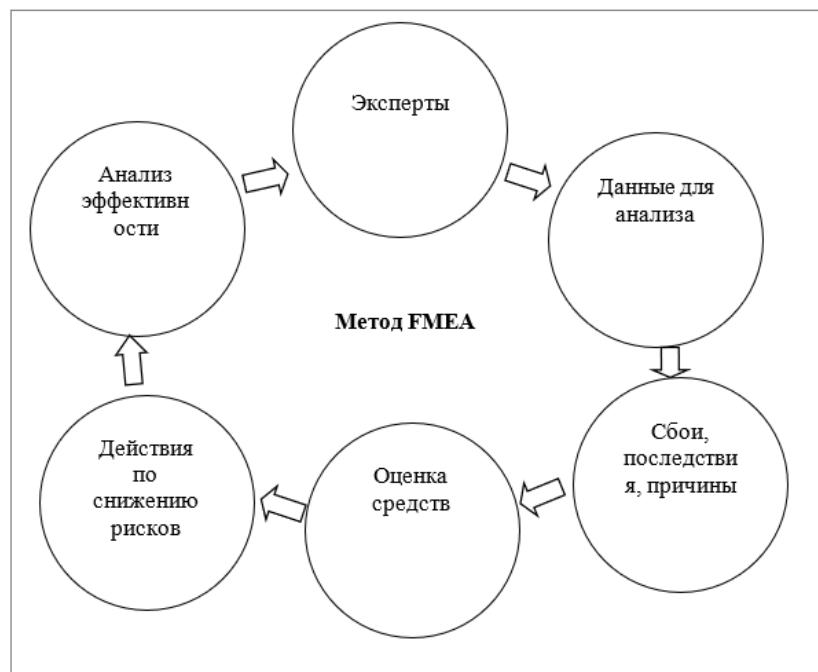


Рис. 2. Анализ видов и последствий потенциальных отказов (метод FMEA) [составлено авторами]

Данный метод фокусируется на выявлении возможных рисков: идентификация рисков процесса (PFMEA) и идентификация рисков конструкции (DFMEA). В процессе анализа эксперты детально рассматривают каждый элемент системы, определяют потенциальные причины и последствия его отказов, а также оценивают их критичность по трём ключевым параметрам:

1. тяжесть последствий;
2. вероятность возникновения;
3. возможность обнаружения.

Результаты метода FMEA оформляются в виде таблицы с расчётом показателя приоритета риска, что позволяет ранжировать проблемы и разрабатывать превентивные меры для наиболее опасных сценариев. Этот метод особенно эффективен на этапах проектирования и доработки ВАТС, так как помогает устранять уязвимости до их реализации в конечном продукте, снижая затраты на последующие доработки и повышая общую надёжность системы. Результатом реализации метода FMEA является существенное сокращение дополнительных затрат, возникающих при исправлении дефектов.

Метод FTA – это дедуктивный метод анализа надёжности, который применяется для оценки функциональной безопасности ВАТС путём выявления причинно-следственных связей, ведущих к критическим отказам (рис. 3).

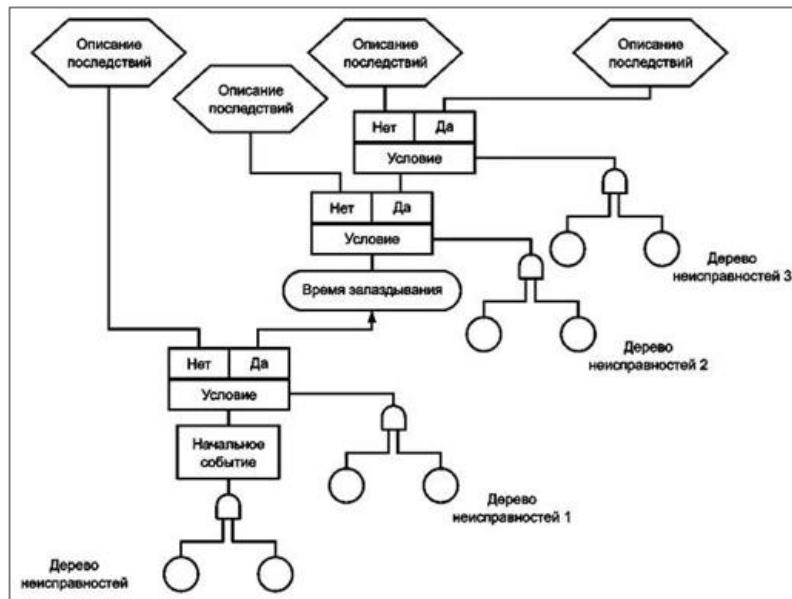


Рис. 3. Анализ дерева отказов (метод FTA) [составлено авторами]

В основе метода лежит построение логического дерева, где вершиной является нежелательное событие (например, отказ системы автоматического торможения), а нижележащие узлы представляют собой комбинации базовых отказов (аппаратные сбои, ошибки программного обеспечения, внешние воздействия), связанные булевыми операторами (И, ИЛИ). FTA позволяет не только качественно оценить сценарии возникновения аварийных ситуаций, но и количественно рассчитать вероятность их реализации, используя данные о частоте отказов компонентов. Этот метод особенно ценен на начальных этапах жизненного цикла, например, проектирования и сертификации ВАТС, так как обеспечивает строгий формализованный подход к идентификации слабых мест системы и обоснованию мер по повышению её безопасности. В отличие от FMEA, FTA фокусируется на анализе конкретных критических отказов, что делает его важным инструментом для верификации архитектуры безопасности сложных киберфизических систем.

Метод исследования опасности и работоспособности (HAZOP)

структурирован к систематическому выявлению потенциальных опасностей и функциональных отклонений в работе ВАТС (рис. 4).

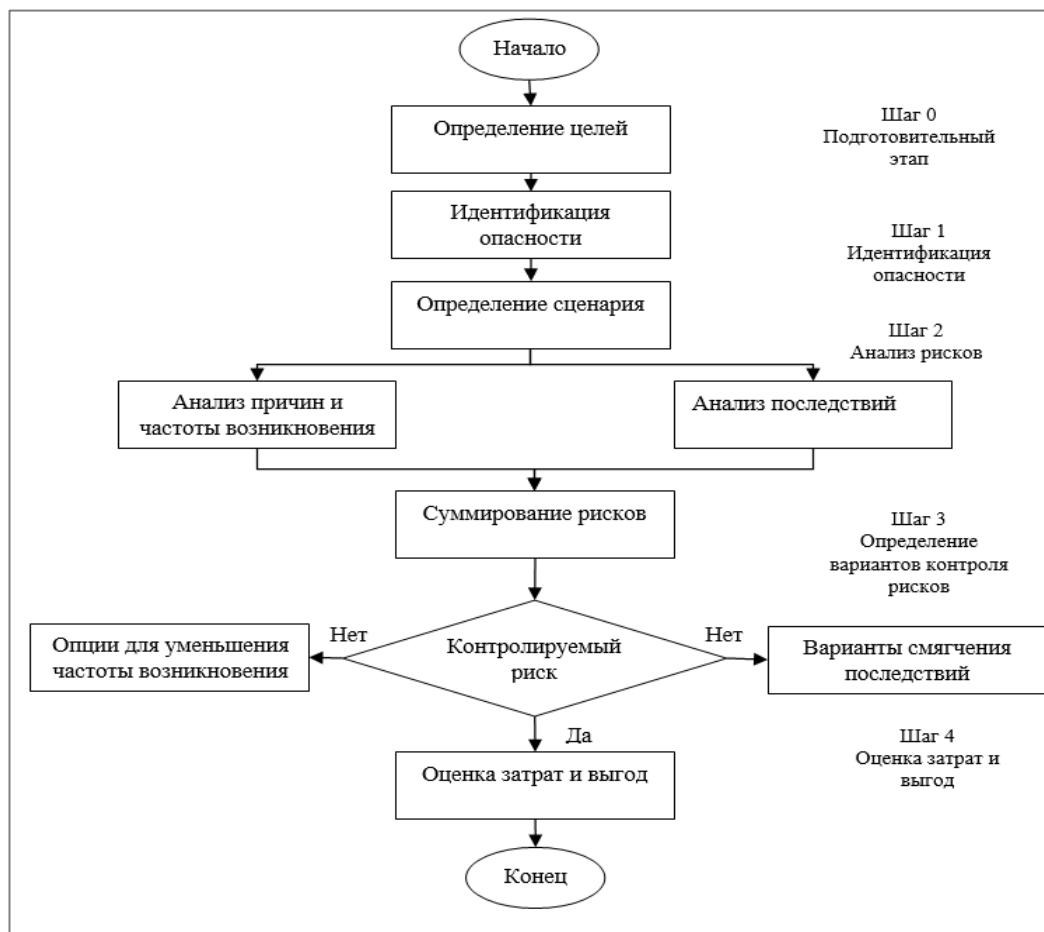


Рис. 4. Исследование опасности и работоспособности (метод HAZOP) [составлено авторами]

В основе данного метода лежит пошаговый анализ проектной документации или рабочих процессов с использованием ключевых слов-подсказок (например, «нет», «больше», «меньше», «раньше»), которые помогают выявить отклонения от нормального режима работы. Группа экспертов последовательно рассматривает каждый компонент системы, анализируя возможные причины и последствия отклонений, а также предлагая корректирующие меры. Метод HAZOP особенно эффективен на этапах проектирования и модернизации ВАТС, так как позволяет выявлять скрытые риски, связанные с взаимодействием сложных подсистем и человеческого фактора. Этот метод служит важным дополнением к FMEA и FTA, акцентируя

внимание на операционных аспектах безопасности, что критически важно для комплексной оценки надёжности и безопасности ВАТС.

Ограниченностю традиционных методов, например, анализ видов и последствий потенциальных отказов, проявляется в причинно-следственной связи, которая связывает отдельные события с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП). Предполагается, что системы могут безопасно эксплуатироваться при предотвращении цепочки событий, которая приводит к ДТП. Однако для этого требуется метод, способный охватить все возможные события, которые могут привести к ДТП. К сожалению, традиционные методы не могут удовлетворить этому требованию. Так, трудно выявить взаимосвязи между компонентами системы и системными сбоями. Кроме того, такие методы, как анализ видов и последствий потенциальных отказов или исследование опасности и работоспособности, в значительной степени зависят от опыта эксперта в применении самого метода. В то же время менее опытные аналитики могут прийти к различным выводам. Это связано с тем, что эти методы используют процедуры мозгового штурма и дают мало представления о том, как следует анализировать систему структурированным образом.

В этой связи, одним из перспективных подходов является теория систем, в которой безопасность рассматривается как проблема управления. Одним из методов в этой области является теоретико-системная модель аварий и процессов. Данный метод позволяет путём моделирования и анализа структуры управления системой определить адекватные ограничения безопасности и сформулировать требования к безопасности. В отличие от традиционных методов, структура контроля безопасности данного метода, создаёт структурированную исходящую процедуру анализа функций системы, связанных с безопасностью. Согласно исследованиям, данный метод был единственным, который был способен идентифицировать реальные аварии вне рамок проектирования системы.

Выводы

Таким образом, проведённый анализ методов оценки функциональной безопасности ВАТС демонстрирует их взаимодополняемость и необходимость комплексного применения на разных этапах жизненного цикла разработки.

Каждый метод обладает уникальными преимуществами: мозговой штурм обеспечивает широкий охват рисков на ранних стадиях, FMEA систематизирует оценку критичности отказов, FTA позволяет количественно оценить вероятность критических событий, а HAZOP выявляет операционные риски. Однако ограниченность этих методов, связанная с зависимостью от экспертного опыта и сложностью прогнозирования всех сценариев, указывает на перспективность интеграции с системными подходами, такими как теоретико-системные модели, для повышения точности и полноты анализа функциональной безопасности. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку гибридных методик, сочетающих преимущества традиционных и инновационных подходов.

Список использованных источников

10. Афанасьев А.С., Кузнецова Е.А. Метод обеспечения эффективности перевозочного процесса наземного городского пассажирского транспорта на основе системного анализа // Транспорт России: проблемы и перспективы-2023 : Материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14–15 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: Соломенко, ИПТ РАН, 2023. – С. 111-115. – EDN QEJWBP.
11. Шаталова Н.В., Пеплер А.Э., Орешкина А.Д. Сценарии цифровой интеграции транспортно-логистической системы России в глобальные технологические транспортные платформы // Транспорт России: проблемы и перспективы-2024: Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28–29 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, 2024. – С. 241-245. – EDN CEAIZL.
12. Кацуба Ю.Н., Егоров С.В. К вопросу рециклинга автомобилей // Записки Горного института. – 2014. – Т. 209. – С. 181-184. – EDN SOALIX.
13. Сафиуллин Р.Н., Пеплер А.Э., Караваев Н.А., Гасс И.А. Комплексный подход к контролю технического состояния транспортных средств на основе внедрения методов искусственного интеллекта // Транспорт. Взгляд в будущее - TFV-24 : Сборник научных статей международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 07–08 ноября 2024 года. – Санкт-

Петербург: Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2024. – С. 57-59. – EDN NJSRNZ.

14. Павлова В.А. Влияние системы "водитель-автомобиль-дорога-среда" на безопасность дорожного движения // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство / Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", 2016. – С. 111-115. – EDN VTVPIF.

15. Фомин И.Н. Концепция обеспечения функциональной безопасности на этапах жизненного цикла высокоматематизированных транспортных средств и автоматизированных систем вождения / И. Н. Фомин, А. М. Илюшин, С. Ю. Жидков // Перспективные транспортные технологии : Материалы III Международной научно-практической конференции НТИ "Автонет", Москва, 25 апреля 2024 года. – Москва: Московский Политех, 2024. – С. 95-102. – EDN PMEVPC.

Safiullin R.N. doctor of technical Sciences, professor, professor of the department of transport and technological processes and machines, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, safravi@mail.ru

Khokhlov A.V. postgraduate student of the department of transport and technological processes and machines, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; lehasport98@mail.ru

METHODS FOR ASSESSING THE FUNCTIONAL SAFETY OF HIGHLY AUTOMATED VEHICLES

Abstract: The article discusses methods for assessing the functional safety of highly automated vehicles, including the brainstorming method, analysis of the types and consequences of potential failures (FMEA method), failure tree analysis (FTA method), hazard and operability research (HAZOP method). Their key advantages and limitations are considered. Special attention is paid to the problem of the dependence of traditional methods on expert experience and the need for integration with systemic approaches. The directions of further research aimed at creating hybrid techniques to improve the accuracy of safety analysis are proposed.

Key words: functional safety, highly automated vehicle, unmanned vehicle.

УДК 629.331

Попов А.В., магистрант второго курса, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (г. СПб, РФ), e-mail: p0p0va1exand3r@gmail.com

Сафиуллин Р.Н., д.т.н, профессор кафедры транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II (г. СПб, РФ), e-mail: safravi@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЗАРЯДА ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ИХ РЕСУРС

Аннотация: В данной статье представлены результаты экспериментального исследования влияния режимов заряда литий-ионных аккумуляторных батарей транспортных средств. В ходе проведения опыта выявлено, как каждый из выбранных режимов заряда влияет на ресурс аккумулятора, а также определен наиболее оптимальный режим, который отвечает требованиям пользователей в плане скорости заряда и относительно низкой деградации аккумуляторной батареи.

Ключевые слова: литий-ионная аккумуляторная батарея, ресурс, режим заряда, деградация аккумуляторной батареи

Введение

Электрификация и роботизация стремительно набирают популярность во всех сферах человеческой жизни, а также и в автотранспортной промышленности. На автомобильном рынке уже давно существуют решения, предлагающие технику, которая оснащается литий-ионными аккумуляторными батареями в качестве источника энергии, вместо двигателей внутреннего сгорания, среди которых выделяются электромобили и электробусы. Такие инновации позволяют повысить экологичность эксплуатации городского транспорта, обеспечить снижение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а также экономию на дизельном топливе или бензине, которые требуются для традиционных автомобилей и автобусов.

Стоит выделить преимущества литий-ионных аккумуляторов, которые отражаются в следующих аспектах:

- высокое рабочее напряжение. Рабочее напряжение литий-ионного аккумулятора в 3 раза превышает напряжение Ni-MH аккумулятора и никель-кадмийового аккумулятора, достигая 3,6 В;
- высокая удельная энергия. Удельная энергия литий-ионного аккумулятора в 4 раза больше, чем у никель-кадмийового, и в 2 раза, чем у Ni-MH аккумулятора, около 200 Втч/кг;
- длительный срок службы. Срок службы литий-ионной батареи достигает более 2000 циклов разряда-заряда и может достигать десятков тысяч раз при малой глубине разряда, что превышает производительность трех вышеупомянутых батарей;
- низкая скорость саморазряда. Скорость саморазряда литий-ионного аккумулятора составляет всего 1–3 % в месяц, что значительно ниже, чем у никель-кадмийового аккумулятора (25–30 %) и Ni-MH аккумулятора (15–20 %);
- нет эффекта памяти. Литий-ионный аккумулятор можно заряжать и разряжать в любое время по мере необходимости без снижения производительности;
- экологичность. Литий-ионный аккумулятор не содержит вредных веществ и является экологически чистым;
- гибкость. Литий-ионные аккумуляторы легко соответствуют требованиям к компоновке аккумуляторных систем в электромобилях.

Помимо указанных преимуществ, имеются также и недостатки. К ним относится проблема в безопасности эксплуатации машин, использующих ЛИА. В первую очередь это связано с пожаробезопасностью, поскольку известны случаи возгорания ЛИА при тепловом разгоне. Также стоит отметить, что катодный материал ЛИА оказывает влияние на термическую стабильность аккумулятора, таким образом наиболее термически стабильным является Li-FePO₄ аккумуляторы, которые используются в транспортной технике.

Стоит отметить, что для производства очень важным становится вопрос о сохранении ресурса данного источника энергии. Ключевую роль в сохранении ресурса аккумуляторной батареи играет процесс ее заряда. Многие

производители самих батарей, а также отдельные предприятия, производящие зарядные устройства предлагают устройства быстрой зарядки, как самые инновационные и продвинутые. Однако они не оглядываются на то, к каким последствиям для ресурса АКБ может привести такой метод заряда. Безусловно время заряда аккумуляторной батареи играет немаловажную роль для того, кто её эксплуатирует. Поэтому метод заряда батареи должен сочетать в себе такие качества как: обеспечение продолжительного срока эксплуатации и умеренное время заряда.

Цель исследования: рассмотреть различные методы заряда для литий-ионных аккумуляторов.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть метод заряда аккумулятора при постоянном напряжении и постоянном токе в различных конфигурациях;
2. Рассмотреть ступенчатый метод заряда аккумулятора;
3. Определить влияние каждого метода заряда на энергетические показатели аккумулятора;
4. Выявить рациональный метод заряда аккумулятора на основе полученных из эксперимента данных.

Материалы и методы

В электрифицированных наземных транспортных средствах применяются батарейные блоки, состоящие из литий-ионных аккумуляторов 18650 с номинальным напряжением 3,7В [1,2], таким образом объектом для исследования методов заряда был выбран аккумулятор SONY VTC5a с аналогичным номинальным напряжением и емкостью 2600 мАч [3].

Проведенные исследования влияния параметров режимов заряда состоят в следующем: в течение года ведется эксплуатация литий-ионных аккумуляторов, указанных выше в количестве 4 штук. Каждый из этих ЛИА эксплуатируется в течение года на ручном фонаре модели Fenix TK11R. Таким образом соблюдаются одинаковые условия эксплуатации. Однако различаться будут режимы заряда для каждого из четырех образцов ЛИА. Заряд первого ЛИА

производится при напряжении 3,7В и силе тока 0,2С. Второго – 3,7В и 0,4 С. Третьего – 3,7В и 0,8С. А для четвертого предусмотрен ступенчатый заряд при постоянном напряжении 3,7В с переменной силой тока. В начале процесса заряда сила тока составляет 0,8С, при достижении критической температуры (40°С) или номинального напряжения (3,7В) сила тока снижается до 0,4С, а затем по достижении максимального напряжения ЛИА (4,2В) сила тока снижается до 0,2С и сохраняется такой до момента окончания заряда остается [4,5].

Заряд аккумуляторов при различных режимах производился с помощью зарядного устройства (ЗУ) LiitoKala Lii-PD4 [7], при этом проводились замеры таких параметров как напряжение, заполненная емкость аккумулятора и его температура. Значения напряжения аккумулятора и заполненной емкости считаются с ЗУ, а температура аккумулятора измеряется с помощью цифрового мультиметра Mastech MAS838 [8] с подключенной к нему термопарой. Замеры производились с периодичностью 5 минут при всех методах заряда.

В исследовании будут представлены результаты замеров спустя год эксплуатации данных ЛИА (приблизительно 300 циклов заряда-разряда для каждого АКБ), которые покажут, какой режим заряда будет представлять наименьшую угрозу уменьшения ресурса для данного типа аккумуляторов.

Результаты исследования

Результаты проведенных замеров при заряде аккумулятора разными токами приведены ниже (таблица 1, таблица 2, таблица 3, таблица 4). Следует учитывать, что температура аккумулятора в начале процесса заряда соответствует комнатной температуре.

Ниже будут представлены графики, составленные на основе полученных результатов из таблиц выше (рис.1, рис.2, рис.3, рис.4).

Таблица 1. Результаты измерений при заряде аккумулятора током 0,2 С

Показатели	Ток заряда $I = 0,2 \text{ C}$			
	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
Значения показателей	0	3,19	28	0
	5	3,21	28	38
	10	3,36	29	74
	15	3,45	29	119
	20	3,56	30	160
	25	3,57	30	208
	30	3,57	30	246
	35	3,58	30	292
	40	3,59	30	333
	45	3,60	30	381
	50	3,62	30	415
	55	3,64	30	467
	60	3,66	30	501
	65	3,67	31	553
	70	3,68	31	601
	75	3,69	31	642
	80	3,69	31	688
	85	3,69	31	737
	90	3,70	31	788
	95	3,71	31	821
	100	3,72	31	861
	105	3,72	31	904
	110	3,73	31	946
	115	3,73	31	1005
	120	3,74	31	1053
	125	3,75	31	1079
	130	3,75	31	1111
	135	3,77	31	1158
	140	3,78	31	1204
	145	3,79	31	1256
	150	3,80	31	1291
	155	3,82	31	1323
	160	3,84	31	1374
	165	3,84	30	1419
	170	3,86	30	1466
	175	3,87	30	1502
	180	3,91	30	1554
	185	3,93	30	1597
	190	3,93	30	1637
	195	3,95	30	1691
	200	3,98	30	1729
	205	4,00	30	1768
	210	4,01	30	1812

Показатели	Ток заряда $I = 0,2 \text{ C}$			
	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
215	4,04	30	1857	
220	4,08	30	1899	
225	4,10	30	1942	
230	4,13	30	2038	
235	4,16	30	2191	
240	4,18	30	2235	
245	4,20	29	2305	
250	4,2	29	2327	
255	4,2	29	2349	
260	4,2	29	2374	

Таблица 2. Результаты измерений при заряде аккумулятора током 0,4 C

Показатели	Ток заряда $I = 0,4 \text{ C}$			
	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
0	3,20	26	0	
5	3,36	30	58	
10	3,58	32	144	
15	3,60	33	233	
20	3,64	34	322	
25	3,68	34	414	
30	3,71	35	500	
35	3,73	35	605	
40	3,74	35	686	
45	3,75	35	765	
50	3,76	35	857	
55	3,77	35	929	
60	3,78	35	1016	
65	3,80	35	1093	
70	3,81	35	1195	
75	3,84	35	1283	
80	3,88	35	1376	
85	3,90	36	1450	
90	3,94	36	1555	
95	3,99	36	1611	
100	4,01	36	1716	
105	4,05	36	1790	
110	4,10	36	1868	
115	4,17	36	1963	
120	4,20	36	2047	
125	4,20	36	2128	
130	4,20	34	2175	
135	4,20	33	2194	
140	4,20	33	2207	

Показатели	Ток заряда $I = 0,4 \text{ C}$			
	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
145	4,20	32	2213	
150	4,20	32	2224	
155	4,20	31	2228	

Таблица 3. Результаты измерений при заряде аккумулятора током 0,8 C

Показатели	Ток заряда $I = 0,8 \text{ C}$			
	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
0	3,21	24	0	
5	3,60	30	119	
10	3,76	31	246	
15	3,80	32	467	
20	3,83	33	642	
25	3,87	35	788	
30	3,90	38	946	
35	3,93	40	1158	
40	3,96	41	1323	
45	4,00	42	1466	
50	4,05	42	1637	
55	4,16	43	1857	
60	4,19	44	1983	
65	4,20	42	2092	
70	4,20	40	2124	
75	4,20	38	2149	
80	4,20	36	2180	
85	4,20	34	2209	

Таблица 4. Результаты измерений при ступенчатом заряде

Показатели	Ток заряда, C	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
Значения показателей	0,8	0	3,17	29	0
		5	3,60	33	120
		10	3,68	34	267
		15	3,74	36	440
		20	3,79	37	627
		25	3,80	38	809
		30	3,83	40	968
	0,4	35	3,83	38	1047
		40	3,83	37	1142
		45	3,83	36	1225
		50	3,83	36	1315
		55	3,86	36	1404
		60	3,89	35	1487
		65	3,92	35	1583
		70	3,95	35	1675
		75	4,00	35	1750

Показатели	Ток заряда, С	Время заряда, мин	Напряжение, В	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Заряженная емкость, mAh
		80	4,05	35	1843
		85	4,08	35	1928
		90	4,14	35	2005
		95	4,19	35	2097
		100	4,2	33	2177
	0,2	100	4,2	33	2177
		105	4,2	33	2218
		110	4,2	32	2265
		115	4,2	31	2292
		120	4,2	31	2310

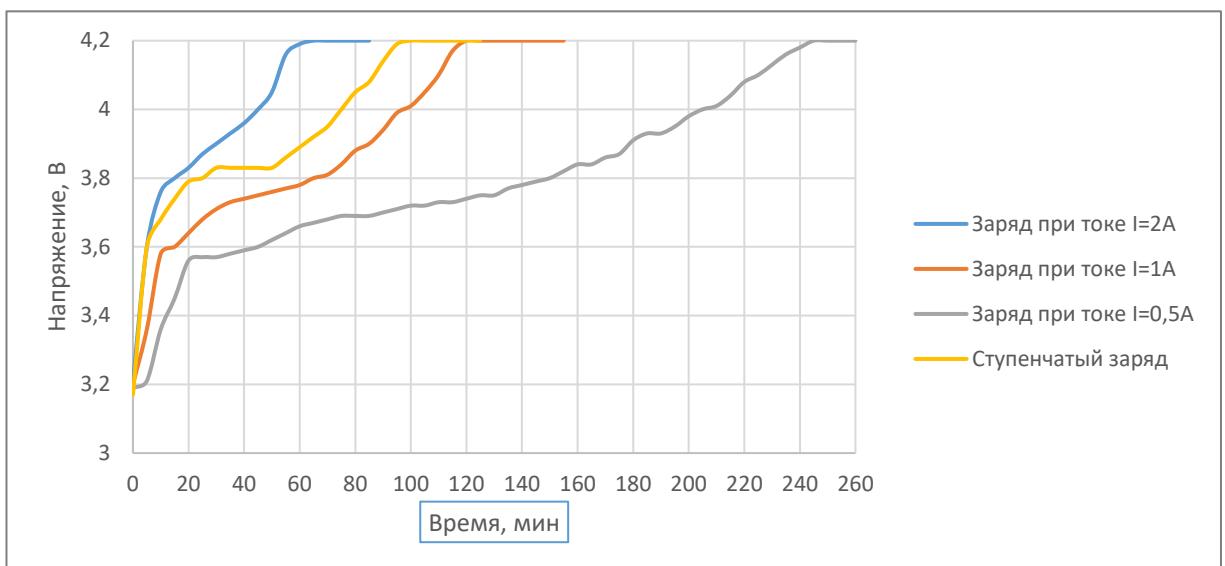


Рис. 1. Графики изменения напряжения аккумуляторов при разных режимах заряда аккумулятора

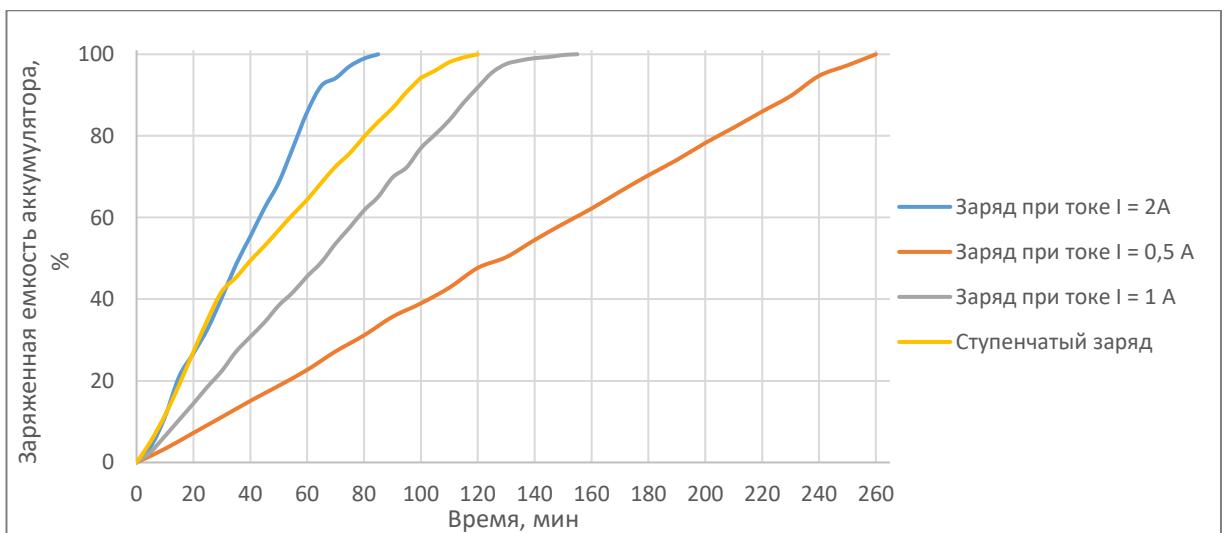


Рис. 2. Сравнение времени требуемого для полного заряда аккумулятора при разных режимах заряда аккумулятора

Данные диаграммы показывают закономерное протекание процессов для каждого режима заряда, из чего следует вывод: выше ток заряда – выше скорость заряда ЛИА [8]. Однако несмотря на то, что скорость заряда аккумулятора является важным параметром при выборе оптимального метода заряда, не стоит опираться только на нее из-за того, что высокие токи заряда влекут за собой увеличение температуры, что негативно влияет на ресурс аккумулятора. Поэтому ниже будет представлена диаграмма (рис.3.), отражающая изменение температуры аккумулятора по времени при разных методах заряда [9,10].

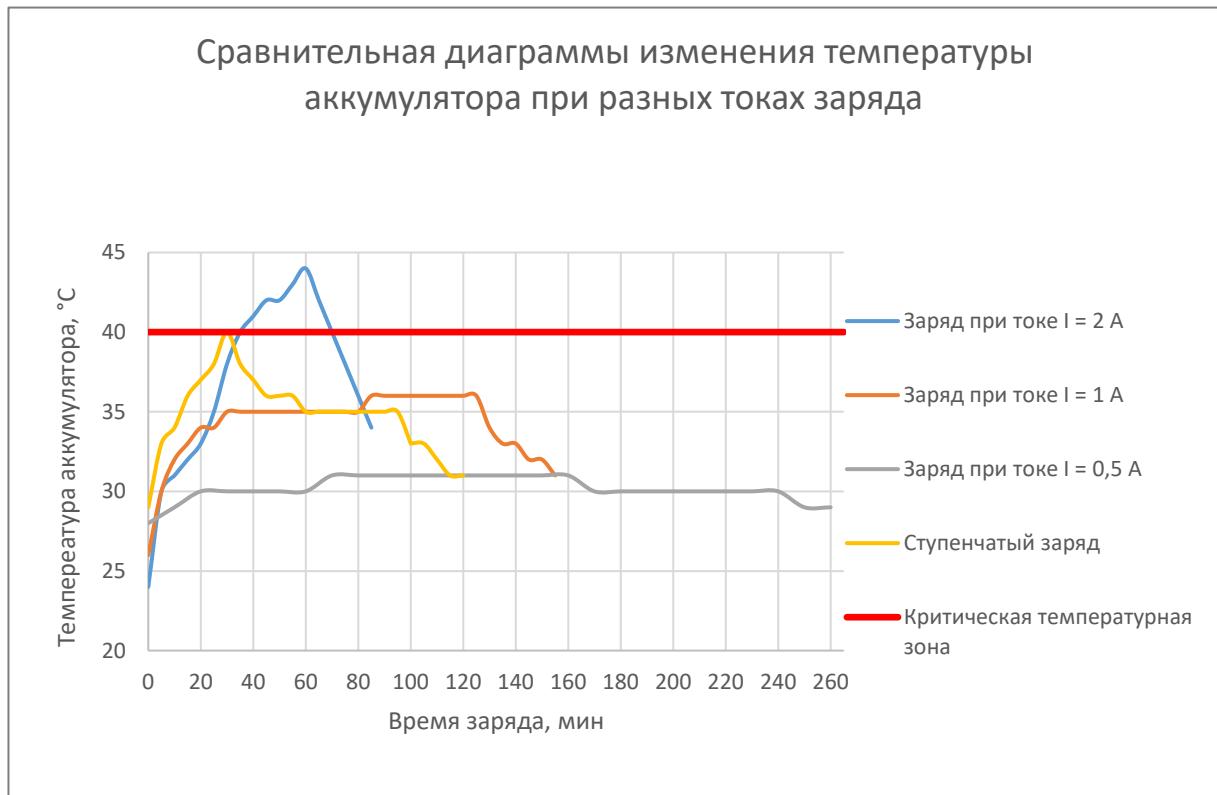


Рис. 3. График изменения температуры аккумулятора при разных режимах заряда аккумулятора

На данной диаграмме можно увидеть, как меняется температура во времени в процессе заряда аккумулятора. При заряде в режимах с постоянной силой тока прослеживается рост температуры, а затем ее падение. Это связано с тем, что аккумулятор набирает максимальное напряжение (4,2 В), таким образом освобождаясь от части нагрузки в процессе заряда.

Анализируя данную диаграмму (рис. 3) и диаграммы, представленные выше (рис. 1 и рис. 2) в совокупности, можно сделать вывод: несмотря на то, что

заряд при постоянном высоком токе (2 А или 0,8С) позволяет добиться максимальной скорости заряда аккумулятора, регулярное использование данного метода заряда приведет к ускоренному снижению ресурса аккумулятора, поскольку во время заряда температура аккумулятора превышала критическое значение (40°C) [2,3] на протяжении 30 минут, что отрицательно влияет на его энергетические характеристики при дальнейшей эксплуатации. Пиковая температура при данном зарядном токе составила 44 градуса по Цельсию.

Во заряда аккумулятора при постоянных токах в 1 А (0,4С) и 0,5 А (0,2С) не было выявлено превышений критических значений температурного режима, что означает отсутствие негативного влияния на ресурс аккумулятора, однако заряд при таких режимах имеет высокую продолжительность. Пиковые температуры при данных режимах заряда меньше на 18% и 30% соответственно, чем при заряде током 2А (0,8С).

Ступенчатый заряд аккумулятора сочетает в себе положительные стороны как заряда аккумулятора при постоянном высоком токе, так и заряда при низких значениях тока заряда. Данный метод включает в себя несколько стадий. Изначально на аккумулятор подается ток с высоким значением (в данном случае 2 А). После того, как температура аккумулятора приближается к критическому значению, ток заряда сразу уменьшается вдвое, чтобы не нанести вред ресурсу аккумулятора. А после того, как напряжение на аккумуляторе достигнет своего максимума (в данном случае 4,2 В), ток заряда принимает минимальное значение (в данном случае 0,5 А) которым производится окончательное наполнение емкости данного аккумулятора. При этом время заряда при данном методе быстрее на 22,58%, чем при заряде током в 1 А.

Помимо этого, полученные значения пиковых температур при разных методах заряда аккумулятора можно использовать для выявления зависимости пиковой температуры заряда аккумулятора от силы тока.

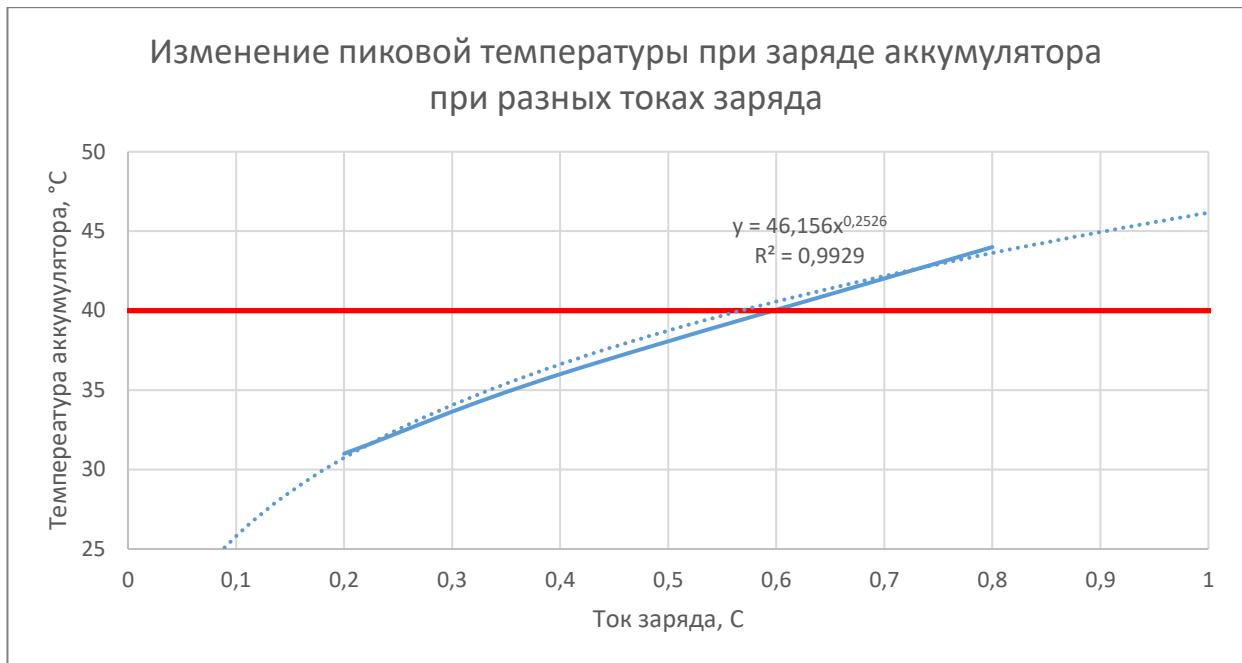


Рис. 4. Зависимость пиковой температуры аккумулятора во время заряда от подающегося тока, используемого для заряда аккумулятора

Данный график отражает приблизительную зависимость пиковой температуры аккумулятора от величины тока заряда, которую можно описать такой экспоненциальной зависимостью:

$$y = 46,156x^{0,2526}, \quad (1)$$

где Y – температура аккумулятора, °С;

X – сила тока, С.

Данная зависимость не обладает большой точностью в плане определения зависимости роста пиковой температуры от величины подаваемого тока на аккумулятор во время зарядки. Это вызвано ограничениями: несложным оборудованием и как следствие малым выбором токов для заряда. Однако данный график дает начальное понимание того, в каком диапазоне токов рационально производить заряд литий-ионных аккумуляторных батарей.

Также была проведена оценка деградации емкости ЛИА, путем определения показателя «состояние здоровья АКБ (SOH)», в зависимости от выбранного режима заряда за год эксплуатации (табл.5). Для оценки использовались конечные данные по заряженной емкости аккумуляторов по

каждому режиму заряда, а также емкость, установленная заводом-изготовителем данных аккумуляторов, которая составляет 2600 мАч.

Таблица 5. Оценка деградации емкости ЛИА

Режим заряда	SOH, %
0,2C	91,31
0,4C	85,69
0,8C	84,96
Ступенчатый заряд	88,85

Процесс деградации ЛИА неизбежен в любом случае, однако на скорость протекания данного процесса можно повлиять за счет выбора оптимального режима заряда. Как видно из таблицы выше наименьшую степень снижения емкости претерпел ЛИА, который в течение года заряжался при постоянном напряжении 3,7В и постоянной силе тока 0,2C (снижение емкости на 8,69%). Наибольшее снижение емкости за год эксплуатации претерпел ЛИА, который в течение года заряжался при постоянном напряжении 3,7В и постоянной силе тока 0,8C (15,04%).

Выводы

В ходе данного исследования была проведена оценка влияния режимов заряда на состояние ЛИА в течение года эксплуатации.

В результате проведения опытов выявлено, что наиболее рациональным из всех режимов заряда аккумуляторов является ступенчатый заряд. Он обеспечивает достаточно высокую скорость заряда аккумулятора, отсутствие негативного влияния высоких температур в процессе заряда ЛИА, а также умеренное старение ЛИА. Так, например в сравнении с самым щадящим из режимов заряда: скорость заряда выше на 116%, а скорость деградации выше всего на 2,46% в год.

Помимо этого, была построена диаграмма, определяющая приблизительную зависимость роста температуры ЛИА в процессе заряда от тока заряда, на основе чего можно делать выбор зарядного тока при невозможности использования ступенчатого заряда.

Таким образом можно сформировать рекомендации к проектированию зарядных станций для транспортных средств, использующих ЛИА в качестве источника энергии:

1. Адаптивность. Устройство должно подстраиваться под параметры ЛИА и задавать правильные значения зарядного напряжения и тока (поскольку в зависимости от катода в ЛИА меняется диапазон рабочих напряжений).
2. Терморегуляция. При достижении определенных значений температуры в процессе заряда понижать значения зарядного тока для снижения нагрузки, чтобы избежать дальнейшего роста температуры ЛИА.

Список использованных источников

1. Сафиуллин Р. Н., Сафиуллин Р. Р. Эффективность систем тягового электропривода электромобилей и гибридных транспортных средств. Москва: монография, изд. "Директ - Медиа", 2021
2. Грищенко А.Г. Математическое моделирование и экспериментальные исследования процесса заряда тяговой литий-ионной батареи легкового электромобиля // Известия ТулГУ. Технические науки . - 2021. - №9. - С. 549-555.
3. SONY VTC5a 18650 // NKON URL: <https://www.nkon.nl/ru/sony-us18650vtc5a-flat-top.html> (дата обращения: 22.06.24).
4. Охрименко В. Интеллектуальные контроллеры зарядки аккумуляторов // Электронные компоненты. — 2011. — № 6. — С. 85-88.
5. Сафиуллин Р.Н. Системы тягового электропривода транспортных средств : учебное пособие / Р. Н. Сафиуллин, В. А. Шаряков, В. В. Резниченко ; под ред. Р. Н. Сафиуллина. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. — 364 с.
6. Клименко Г.К., Ляпин А.А., Марахтанов М.К. Исследование теплового состояния аккумулятора в рабочем цикле. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 10. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/plasma/1030.html>.

7. Зарядное устройство для аккумуляторов LiitoKala Lii-P4 // LiitoKala URL: <https://litokala.ru/magazin/chargers-liitokala/zaryadnoe-ustrojstvo-liitokala-lii-pd4/> (дата обращения: 24.06.2023).
8. Мультиметр РЕСАНТА DT 838 // MASTECH URL: <https://mastechnet.ru/tsifrovoj-multimetr-mastech-mas838> (дата обращения: 25.06.2024).
9. А.М. Скундин, Ю.Г. Чирков, В.И. Ростокин. Литий-ионные аккумуляторы: компьютерное моделирование и проблемы зависимости емкости от токов заряда и разряда // Альтернативная энергетика и экология . - 2014. - №13. - С. 82-97.
10. Мельничук О.В., Фетисов В.С. Особенности заряда и разряда литиевых аккумуляторных батарей и современные технические средства управления этими процессами // Электротехнические комплексы и системы. - 2016. - №12. - С. 41-48.

A.V. Popov, master's student, Saint Petersburg Mining University (Saint Petersburg, Russia), Contact information (e-mail): p0p0valexand3r@gmail.com

R.N. Saifullin, doctor of technical sciences, professor of the department of transport and technological processes and machines, Saint Petersburg Mining University (Saint Petersburg, Russia), Contact information (e-mail): safravi@mail.ru

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF CHARGING MODES OF LITHIUM-ION BATTERIES OF VEHICLES ON THEIR SERVICE LIFE

Abstract: *This article presents the results of an experimental study of the effect of charging modes of lithium-ion batteries in vehicles. During the experiment, it was revealed how each of the selected charging modes affects the battery life, and the most optimal mode was determined, which meets the requirements of users in terms of charge speed and relatively low degradation of the battery.*

Keywords: *lithium-ion battery, battery life, charging mode, degradation of the battery*

УДК 519.876.5

Басакина В.Д., студент направления подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологический процессов и производств», ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», basakinavd@mauniver.ru

Ерешченко В.В., кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики и вычислительной техники ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», ereshchenkovv2@mauniver.ru

Швыркина А.А., студент направления подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологический процессов и производств», ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», shvyrkinaaa@mauniver.ru

Яценко В.В., кандидат технических наук, доцент кафедры автоматики и вычислительной техники ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет», yatsenkova@mauniver.ru

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОПТИЛЬНО-СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация: Применение цифровых двойников в пищевой промышленности способствует повышению устойчивости производства, позволяет оптимизировать производственный процесс с возможностью выбора критерия оптимальности. Разработка компьютерной модели универсальной коптильно-сушильной установки (далее – УКСУ), определение архитектуры программно-аппаратного комплекса сбора данных и диспетчерского контроля процессом сушики пищевых продуктов, разработка протокола сетевого взаимодействия между локальным программируемым контроллером и компьютерной моделью являются основой для создания цифрового двойника УКСУ.

Ключевые слова: коптильно-сушильная установка, сетевое взаимодействие, программное обеспечение, протокол, математическая модель

В настоящее время обеспечение продовольственной безопасности России – неотъемлемая часть общей экономической безопасности страны. Важной составляющей мер по обеспечению качества и безопасности пищевых продуктов является проведение научных исследований в области переработки сельскохозяйственной продукции, разработка и внедрение цифровых технологий в пищевую промышленность. Одним из решений обеспечения проведения экспериментов, позволяющих проводить оценку эффективности

технологических процессов, без вмешательства в реальных процесс является разработка цифровых двойников систем.

Универсальная коптильно-сушильная установка (рисунок 1), находящаяся учебно-экспериментальном цехе Мурманского арктического университета, представляет два независимых между собой модуля, в каждом из которых расположено по шесть секций [1, с. 57-59]. К одному из модулей подключен дымогенератор для проведения процесса копчения продукции. В каждом модуле расположены 3 группы ТЭНов разной мощности, предназначенные для нагрева воздуха и различных газов. За трубчатыми электронагревателями установлены датчики измерения температуры, благодаря которым обеспечивается постоянное поддержание температуры на протяжении всего процесса сушки и копчения.

Воздух в камеру подаётся рециркуляционным вентилятором, а выводится с помощью вытяжного вентилятора, за которым установлены датчики контроля относительной влажности теплоносителя.

Управление технологическим процессом в данной установке осуществляется с помощью программируемого логического контроллера ПЛК154, а его параметры задаются и отображаются на интерфейсной панели ИП320. Связь между устройствами осуществляется по интерфейсу RS-485.

Поскольку управление УКСУ осуществляется только локально, для непрерывного систематического контроля технологического было предложено внедрение диспетчерского управления, реализованного на СПК107 фирмы «ОВЕН».

Для визуализации технологического процесса в режиме реального времени, обеспечения связи с внешними устройствами, реализации сетевого соединения для передачи команд и (или) получения данных с удаленных устройств, и диспетчерского управления применена программная платформа 3d визуализации Godot Engine.



Рис. 1. Внешний вид универсальной коптильно-сушильной установки

Godot Engine – это бесплатный и открытый программный комплекс для создания как 2D, так и 3D моделей и игр [2, с. 181-183]. Он поддерживает разработку моделей на нескольких языках программирования, таких как GDScript, C# и VisualScript.

Для наглядности и удобства работы с цифровым двойником, в среде T-Flex CAD создана 3D-модель УКСУ, включающей две камеры, три группы ТЭН на каждое помещение, воздуховоды, циркуляционные и вытяжные вентиляторы. Дальнейший комплекс работ по интеграции данной 3D-модели в цифровой двойник осуществляются на платформе Godot Engine (рисунок 2).

Система взаимодействия выстроена таким образом, что данные о ходе технологического процесса передаются на программируемый логический контроллер ПЛК154. Далее данные поступают на СПК107 и отображаются на экране визуализации. Управляющие сигналы поступают на исполнительные механизмы через ПЛК154. На формирование управляющего сигнала влияет задание, установленное оператором либо на панели СПК107, либо на виртуальной панели сцены УКСУ, реализованной на платформе Godot Engine (рисунок 3).

Для обмена информацией между СПК107 и сценой УКСУ в Godot Engine используется протокол MQTT.

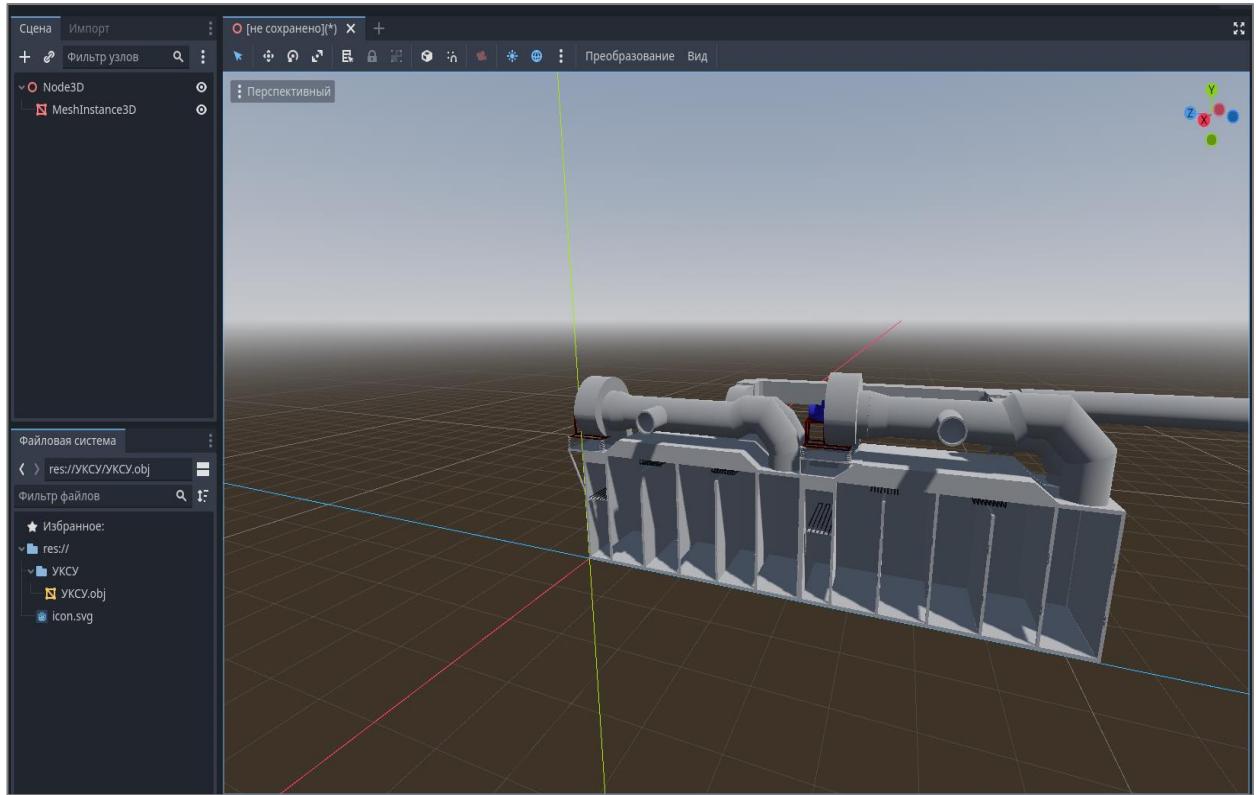


Рис. 2. 3D-модель УКСУ на платформе Godot Engine

Протокол MQTT – это протокол связи, который используется для передачи сообщений между устройствами в сети Интернет в реальном времени. Сообщения в MQTT передают между тремя участниками – издателями, брокером и подписчиками.

Для создания MQTT брокера на ПК используется Eclipse Mosquitto – это брокер сообщений с открытым исходным кодом, который реализует протокол MQTT. Он является легким и эффективным инструментом для обмена сообщениями между устройствами в системах мониторинга и других сценариях [3].

В коде Godot Engine создается подписчик MQTT, который подключается к брокеру MQTT и получает сообщения от СПК107. Этот подписчик настроен на принятие данных с конкретного канала (topic), через который передается информация о состоянии установки. Полученные данные можно в будущем использовать для обновления параметров 3D-модели в Godot Engine.

Для отправки и получения сообщений и выполнений различных действий с переданными данными необходимо установка библиотеки MQTT Client в Godot Engine для работы с MQTT протоколом.

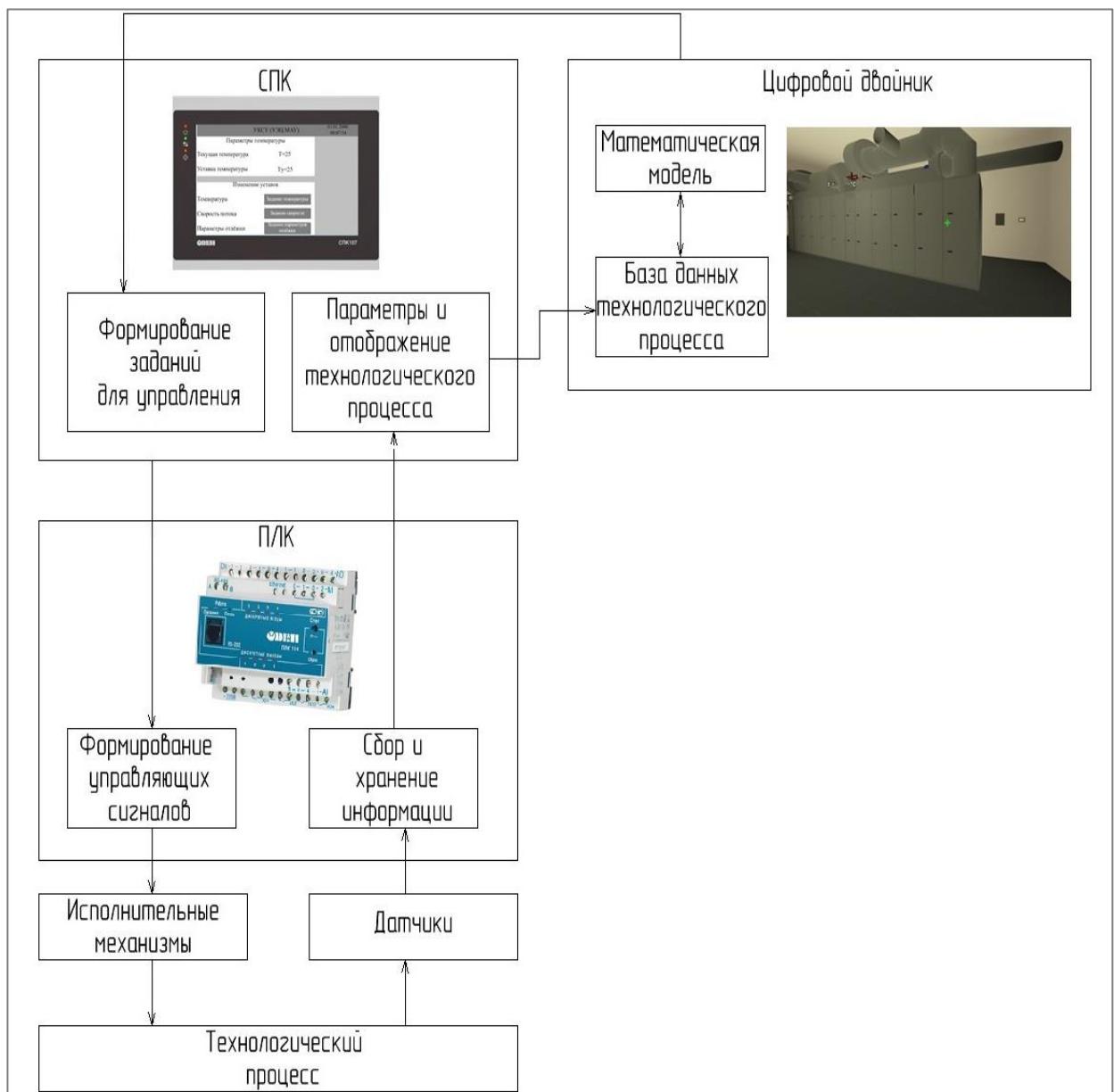


Рис. 3. Структура цифрового двойника УКСУ

После настройки сетевого взаимодействия между СПК107 и Godot Engine с помощью протокола передачи данных MQTT определен формат передаваемых данных JSON, чтобы обеспечить правильное чтение и обработку информации [4, с. 39 - 45].

JSON – это формат обмена данными, который используется для передачи структурированных данных между системами.

Для того, чтобы работать с форматом JSON в CoDeSys, необходимо загрузить в проект библиотеку PRO JSON. Для работы с JSON форматом в репозитории библиотек Godot Engine уже имеется готовая библиотека, загруженная в проект.

Для тестирования взаимодействия элементов цифрового двойника был реализован прототип установки, включающий ПЛК154, СПК107, модулей ввода и вывода МВА8 и МВУ8, датчика температуры, частотного преобразователя ПЧВ1 и исполнительного механизма, блока управления симисторами и тиристорами.

Разработанное программное обеспечение позволяет задавать уставку по температуре, выводить текущую температуру, текущую частоту вращения асинхронного двигателя, уставку температуры и задание частоты вращения в процентах. Уставку по температуре и частоту вращения можно задать двумя способами: непосредственно на панели СПК107 и на виртуальной панели сцены УКСУ в Godot Engine, поэтому на экране расположен переключатель для выбора режима управления «Управление с СПК» или «Управление с ПК». Также на главном экране расположен переключатель для включения асинхронного двигателя (рисунок 4).

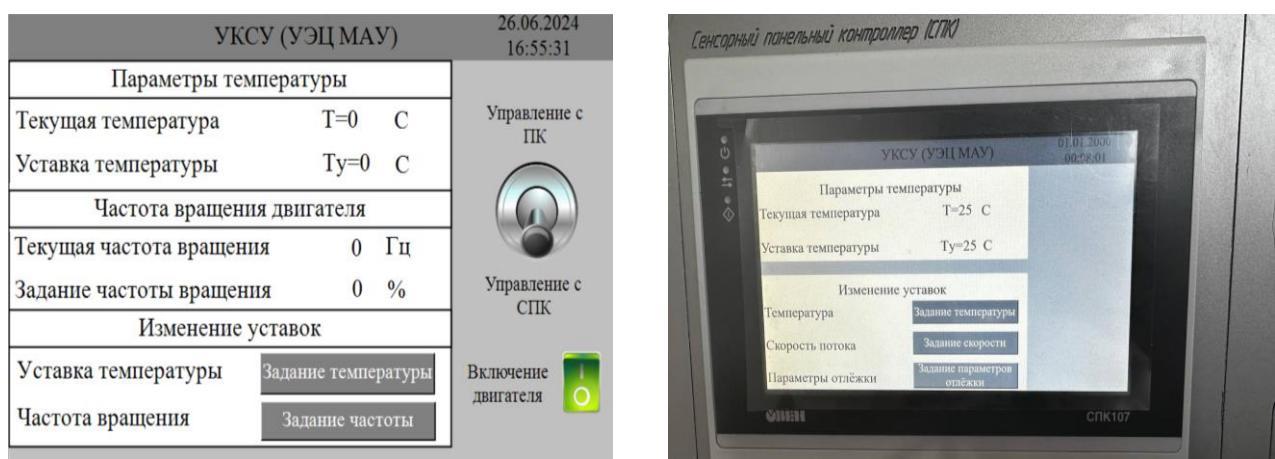


Рис. 4. Экран с визуализацией и фото панели СПК107

В Godot Engine также представлена модель СПК107, на которой отображаются те же параметры, что и на реальном СПК. Оператор может взаимодействовать с моделью, изменять параметры установки и наблюдать за

процессом с помощью интерфейса. Такой способ управления обеспечивает визуальное представление процесса и позволяет более наглядно контролировать его.

Таким образом, проработаны инструменты для создания для создания цифрового двойника УКСУ, проведен эксперимент по передаче данных между СПК107 и Godot Engine с помощью протокола MQTT в формате JSON на базе прототипа УКСУ.

Дальнейшие подходы к разработке цифрового двойника УКСУ включают в себя разработку математических моделей контуров управления температурой и влажностью. Математические модели могут использоваться для проведения виртуальных экспериментов, разработки технологических режимов, анализа данных об энергопотреблении установки, выбора оптимальных режимов работы оборудования с заданием критерия оптимальности.

Список использованных источников

1. Кайченов, А. В. Цифровой учебно-экспериментальный цех МАУ как этап создания "Цифровой фабрики будущего" / А. В. Кайченов, В. В. Яценко, А. А. Яроцкая // Наука и инновации в Арктике : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Мурманск, 04–09 декабря 2023 года. – Мурманск: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Мурманский арктический университет", 2024. – С. 57-59. – EDN XFTAZS.

2. Ерешенко, В. В. Технологии виртуальной реальности в образовательном процессе / В. В. Ерешенко // Наука и образование - 2022 : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 01–09 декабря 2022 года. – Мурманск: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Мурманский арктический университет", 2024. – С. 181-183. – EDN LEZQEN.

3. Eclipse Mosquitto: An open source MQTT broker [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mosquitto.org>.

4. Ерешенко, В.В. Управление процессом холодной сушки гидробионтов с применением технологии интернета вещей и тепловизионного анализа: дисс... канд. техн. наук. - М., 2023. - 195 с. Режим доступа: <https://rosbiotech.ru/upload/iblock/083/h25c4j2u911bo1nbhcvwxkazmu9nmhdx.pdf>

Basakina V.D., student of the course of study 15.04.04 "Automation of technological processes and productions", Murmansk Arctic University, basakinavd@mauniver.ru

Ereschenko V.V., Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor of the Department of Automation and Computer Engineering, Murmansk Arctic University, ereshchenkovv2@mauniver.ru

A.A. Shvyrkina, a student of the course of study 15.04.04 "Automation of technological processes and productions", Murmansk Arctic University, shvyrkinaaa@mauniver.ru

V.V. Yatsenko, Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor of the Department of Automation and Computer Engineering, Murmansk Arctic University, yatsenkova@mauniver.ru

APPROACHES TO DEVELOPING A DIGITAL TWIN UNIVERSAL SMOKING AND DRYING INSTALLATION

Abstract: *The use of digital twins in the food industry helps to increase the sustainability of production, allows you to optimize the production process with the possibility of choosing the optimal criterion. The development of a computer model of a universal smoking and drying unit (hereinafter referred to as the UKSU), the definition of the architecture of a software and hardware complex for data collection and dispatcher control of the food drying process, the development of a protocol for network interaction between a local programmable controller and a computer model are the basis for creating a digital twin of the UKSU.*

Keywords: *smoking and drying installation, dispatch control, network interaction, software, protocol, mathematical model*

ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 004.8

Яковлева А.О., магистрант, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Ишмурадова И.И., кандидат экономических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА ОБУЧЕНИЯ КАДРОВ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация: В последние десятилетия темпы технологического прогресса значительно возросли, а сфера цифровой экономики превратилась в ключевой драйвер развития большинства отраслей. Традиционные методы подготовки специалистов оказались недостаточно эффективными, что породило необходимость внедрения интеллектуальных систем, способных радикально трансформировать учебный процесс.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, адаптивное обучение, персонализация, цифровая экономика, обучение кадров.

Интеллектуальные системы, призванные повысить эффективность обучения, появились задолго до цифровой революции. Первые попытки создания интеллектуальных обучающих систем относятся к середине XX века, когда начали появляться первые компьютеры и зарождались идеи использования вычислительных мощностей для образовательных целей. Уже в 1960-е годы ученые заговорили о перспективе появления автоматизированных систем, способных адаптивно обучать учеников, имитируя работу преподавателя.

Первым крупным прорывом в этой области считается разработка системы PLATO (Programmed Logic for Automated Teaching Operations), запущенной в Иллинойсском университете в 1960 году [3]. Позже появился термин «Intelligent Tutoring Systems» (ITS), означавший обучающие системы, использующие алгоритмы для адаптивного взаимодействия с пользователями. ITS представляли собой системы, работающие на основе модели знаний ученика и учитывающие

индивидуальные особенности восприятия и понимания материала каждым учеником.

Со временем эволюция интеллектуальных систем шла параллельно с развитием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения. Начиная с конца XX века, системы начинают активно применять нейронные сети и методы глубинного обучения, что выводит их на совершенно иной уровень. Современные интеллектуальные системы могут автоматически анализировать поведение и успехи ученика, подбирая идеально подходящую ему учебную траекторию, и сами генерируя контент, что невозможно было раньше. Сегодня интеллектуальные системы активно проникают в массовое образование, становясь основой образовательных платформ и приложений, что привело к новому витку в подготовке кадров цифровой экономики.

Современная система подготовки кадров цифровой экономики требует новых подходов, обеспечивающих персонализацию и максимальную эффективность обучения. Один из наиболее перспективных направлений развития образовательных технологий — это интеллектуальные системы, способные адаптироваться к индивидуальным потребностям обучающихся и объективно оценивать их знания.

Адаптивное обучение представляет собой подход, при котором учебный процесс строит свою траекторию, исходя из уникальных характеристик каждого слушателя. Использование данных о прошлых успехах, стиле восприятия информации и предпочтениях слушателей позволяет интеллектуальным системам автоматически адаптировать содержание и темп обучения. Это позволяет не только повысить усвоение материала, но и мотивировать обучающихся, давая им возможность осваивать новую информацию в удобном темпе и формате.

Наиболее важными компонентами интеллектуальных систем являются искусственные нейронные сети (ИНС), которые применяются для анализа больших массивов данных и построения персонализированных траекторий обучения. Благодаря способности моделировать сложные нелинейные

зависимости и эффективно обрабатывать огромные объемы информации, ИНС помогают создавать персонализированные учебные траектории, адаптированные под уникальные потребности каждого специалиста.

Преимущества интеллектуальных систем в обучении кадров цифровой экономики:

- **Самообучение.** ИНС способны самостоятельно обнаруживать закономерности и зависимостей между входными и выходными данными, что позволяет адаптироваться к новым условиям и выдавать точные результаты на основе ранее неизвестных данных.
- **Высокое быстродействие.** Благодаря распределенной архитектуре ИНС, обработка информации происходит намного быстрее, чем в традиционных алгоритмах.
- **Адаптация к изменениям.** ИНС гибко реагируют на изменения условий, что делает их надежным инструментом для стабильной работы в любой обстановке.

Интеллектуальные системы в подготовке кадров цифровой экономики включают в себя интерактивные платформы, которые предоставляют пользователям разнообразные ресурсы, такие как видеоуроки, интерактивные задания и тесты, подобранные в соответствии с уровнем подготовки. Если специалист испытывает трудности с какой-либо темой, система предложит дополнительные материалы и упражнения для закрепления знаний. Адаптивный подход способствует более глубокому пониманию предмета и формированию компетенций, необходимых для успешного выполнения профессиональных задач.

Другим важным аспектом является автоматизированная проверка заданий. Алгоритмы машинного обучения способны оценивать письменные работы, тесты и другие типы заданий, освобождая преподавателей от трудоемких проверок. Это не только ускоряет процесс оценки, но и повышает объективность и справедливость подхода к оцениванию, что особенно важно в условиях высоких требований к стандартам обучения.

Преимущества внедрения интеллектуальных систем в процесс подготовки кадров цифровой экономики:

- **Персонализация обучения:** интеллектуальные системы адаптируются к уникальности каждого слушателя, учитывая прошлые успехи, предпочтения и стиль обучения.
- **Эффективное распределение ресурсов:** автоматизация проверки заданий и тестов позволяет педагогам сосредоточиться на творческом преподавании и взаимодействии с обучающимися.
- **Объективность оценивания:** система оценивает работы по заранее установленным критериям, минимизируя субъективность.
- **Быстрая обратная связь:** студенты оперативно получают информацию о своих ошибках и прогрессе, что способствует своевременной коррекции и повышению ответственности.
- **Доступность и гибкость:** интерактивные платформы позволяют обучающимся изучать материалы в удобное время и месте, выбирая подходящий темп и формат обучения.

Недостатки и риски использования интеллектуальных систем

Вместе с многочисленными достоинствами интеллектуальные системы несут и ряд недостатков:

- **Технические сложности:** внедрение интеллектуальных систем требует значительных вложений в инфраструктуру и программное обеспечение, а также надежной технической поддержки и постоянных обновлений.
- **Ограничность в понимании контекста:** алгоритмы могут упускать важные нюансы и особенности, необходимые для глубокого понимания предметной области.
- **Зависимость от данных:** качество работы интеллектуальных систем напрямую зависит от точности и полноты используемых данных.
- **Потеря личного взаимодействия:** чрезмерная автоматизация может ограничить живое общение между преподавателем и студентами, что отрицательно отражается на эмоциональной стороне обучения.

Таким образом, внедрение интеллектуальных систем в обучение кадров цифровой экономики является важным шагом к созданию более эффективной и персонализированной образовательной среды. Однако, для достижения гармонии между технологиями и личностным взаимодействием, необходимо искать баланс, который обеспечит сохранение мотивации и развитие межличностных навыков, столь важных для успешного освоения и использования цифровых технологий.

Одними из ярких примеров успешного внедрения цифровых технологий в образование и подготовку кадров являются прогрессивные национальные проекты, воплощенные в странах-лидерах цифровой экономики. Ярким примером может служить Эстония, которая успешно реализует проект «e-Estonia» [4].

Благодаря цифровой платформе e-Estonia эстонские университеты и колледжи получили уникальную возможность перевести многие образовательные процессы в онлайн-формат. Студенты могут регистрироваться на экзамены, подавать документы на поступление и получать студенческие визы удаленно, без необходимости физического присутствия. Открытая система доступа к государственным услугам позволяет учащимся получать справки и разрешительные документы моментально, что существенно экономит время и упрощает бюрократические процедуры.

Еще один интересный пример — Сингапур, который давно стал международным центром для подготовки кадров цифровой экономики. Страна активно развивает онлайн-курсы и платформы, используя технологии искусственного интеллекта и анализа больших данных для адаптации учебного процесса под каждого отдельного студента. Такие платформы позволяют прогнозировать успешность обучения, выявляя трудности на раннем этапе и корректируя образовательную траекторию студента.

В Китае университеты активно внедряют системы с использованием искусственного интеллекта для персонализации образовательного процесса. Например, в Пекинском университете запущен проект "Smart Campus", который

собирает данные о поведении студентов и анализирует их успеваемость, подсказывая студентам наиболее удобные способы освоения дисциплин.

Тем самым, многие страны активно внедряют цифровые решения в процесс подготовки кадров цифровой экономики, обеспечивая как повышение качества образования, так и адаптацию учебного процесса под индивидуальные потребности каждого студента.

На основе проведенного анализа и выявленных тенденций можно сформулировать следующие рекомендации и направления для дальнейшего развития интеллектуальных систем в обучении кадров цифровой экономики:

- Создание стандартов и правил эксплуатации интеллектуальных систем. Для повышения качества и надежности обучения необходимо разработать единые стандарты, которые бы регулировали внедрение и эксплуатацию интеллектуальных систем. Это позволит унифицировать подходы к разработке и использованию подобных систем, а также обеспечит стабильность и безопасность их функционирования.
- Разработка единого каталога компетенций и знаний. Создание единого каталога компетенций и знаний, который бы использовался интеллектуальными системами для точной оценки уровня подготовки обучающихся, позволит точнее настраивать учебные траектории и обеспечивать более глубокое усвоение материала.
- Формирование институтов развития и аккредитации. Создание специализированных институтов, которые занимались бы развитием и аккредитацией интеллектуальных систем, поможет регулировать качество образовательных продуктов и повысить доверие к такому типу обучения.
- Инвестиции в обучение исследователей и разработчиков. Учитывая сложную природу интеллектуальных систем, необходимо инвестировать в подготовку специалистов, способных разрабатывать и эксплуатировать такие системы. Для этого важно расширять образовательные программы в области искусственного интеллекта и машинного обучения.

- Развитие международного сотрудничества. Интеллектуальные системы не знают границ, поэтому необходимо развивать международное сотрудничество в области разработки и внедрения интеллектуальных систем для подготовки кадров цифровой экономики. Обмен опытом и совместные проекты помогут ускорить развитие технологий и повысить их качество.
- Усиление интеграции науки и бизнеса. Совместная работа учёных, представителей бизнеса и власти позволит создать эффективные механизмы внедрения интеллектуальных систем в учебный процесс, а также разработать эффективные методики оценки качества подготовки специалистов цифровой экономики.

Поэтому, для дальнейшего развития интеллектуальных систем в обучении кадров цифровой экономики необходимо предпринять комплекс мер, направленных на создание стандартов, каталогов компетенций, институтов развития и интеграции науки и бизнеса. Эти шаги помогут вывести подготовку специалистов цифровой экономики на качественно новый уровень, обеспечивая их готовность к будущим вызовам и задачам.

Таким образом, интеллектуальные системы становятся важнейшим инструментом в подготовке кадров цифровой экономики, обеспечивая беспрецедентные возможности для персонализации и повышения эффективности образовательного процесса. Сочетание адаптивного обучения, нейронных сетей и технологий искусственного интеллекта позволяет не только учитывать индивидуальные особенности каждого человека, но и выводить подготовку специалистов на качественно новый уровень. Российские и международные практики показывают, что применение интеллектуальных систем в образовании неизбежно и уже сегодня реализуется в ряде ведущих университетов и корпораций. Дальнейший прогресс в области искусственного интеллекта и анализа данных обещает сделать процесс обучения еще более эффективным и привлекательным, но требует осторожного подхода и постоянного мониторинга.

Список использованных источников

1. Шихнабиева Т.Ш. Иерархическая модель представления знаний в интеллектуальных информационных системах образовательного назначения // Педагогическая информатика. 2014. №4. С. 73-82. ;
2. Ю.Б. Попова. От LMS к адаптивным обучающим системам. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ot-lms-k-adaptivnym-obuchayuschim-sistemam/viewer> (Дата обращения 27.04.2025);
3. История и развитие цифрового образования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sky.pro/wiki/profession/istoriya-i-razvitiye-cifrovogo-obrazovaniya/> (Дата обращения 29.04.2025)
4. Цифровая экономика и онлайн-образование: европейский опыт: коллективная монография / под науч. ред. И.В. Пеньковой, В.А. Королева. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2020. – 351 с.

Yakovleva A.O., undergraduate student, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Scientific supervisor - Ishmuradova.I.I., candidate of economic Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

INTELLIGENT SYSTEMS AS THE FOUNDATION OF TRAINING DIGITAL ECONOMY PROFESSIONALS

Abstract: *In recent decades, the pace of technological progress has significantly increased, while the digital economy sector has become a key driver of development for most industries. Traditional methods of training specialists have proven to be insufficiently effective, which necessitated the introduction of intelligent systems capable of radically transforming the educational process.*

Keywords: *intelligent systems, adaptive learning, personalization, digital economy, personnel training.*

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

УДК 338.2

Карпенко О.А., кандидат экономических наук, ведущий специалист АО «Самарагорэнергосбыт»

Левченко Л.В., кандидат экономических наук, доцент старший научный сотрудник ГБНОУ СО «Академия для одаренных детей (Наяновой)»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И КАПИТАЛ В КЛАССИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Аннотация: Статья посвящена теоретическому исследованию интеллектуального и инновационного потенциала и капитала человека в классической экономической теории. Даются определения исследуемых понятий, рассматриваются вопросы их участия в воспроизводственном процессе и создании стоимости, а также вопросы распределения получаемых доходов и ренты.

Ключевые слова: интеллектуальный и инновационный потенциал и капитал человека, классическая экономическая теория, прибыль, рента, монополия.

В настоящее время в экономической науке не иссякает интерес к исследованиям человеческого капитала. Особенno интересным является проведение исследований отдельных подвидов человеческого капитала в воспроизводственном процессе и создании стоимости.

Рассмотрим интеллектуальный и инновационный подвиды человеческого потенциала и капитала, которые в основном принимают наибольшее участие в процессах создания стоимости.

Интеллектуальный капитал представляет собой важнейший подвид человеческого капитала – стоимость знаний, навыков и способностей, приносящих, увеличивающих доход. Интеллектуальный потенциал, – соответственно, – потенциально способных к принесению, увеличению дохода.

Инновационный капитал представляет собой важнейший подвид человеческого капитала – стоимость инновационных и новаторских знаний, навыков и способностей, создающих инновации и / или участвующих в их создании, приносящих, увеличивающих инновационный доход. Инновационный

потенциал, – соответственно, – потенциально способных к принесению, увеличению инновационного дохода.

Интеллектуальный и инновационный потенциал и капитал наиболее тесно связаны с состоянием ментального и психического, а также духовного уровня развития человека.

Также рассматриваемые подвиды человеческого капитала капиталы тесно связаны с организационным, предпринимательским, культурным и духовным капиталами человека.

Исследованиям интеллектуального капитала и потенциала в классической теории ~~также~~ посвящено множество трудов российских и зарубежных ученых. Среди зарубежных учёных, изучавших интеллектуальный капитал и проблемы его измерения, можно выделить: У. Хадсона, Р. Кроуфорда, М. Мэлоуна, Л. Эдвинсона, А. Брукинга, К. Свейби, Н. Бонтиса, С. Алberta, К. Бредли, А. Пулика, Дж. Сварта, Дж. Даума, П. Салливана и других. Среди отечественных ученых отметим, внесших особый вклад в развитие теории интеллектуального капитала, В. В. Наумова, В. Л. Макарова, С. М. Климова, В. Л. Иноземцева, Б. Б. Леонтьева, А. И. Колганова и других.

Приведем некоторые трактовки понятия интеллектуального капитала разными учёными:

- Л. Эдвинссон определял интеллектуальный капитал как знание, которое может быть конвертировано в стоимость.
- С. Алберт и К. Бредли отождествляли интеллектуальный капитал с «процессом превращения знаний и неосязаемых активов в полезные ресурсы, которые дают конкурентные преимущества индивидуумам, фирмам и нациям».
- Дж. Даум в работе «Нематериальные активы» писал, что интеллектуальный капитал — это структурированное знание и способности, основанные на связях и обладающие потенциалом развития и создания стоимости.
- Б.Б. Леонтьев в книге «Цена интеллекта. Интеллектуальный капитал в российском бизнесе» определяет интеллектуальный капитал как стоимость

суммы имеющихся у компании интеллектуальных активов, в том числе интеллектуальную собственность, природные и приобретённые навыки и умения сотрудников, базы знаний и полезные отношения с другими субъектами [15].

– В.Л. Иноземцев под интеллектуальным капиталом понимает некий «коллективный мозг, аккумулирующий научные и обыденные знания работников, интеллектуальную собственность и накопленный опыт, общение и информационную структуру, информационные сети и имидж фирмы» [8].

Исследованиям интеллектуального капитала человека также посвящены работы как зарубежных, так и отечественных современных авторов.

Среди западных учёных, занимавшихся исследованием проблемы интеллектуального капитала, выделяют, например, П. Друкера, О. Тоффлера, И. Шеффлера, Дж. Гелбрейта, Т. Стюарта, Л. Туру, М. Кастельса, Ф. Фукуяму, Ч. Хэнди, Х. Такиучи, М. Сакакибару, Л. Эдинсона, М. Мэлоуна.

В отечественной науке значительный вклад в развитие вопроса с точки зрения уточнения содержания интеллектуального капитала как объекта изучения и выделения его структурных частей внесли, в частности, В. Гойло, В. Иноземцев, [8] Б. Леонтьев, [15] Р. Капелюшников, [9] С. Клинов, [13] М. Скаржинский, Р. Цывлев и другие.

Отметим некоторые современные исследования, посвящённые интеллектуальному капиталу человека:

– О.В. Лосева, Н.М. Абдиев «Концепция человеческого интеллектуального капитала в условиях цифровизации экономики». В статье рассмотрены компоненты человеческого капитала и взаимосвязь человеческого и интеллектуального капиталов в современном обществе [16].

– П.Ю. Макаров «Интеллектуальный капитал в понятийно-категориальном аппарате экономической науки: критическое осмысление и систематизация». Работа посвящена понятию «интеллектуальный капитал» и его соотнесению с близкими по смыслу понятиями (человеческий капитал, социальный капитал, нематериальные ресурсы и другие) [17].

Исследованиям инновационного человеческого капитала также посвящены работы многих учёных и исследователей современности, среди них:

- Т.Шульц и Г.Беккер. Американские исследователи-экономисты начали разрабатывать теорию человеческого капитала в рамках экономической науки [1,2].
- П.Бурдье, [5] С. Кузнец, Дж. Коулман, Р. Лукас, Э. Тоффлер и другие американские учёные внесли значительный вклад в теорию человеческого капитала.

Исследованиям инновационного человеческого капитала также посвящены работы разных современных авторов, среди них:

- Ю. Г. Балашова, Т. А. Фоменко. В статье рассматривается человеческий капитал как определяющий фактор инновационного развития современного предприятия [4].

Авторы используют публикации отечественных экономистов, посвящённые человеческому капиталу в инновационной экономике: С.Х. Агировой, А.И. Бакагаевой, В.Ю. Бурова, М.В. Журавлёва, Д.Ф. Гараевой, О.С. Закорецкой, Д.Р. Ибрагимовой, В.Е. Ванкевич [6] и других.

- И.З. Гарафьев. Автор диссертации на соискание учёной степени доктора социологических наук на тему «Инновационный человеческий капитал в регионе (социологический анализ)» [7].
- Т.В. Черевичко. В научной статье рассматривается инновационный человеческий капитал как один из факторов становления современной модели «открытых инноваций». Автор отмечает, что отличительной особенностью инновационной модели развития национальных экономик является значительная мобильность высококвалифицированных специалистов, что обусловило формирование нового типа человеческого капитала [19].
- А.А. Троицкая. Автор статьи «Проблемы и возможности развития инновационных качеств человеческого капитала российских предприятий». В работе выделены основные проблемы развития и эффективного использования инновационного человеческого капитала российских предприятий:

несовершенство системы повышения квалификации на предприятиях, сложности в получении молодыми специалистами необходимых навыков и знаний на этапе получения специальности, неоптимальные условия организационной среды [18].

– О.А. Карпенко и Л.В. Левченко исследовали интеллектуальный и инновационный капитал человека в рамках узкого подхода к понятию человеческого капитала и выделения в его составе различных подвидов. Исследователями рассмотрен широкий круг вопросов в отношении интеллектуального и инновационного капитала, включая понятийный аппарат, свойства и функции, взаимодействие с другими подвидами человеческого капитала, участие в воспроизводственном процессе и создании стоимости, получения и распределения интеллектуальных доходов, в особенности – интеллектуальной и инновационной ренты, а также институциональную систему, процессы и взаимодействия [10,11].

В настоящее время роль и значение интеллектуального и инновационного потенциала и капитала возрастает. Происходят изменения в процессе накопления знаний и интеллекта, человек все больше самосовершенствуется и саморазвивается, результатом чего становится повышение качества человеческого потенциала и капитала. Изменение в структуре человеческого капитала в условиях новой экономики обусловлены, прежде всего, сокращением с середины XX в. временного лага между этапами в использовании достижений НТП. Если раньше радикальные технические изменения в общественном производстве происходили примерно через 35 – 40 лет, а знания, полученные в профессиональных учебных заведениях, были достаточными в течение всей трудовой жизни специалиста, то в современных условиях технологии могут обновляться в течение 4 – 5 лет, а в наиболее прогрессивных отраслях 2 – 3 лет, причем необходимость обновления диктуется не столько физическим, сколько моральным износом. Все это предопределяет изменение условий обеспечения производства высококвалифицированными специалистами в новой экономике, необходимые сроки подготовки которых возросли до 12 – 14 лет.

Прежде основное значение для экономического развития имела образовательная составляющая человеческого капитала, влияющая на производительность труда, что формально описано в модели Р. Лукаса. Но в новой современной экономике основным механизмом воздействия человеческого капитала на экономическое развитие становится влияние инновационной компоненты человеческого капитала, описанное в модели П. Ромера. Ученый делает акцент на роли инновационных способностей человека как ключевого фактора производства новых знаний, инноваций, совершенствования производственных процессов, распространения и применения новых знаний в экономике.

Коренным образом изменились объективные требования к знаниям и навыкам работников, переподготовке кадров, повышению их интеллектуального и культурного уровня, созданию условий для инновационного и творческого развития и самореализации личности, поскольку в современных условиях эффективность труда все больше зависит от накопленных знаний, глобального уровня мышления, инициативы и творчества, способностей ориентироваться в изменяющихся условиях высокой неопределенности и риска, а также владения различными надпрофессиональными навыками. Также следует отметить, что требование непрерывного образования применяется не только к индивиду, но и к коллективу, составляющему персонал фирм и организаций.

Организационной основой включения современных людей в инновационный процесс является сетевой принцип, позволяющий формировать транснациональные инновационные структуры и способствующий более тесному взаимодействию всех его участников, усилиению прямых и обратных связей.

Инвестиции в образование и развитие по содержательному признаку обычно разделяют на формальные и неформальные [3]. Формальные инвестиции представляют собой получение среднего, специального и высшего образования, а также другого образования, профессиональная подготовка на производстве, различные курсы, обучение в магистратуре, аспирантуре, докторантуре и пр.

Неформальные инвестиции представляют собой самообразование индивида, к ним относится чтение развивающей литературы, совершенствование в различных видах искусства, профессиональное занятие спортом и пр.

Здесь трудно не согласиться с мнением В. Щетинина о том, что «к числу важнейших современных экономических закономерностей, свойственных различным странам, относится процесс интеллектуализации экономики и других сторон социальной жизни», [20, С. 47] а также внедрение инноваций. Известно, что наиболее важные инновации в самом широком смысле создаются не только в коммерческом секторе экономики. Поэтому следует признать правомерность целесообразности рассмотрения конкретных форм использования человеческого, и в особенности – интеллектуального капитала человека в нерентабельных сферах общественной жизни: государственном и некоммерческом секторах экономики, некоммерческой деятельности бизнес-структур, секторе домохозяйств, социальном секторе и т.д.

Инновационный сектор экономики, креативная часть элиты, общества и государства являются источниками накопления высококачественного человеческого и интеллектуального капитала который определяет направление и темпы развития страны, региона, организаций. С другой стороны, накопленный качественный человеческий, интеллектуальный и инновационный капитал лежит в основе инновационной системы и экономики. Процессы развития интеллектуального и инновационного капитала и инновационной системы составляют единый процесс формирования и развития инновационно-информационного общества и его экономики.

Интеллектуальный и инновационный капитал, как и в целом человеческий капитал, участвует в процессе производства и воспроизводства. В данном процессе интеллектуальные и инновационные ресурсы человека превращаются в интеллектуальный и социальный капитал.

В воспроизводственном процессе происходит формирование интеллектуального и инновационного капитала и создание / увеличение им стоимости.

Интеллектуальный и инновационный капитал участвует в воспроизводственном процессе в качестве фактора производства «знания» и получает свой вид пофакторных доходов:

- заработную плату, интеллектуальную и инновационную ренту на фактор «знания»,
- различные виды заработной платы, доплат и прибавок на фактор производства «труд», в данном случае интеллектуальный и инновационный труд.

В случае получения различных видов и типов интеллектуальной и инновационной ренты, интеллектуальный и инновационный капитал становится монополизированным представляет собой часть как действительного капитала, так и часть фиктивного.

Действительный интеллектуальный и инновационный капитал создает действительную стоимость. Фиктивная часть интеллектуального и инновационного капитала создает фиктивную (или ложную социальную) стоимость, которая в результате реализации произведенного продукта приносит соответствующую ренту.

Рента на интеллектуальный и инновационный капитал как специфический монопольный доход распределяется между человеком и фирмой. Человек как собственник получает заработную плату как плату за интеллектуальный и новаторский труд и знания, или может получать часть ренты как плату за монопольное владение соответствующими навыками, знаниями, информацией и т.п. Фирма получает часть прибыли или в зависимости от возможностей монополизации – ренты на интеллектуальный и инновационный капитал, который находится с ней в трудовых взаимоотношениях.

В зависимости от степени монополизации интеллектуального и инновационного человеческого капитала как ресурса возникает противоречие в присвоении рентного дохода на данные подвиды человеческого капитала. Интеллектуальным и инновационным человеческим капиталом сам человек может создавать большую стоимость, чем полученное им вознаграждение (как

пример, он может создавать ренту, а получать заработную плату). Здесь возникает противоречие между созданием и присвоением интеллектуального и инновационного рентного дохода: создает этот доход человек – собственник интеллектуального и инновационного человеческого капитала, а большую его часть присваивает фирма.

Таким образом, интеллектуальный и инновационный человеческий капитал, – как определяют его большинство экономистов классической школы, – состоит из приобретенных интеллектуальных и инновационных знаний, навыков, мотиваций и энергии, которыми наделены люди и которые могут использоваться в течение определенного периода времени в целях производства интеллектуальных и инновационных товаров и услуг и принесения дохода. Он полноценно участвует в воспроизводственном процессе в качестве фактора производства «труд» и «знания», в создании, увеличении стоимости и принесении / увеличении дохода.

Итак, нами рассмотрены основные подвиды человеческого потенциала и капитала, принимающие наибольшее участие в воспроизводственном процессе и создании стоимости – интеллектуальный и инновационный потенциал и капитал. Они перекликаются между собой прежде всего своей сущностью – человеческими навыками и способностями, а также схожестью участия в воспроизводственном процессе. Однако участвуют в основном в качестве различных факторов производства и приносят различные виды доходов.

Список использованных источников

1. Becker, Gary S. *Human Capital*. N.Y.: Columbia University Press, 1964,
2. Shultz T. *Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences*. N.Y., 1968, vol. 6.,
3. Армстронг М. *Практика управления человеческими ресурсами*; пер. с англ. под ред. С. К. Мордовича. 8–е изд. СПб.: Питер, 2004;

4. Балашова, Ю. Г. Человеческий капитал как определяющий фактор инновационного развития предприятия / Ю. Г. Балашова, Т. А. Фоменко. // Инновационная экономика и общество. 2024. №4(46). С. 19-25
5. Бурдье П. Формы капитала /пер. М. С. Добряковой; ред. В.В. Радаев // Экономическая социология. 2002. Т. 3. № 5. С. 60–75,
6. Ванкевич В.Е. Экономические отношения занятости: закономерности развития и регулирования. Минск: БГЭУ, 2015. 312 с.;
7. Гарафьев И.З. Инновационный человеческий капитал и когнитивный труд работника. Казань. Изд. КНИТУ. Казань. 2012. 285с.,
8. Иноземцев В. Л. За пределами экономического общества. М.: Academia-Наука, 1998.,
9. Капелюшников Р. И. Концентрация человеческого капитала. Критика современной буржуазной политэкономии. – М.: Наука. 1977. 582 с.,
10. Карпенко О.А. Интеллектуальный капитал в системе экономических отношений // Актуальные вопросы экономических наук. 2010. № 17-1. С. 28-33;
11. Карпенко О.А. Интеллектуальный капитал как ключевой фактор трансформации экономических систем, а также экономических и производственных отношений // Роль интеллектуального капитала в экономической, социальной и правовой культуре общества XXI века. сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. Комитет по науке и высшей школе; Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики. 2018. С. 362-365;
12. Карпенко О.А., Левченко Л.В. Интеллектуальный капитал и интеллектуальная рента в экономике Saarbrucken, 2016. 94 с.;
13. Климов С.М. Ваш человеческий и социальный капитал. <http://www.elitarium.r>,
14. Кравченко Л.А., Троян И.А., Горячих М.В. Теоретические аспекты развития человеческого капитала в условиях креативной экономики // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. 2022. Т. 8 (74). № 3. С. 49–58,

15. Леонтьев Б.Б. Цена интеллекта: Интеллектуал. капитал в рос. бизнесе: Оценка. Ориентиры. Моделирование. Защита прав / Б.Б. Леонтьев. - Москва : Акционер, 2002. - 196 с.,
16. Лосева О.В., Абдиев Н.М. Концепция человеческого интеллектуального капитала в условиях цифровизации экономики. Режим доступа <https://elib.fa.ru/art2021/bv503.pdf/download/bv503.pdf?lang=en>,
17. Макаров П.Ю. Интеллектуальный капитал в понятийно-категориальном аппарате экономической науки: критическое осмысление и систематизация // Вопросы экономики. 2022; № (4). С. 5-25,
18. Троицкая А.А. Проблемы и возможности развития инновационных качеств человеческого капитала российских предприятий // Экономика. Предпринимательство. Окружающая среда (ЭПОС). 2016. № 4. С. 71–76,
19. Черевичко Т.В. Инновационный человеческий капитал в мировой экономике. Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. История. Международные отношения. 2015. Т. 15, вып. 4. С. 80 – 83,
20. Щетинин В. Человеческий капитал и неоднозначность его трактовки // МЭМО. М., 2001. № 12. С. 42-49.

*Karpenko O.A., PhD in Economics, leading specialist of JSC Samaragorenergosbyt
Levchenko L.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, State Budgetary Educational Institution of the Sverdlovsk Region “Academy for Gifted Children (Nayanova)”*

INTELLECTUAL AND INNOVATIVE POTENTIAL AND CAPITAL IN CLASSICAL ECONOMIC THEORY

Abstract: *The article is devoted to the theoretical study of intellectual and innovative potential and capital of a person in classical economic theory. Definitions of the concepts under study are given, issues of their participation in the reproduction process and value creation, as well as issues of distribution of received income and rent are considered.*

Keywords: *intellectual and innovative potential and capital of a person, classical economic theory, profit, rent, monopoly.*

УДК 657

Гафурова А.Я., доцент кафедры экономики и управления предприятием, Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»

Тихонов А.А., студент, Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»

ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЁТА В ДИАГНОСТИКЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ПАО «ТАТНЕФТЬ»)

Аннотация: В статье рассматриваются инструменты управленческого учёта, применяемые для оценки и диагностики финансовой устойчивости компаний. Проведен сравнительный анализ финансовых показателей компании за 2023 и 2024 годы, рассчитаны ключевые управленческие и финансовые коэффициенты, сделаны аналитические выводы. Выявлены проблемные зоны и предложены направления совершенствования системы управленческого учета для повышения устойчивости бизнеса.

Ключевые слова: управленческий учет, антикризисное управление, финансовый анализ, ПАО «Татнефть», точка безубыточности, рентабельность, бюджетирование.

В условиях экономической нестабильности и санкционного давления российские предприятия сталкиваются с необходимостью оперативного принятия решений для поддержания финансовой устойчивости. Одним из наиболее эффективных инструментов в таких условиях становится управленческий учет, который обеспечивает руководство актуальной информацией для обоснования стратегических и тактических решений. На примере ПАО «Татнефть» рассмотрим роль управленческого учета в антикризисной политике компании.

В таблице 1 представлены основные финансовые показатели ПАО «Татнефть» за 2023 и 2024 годы [2], служащие основой для последующего анализа финансовой динамики и расчёта ключевых управленческих коэффициентов (ROS, ROA, ROE, DOL). Сопоставление показателей позволяет выявить тенденции, влияющие на устойчивость и эффективность деятельности компании в условиях внешнеэкономических изменений.

Таблица 1. Сравнительный анализ финансовых показателей ПАО «Татнефть» за 2023–2024 гг.

Показатель	2023 г. (млрд руб.)	2024 г. (млрд руб.)	Абсолютное изменение (+;–)	Относительное изменение (%)
Выручка	1 313,57	1 563,78	+250,21	+19,05
Операционная прибыль	319,12	297,63	-21,49	-6,73
Чистая прибыль	238,11	251,37	+13,26	+5,57
Общие активы	1 455,56	1 493,12	+37,56	+2,58
Собственный капитал	927,82	992,13	+64,31	+6,93

Анализ финансовых показателей ПАО «Татнефть» за 2023–2024 годы показывает, что, несмотря на уверенный рост выручки на 19,05%, операционная прибыль снизилась на 6,73%. Это говорит о росте затрат или снижении операционной эффективности. В то же время чистая прибыль увеличилась на 5,57%, что может быть связано с влиянием внешних факторов, не связанных напрямую с основной деятельностью.

Общие активы компании выросли незначительно, что говорит о стабильной, но сдержанной инвестиционной политике. При этом рост собственного капитала на 6,93% отражает укрепление финансовой базы, что положительно сказывается на устойчивости предприятия.

На основе агрегированных показателей можно сделать предварительный вывод о наличии определённых дисбалансов между ростом доходов и снижением эффективности основной деятельности.

Для более глубокой оценки финансового состояния и выявления управлеченческих резервов необходимо рассчитать ключевые коэффициенты. Эти показатели позволяют выявить скрытые тенденции в динамике деятельности компаний и дадут основу для последующего антикризисного анализа.

В таблице 2 представлена динамика значений управлеченческих коэффициентов за 2023 и 2024 годы, а также рассчитаны их абсолютные и относительные изменения. Это позволяет наглядно проследить изменения в уровне рентабельности и операционной устойчивости компаний в условиях внешнеэкономической нестабильности.

Таблица 2. Динамика ключевых управлеченческих коэффициентов ПАО «Татнефть» за 2023–2024 гг., дол. ед.

Показатель	2023 г.	2024 г.	Абсолютное изменение (+;–)	Относительное изменение (%)
Рентабельность продаж (ROS)	0,2429	0,1903	-0,0526	-21,65
Рентабельность активов (ROA)	0,1636	0,1683	0,0047	2,87
Рентабельность собственного капитала (ROE)	0,2566	0,2534	-0,0032	-1,25
Операционный рычаг (DOL)	-0,35		x	x

Анализ динамики ключевых управлеченческих коэффициентов ПАО «Татнефть» за 2023-2024 годы демонстрирует неоднозначную картину эффективности бизнеса. Основное внимание привлекает снижение рентабельности продаж (ROS) на 21,65%. Это означает, что при росте выручки доля операционной прибыли в её структуре снизилась – предприятие стало зарабатывать меньше с каждого рубля дохода. Данная тенденция указывает на рост издержек или изменение ассортимента продукции в сторону менее маржинальных направлений. Это требует пересмотра политики затрат и оценки рентабельности отдельных бизнес-единиц.

В то же время рентабельность активов (ROA) увеличилась на 2,87%, что свидетельствует об улучшении отдачи от всех используемых ресурсов. Этот рост при умеренном увеличении активов может быть обусловлен более эффективным управлением или приростом чистой прибыли от непрофильной деятельности.

Рентабельность собственного капитала (ROE) сократилась незначительно – на 1,25%. Это может говорить о том, что при наращивании собственного капитала его доходность снизилась, особенно в условиях стагнации операционной прибыли. Такая ситуация требует внимания к эффективности реинвестирования прибыли и контролю за структурой источников капитала.

Особого внимания заслуживает значение операционного рычага (DOL), которое оказалось отрицательным: -0,35. Это говорит о том, что операционная прибыль снизилась при росте выручки, что противоположно нормальной

экономической зависимости. Отрицательный операционный рычаг указывает на дисбаланс между доходами и расходами, что может быть связано с резким увеличением переменных издержек или недостаточной операционной гибкостью.

Расчетные коэффициенты подтверждают предварительные выводы: ПАО «Татнефть» демонстрирует внешнюю стабильность на уровне доходов и активов, однако внутренние показатели эффективности требуют повышенного управленческого контроля, особенно в части затрат и структуры операционной прибыли.

Выявленные показатели, в частности снижение рентабельности продаж и отрицательное значение операционного рычага, указывают на рост издержек и снижение операционной гибкости. В этих условиях требуется усиление управленческого контроля за затратами, пересмотр ценовой политики и использование факторного анализа для оценки убыточных направлений деятельности.

Анализ платежеспособности ПАО «Татнефть» за 2023–2024 годы представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Анализ платежеспособности ПАО «Татнефть» за 2023-2024 гг., дол. ед.

Показатель	2023 г.	2024 г.	Абсолютное изменение (+;-)
Коэффициент общей платежеспособности	10,9456	12,5056	1,56
Коэффициент финансовой независимости	8,2393	9,7309	1,4916
Коэффициент задолженности	0,1214	0,1028	-0,0186
Коэффициент концентрации заемного капитала	0,0334	0,0338	0,0004
Коэффициент инвестирования	0,6810	0,8361	0,1551

На фоне общего роста выручки и активов наблюдается укрепление финансовой устойчивости: коэффициент общей платежеспособности увеличился с 10,95 до 12,51, отражая улучшение способности компании покрывать все обязательства за счёт всех активов.

Позитивная динамика коэффициента финансовой независимости (с 8,24 до 9,73) указывает на рост доли собственного капитала в структуре финансирования. Одновременно коэффициент задолженности снизился, что свидетельствует о контролируемом уровне долговой нагрузки. Незначительный рост коэффициента концентрации заёмного капитала (на 0,0004) подтверждает стабильность структуры капитала. Повышение коэффициента инвестирования говорит о большей направленности собственных средств на формирование внеоборотных активов.

Таким образом, динамика показателей платёжеспособности отражает укрепление долгосрочной финансовой устойчивости компании. Это создаёт базу для стратегических управленческих решений в области инвестиций, распределения капитала и оптимизации структуры финансирования.

В таблице 4 отражены изменения коэффициентов ликвидности ПАО «Татнефть» за 2023-2024 годы.

Таблица 4 – Анализ ликвидности ПАО «Татнефть» за 2023-2024 гг., дол. ед.

Показатель	2023 г.	2024 г.	Абсолютное изменение (+; -)
Коэффициент мгновенной ликвидности	0,1165	0,1602	0,0437
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,1544	0,1912	0,0368
Коэффициент быстрой ликвидности	0,9597	0,9865	0,0268
Коэффициент средней ликвидности	1,3049	1,4448	0,1399
Коэффициент критической ликвидности	1,3055	1,4453	0,1398
Коэффициент текущей ликвидности	1,9209	2,0211	0,1002

По итогам периода все основные показатели выросли, что говорит об усилении способности компании выполнять краткосрочные обязательства.

Коэффициенты мгновенной и абсолютной ликвидности увеличились на 0,0437 и 0,0368 соответственно, что свидетельствует об улучшении способности погашать обязательства за счёт наиболее ликвидных активов. Рост коэффициента быстрой ликвидности до 0,99 подтверждает наличие адекватного уровня оборотных активов для покрытия текущих долгов.

Увеличение коэффициентов средней, критической и текущей ликвидности на 0,14 и более также говорит о позитивных изменениях в структуре оборотных средств и усилении краткосрочной платёжеспособности. Улучшение показателей ликвидности снижает риски кассовых разрывов и обеспечивает компании необходимый уровень гибкости для оперативного реагирования на внешние вызовы. Это усиливает потенциал для реализации краткосрочных антикризисных мероприятий.

Проведённый анализ свидетельствует о положительных изменениях как в долгосрочной платёжеспособности, так и в краткосрочной ликвидности ПАО «Татнефть». Укрепление как платёжеспособности, так и ликвидности свидетельствует о выстроенной финансовой дисциплине компании. Эти результаты демонстрируют эффективность управлеченческой политики и наличие потенциала для адаптации к экономической турбулентности без привлечения критических объёмов внешнего финансирования.

Проведённый комплексный анализ показателей рентабельности, платёжеспособности и ликвидности ПАО «Татнефть» за 2023–2024 годы позволяет сделать вывод о двойственном характере финансового положения компании. С одной стороны, наблюдается снижение рентабельности продаж и операционной прибыли, что указывает на необходимость пересмотра затратной политики и усиления контроля за эффективностью основной деятельности. С другой – укрепление платёжеспособности и положительная динамика коэффициентов ликвидности подтверждают наличие у компании устойчивой финансовой базы и способности к выполнению текущих и долгосрочных обязательств.

Сочетание внешней устойчивости и внутренних точек напряжения требует активного применения инструментов управлеченческого учёта: факторного анализа, контроля по центрам ответственности, анализа системы бюджетирования и безубыточности. Именно управлеченческий учёт, основанный на актуальной аналитической информации, способен обеспечить адаптацию

компании к нестабильной экономической среде и служит ключевым элементом антикризисного управления.

Таким образом, ПАО «Татнефть» располагает необходимыми ресурсами и инструментами для стабилизации финансового состояния. Реализация обоснованных управленческих решений, основанных на данных внутреннего учёта, позволит не только минимизировать риски, но и сформировать устойчивую модель корпоративного развития.

Список использованных источников

1. ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. Интегрированный годовой отчет за 2023 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tatneft.ru/press-tsentr/otchety-i-prezentatsii/godovye-otchety>, свободный. – Дата обращения: 16.05.2025.
2. ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина. Бухгалтерская отчетность и аудиторское заключение независимого аудитора за 2024 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tatneft.ru/aktsioneram-i-investoram/rezulaty-i-otchety/buhgalterskaya-otchetnost>, свободный. – Дата обращения: 15.05.2025.
3. Кондраков Н.П. Управленческий учет: учебник. – М.: Инфра-М, 2020. – 416 с. – ISBN 978-5-16-015582-3. – URL: <https://infra-m.ru/catalog/upravlencheskiy-uchet/> (дата обращения: 18.05.2025).
4. Horngren C.T., Datar S.M., Rajan M.V. Cost Accounting: A Managerial Emphasis. – 16th ed. – Pearson Education, 2021. – 960 p. – ISBN 978-0134674561. – URL: <https://www.pearson.com> (дата обращения: 19.05.2025).

A.Y. Gafurova, Associate Professor of the Department of Economics and Enterprise Management, Petroleum High School, Almeteyevsk State Oil Institute, Russia

A.A. Tikhonov, student, Petroleum High School, Almeteyevsk State Oil Institute, Russia

MANAGERIAL ACCOUNTING TOOLS IN DIAGNOSING A COMPANY'S FINANCIAL STABILITY (CASE STUDY OF "TATNEFT")

Annotation: The article explores managerial accounting tools used to assess and diagnose a company's financial stability. A comparative analysis of the company's financial indicators for 2023 and 2024 is conducted, key managerial and financial ratios are calculated, and analytical conclusions are drawn. Problematic areas are identified, and recommendations are made to improve the managerial accounting system in order to enhance business resilience.

Keywords: managerial accounting, crisis management, financial analysis, "Tatneft", break-even point, profitability, budgeting.