



**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ,
АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ**

ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И
СТУДЕНТОВ**

Челябинск

2023

УДК 656
ББК 39
С 56

Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения: сборник трудов VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов / [науч. ред. А.Н. Ткачёв]. – Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2023 – 283 с.

Научный редактор – к.т.н, доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет» А.Н. Ткачёв

Редактор-корректор – специалист редакционно-издательского отдела, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет К.М. Фролова

В сборник включены статьи участников VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов «Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения», состоявшейся в г. Челябинске 24 января 2023 г.

ISBN 978-5-6048829-7-9

© ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2023

© Коллектив авторов, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Электроэнергетика и электротехника

Бацева Н.Л., Федькин А.С., Хошбемян С.М. Исследование работы автоматической частотной разгрузки в изолированной энергосистеме нефтегазоконденсатного месторождения	5
Белов А.В., Ткачёв А.Н., Ильин Ю.П., Скородумова Н.В. Выбор схем соединения обмоток потребительских трансформаторов	12
Бережной Я.А. Применение фотоэлектрических модулей с целью совершенствования системы электроснабжения жилого комплекса	25
Буторин В.А., Саплин Л.А., Плешакова А.Ю., Прохоренко А.И. Затраты на проведение планово-предупредительных работ электротехническими службами сельскохозяйственных предприятий	31
Гусейнов Р.Т., Ткачев А.Н., Царёв И.Б., Новик И.В., Дак В.А., Толмачёв К.В. Экономические проблемы обслуживания сельских водозаборных скважин и причины выхода погружных электродвигателей	35
Ездина А.А., Пономарева О.А., Ездин Д.П. Использование вибрации при дозировании сыпучих материалов	41
Ездина А.А., Пономарева О.А., Ездин Д.П. Причины основных дефектов фундаментов	47
Завьялов О.Г. Наложение вращающегося магнитного поля на газовый слой цилиндрической опоры электромеханического устройства	52
Зязев Е.В., Николаев В.Н. Аэродинамическое устройство смешивания сыпучих материалов	56
Карпенко М.Ю., Курманова Л.С., Петухов С.А., Росляков А.Д. Физическо-химические процессы при подаче аммиака в дизельный двигатель	62
Максимов Н.М. К вопросу проектирования и сборки портативных термоэлектрических генераторов	71
Максимова Т.С. Анализ потенциала применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог	81
Марьин Г.Е., Шубина А.С. К вопросу сжигания сернистых сланцев в цикле парогазовых установок	90
Мунассар Е.Х.А., Шорсткий И.А. Электротехнические комплексы в элеваторной промышленности	94
Наруков Е.С. Обзор и анализ исследований процесса смешивания сыпучих материалов	101
Полетаев Д.А., Соколенко Б.В. Биллинговая система подключения потребителей электрической энергии	111
Пряшников П.Ф. Моделирование установившихся режимов электрических систем	114
Пустоветов М.Ю. Модифицированная компьютерная модель 3-фазной асинхронной электрической машины для обеспечения учета магнитного насыщения потоками рассеяния	118
Сабанцев А.В., Хохрин А.С., Чудаков Л.А. К вопросу о методах приема сигналов в устройствах автоматики и телемеханики	124
Селунский В.В., Четощников А.А. Улучшение качества копченой рыбы за счет модернизации конструкции установки электростатического копчения	132
Тельманова Е.Д., Чернеев П.П. Оптимальное проектное решение задачи распределения электрической энергии в городской среде	143
Федорова Г.С. Применение светодиода в качестве источника искусственного освещения	150
Шубина В.А., Добросотских А.С. Устройство для ограничения токов короткого замыкания	156

Транспортные технологии

Бессонов Б.А. Электромобили и экология. перспективы использования электромобилей	160
Бешенцев И.Д. Применение водородного топлива на колёсных видах общественного транспорта	167
Громовенко Д.А., Ширинкина Е.В. Развитие автотранспортной отрасли в условиях технологического суверенитета	178
Дорошев А.М., Абушова Е.Е. Развитие транспортных технологий в логистической отрасли	184
Кочетова А.О., Сарычева С.А., Уткин А.П. Расчет эффективности внедрения беспилотной системы движения поездов на примере Московского Центрального кольца	191
Лавриков В.А. Использование современных модульных ядерных технологий расплавленных солей на морских судах	196
Мухамадеев Э.З., Мухамадеев Э.Э. Долгосрочные перспективы развития автомобилей на водородном топливе	201
Писарева А.С., Кравченко А.В. Контроль за использованием материальных ресурсов в системе управления затратами в организациях транспорта	209

Стефановский А.Б. Особенности регрессии определяющего размера шестерён масляных насосов дизелей и гидроприводов на эффективный рабочий объём	216
Тарасов Е.М., Бредун И.С., Чудаков Л.А. Перспектива внедрения систем мониторинга состояния с использованием машинного обучения и больших данных в железнодорожных структурах	225
Хатипова Л.Ф., Алексеев И.П. Решение транспортной задачи методом потенциалов	232
Яковлева Ю.С., Поживилов Н.В. Распределение зарядной инфраструктуры в зависимости от экологических показателей различных районов города Москвы	237
Информационные технологии	
Витт А.М. Использование цифровых технологий в процессе обучения в вузе	243
Волков П.В. Некоторые особенности цифровой трансформации инфокоммуникационной базы предприятий технологических отраслей	249
Волков Я.В., Мухина Ю.Р. Автоматизация процесса проведения внеучебного мероприятия с помощью QR-сканера	254
Гладких В.С. Риск-ориентированный подход при осуществлении государственного строительного надзора в сфере строительства	259
Петровский С.В., Петровский А.В. Достижение электромагнитной совместимости системы зажигания при помощи интеллектуального диагностического комплекса	264
Саврасова Н.Р. Моделирование движения клубня картофеля на ленточном транспортере сортирующего устройства	270
Шатров С.Л., Курганова О.Б., Гусева Е.А. Транспортная логистика в эпоху Индустрии 4.0	277

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТНОЙ РАЗГРУЗКИ В ИЗОЛИРОВАННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Бацева Н.Л. – к.т.н., доцент Отделения электроэнергетики и электротехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Федькин А.С. – магистрант ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Хошбемян С.М. – магистрант ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Аннотация

В статье приведены результаты эксперимента, связанного с исследованием работы автоматической частотной разгрузки в изолированной энергосистеме нефтегазоконденсатного месторождения. Выяснено, что при возникновении возмущения на шинах газотурбинной станции, автоматическая частотная разгрузка работает неуспешно, что приводит к останову газотурбинных агрегатов. Предложено заменить существующую автоматическую частотную разгрузку системой автоматической быстрой разгрузки газотурбинных агрегатов.

Анализ развития энергосистем (ЭС) показывает, что доля участия высокоманевренных газотурбинных агрегатов (ГТА) в выработке мощности увеличивается. Это связано с тем, что нефтегазоконденсатным месторождениям становится выгодным осуществлять производство собственной электрической энергии особенно тем, ЭС которых являются изолированными.

Изолированные ЭС – это ЭС, не имеющие электрических связей для параллельной работы с другими ЭС [1]. Для поддержания их устойчивой работы необходимо поддерживать постоянное равенство генерируемой и потребляемой мощностей, чтобы избежать нарушения баланса мощности и частоты.

Изолированные ЭС месторождений очень чувствительны к возникновению небалансов активной мощности, приводящих к изменению частоты сверх допустимых значений. Одним из тяжелых возмущений для

изолированных ЭС месторождений является аварийное отключение даже одного ГТА, если отсутствует запас генерирующих мощностей или вращающийся резерв. Это неизбежно приводит к останову всех ГТА газотурбинной электростанции (ГТЭС) и к потере питания потребителей. Не допускается даже кратковременное снижение частоты ниже 45 Гц, время работы с частотой 47 Гц не должно превышать 20 с, а с частотой 48,5 Гц – 60 с [2]. Поскольку длительная работа с пониженной частотой не допустима, а восстановление частоты не может быть получено за счёт средств регулирования, то при возникновении возмущений применяют автоматическую аварийную разгрузку по частоте (АЧР). Поэтому исследование работы АЧР в изолированных ЭС месторождений является актуальной задачей.

Под процессом АЧР понимают отключение части потребителей для снижения суммарной нагрузки в ЭС. АЧР – это аварийное мероприятие, которое производят только в том случае, когда все резервы системы исчерпаны, а частота продолжает снижаться. В изолированных ЭС нельзя допускать снижение частоты ниже 45-и Гц, а достаточным условием для безаварийной работы является достижение значения в 49,5 Гц.

Разгрузка ЭС производится очередями. При разработке АЧР проектируется столько очередей, сколько необходимо для более точной настройки регулирования и исключения подъёма частоты выше номинального значения.

Объектом исследования является изолированная ЭС одного из самых крупных нефтегазоконденсатных месторождений в Ямало-Ненецком автономном округе и, одновременно, одного из самых северных месторождений в России. В рамках реализации стратегического проекта ООО «Газпром Нефть» на месторождении построена крупнейшая на полуострове Ямал ГТЭС мощностью 96МВт (1-я очередь) с возможностью ее увеличения до 144 МВт (2-я очередь).

В настоящее время на ГТЭС в работе находятся 6-ть ГТА 16РМ (П) цехового исполнения с двигателем ПС-90ГП-2. Топливом для ГТА является углеводородный газ.

Помимо генерирующего оборудования, схема ЭС содержит: 30-ть единиц трансформаторного оборудования с высшим классом напряжения 110

и 35 кВ; 45-ть воздушных линий электропередачи 110, 35, 10, 6 кВ; электрические нагрузки.

Вращающийся резерв в ЭС месторождения отсутствует.

Для постановки эксперимента по исследованию работы АЧР использован программный модуль *RUSTab* программно-вычислительного комплекса *RASTRWIN3* [3]. Модуль *RUSTab* разработан как для расчета и анализа установившихся режимов, так и электромеханических переходных процессов в ЭС.

Эксперимент включал: 1) создание расчётной модели для ЭС месторождения; 2) контроль установившегося режима по небалансам мощностей, уровням напряжений в узлах, токовой загрузке линий электропередачи и трансформаторного оборудования; 3) расчёт электромеханического переходного процесса для исследования работы АЧР.

Помимо данных для расчёта и анализа установившегося режима, при расчёте электромеханического переходного процесса вводились исходные данные по возбудителям, автоматическим регуляторам возбуждения генераторов, форсировке, автоматическим регуляторам скорости вращения турбин (АРС), автоматике и сценарию переходного процесса. Особое внимание уделялось точности ввода данных по регуляторам скорости вращения турбин, так как современные системы регулирования скорости вращения газовых турбин в совокупности с относительно небольшими эквивалентными инерционными постоянными агрегатов оказывают значительное влияние на электромеханический переходный процесс [4]. АРС влияет не только на динамическую устойчивость энергоблока, но и на демпфирование колебаний режимных параметров, что и определяет необходимость подробного учёта. Для правдоподобной имитации движения роторов генераторов выбрана динамическая трёхконтурная модель на основе уравнений Парка-Горева, которую следует применять для учёта генераторов, чьи переходные процессы могут оказать решающее влияние на результаты расчёта, а также для генераторов, установленных вблизи места возмущения [5].

Для моделирования автоматике и сценария переходного процесса вводились данные в двух подсистемах, которые представлены тремя идентичными таблицами: «Пусковые органы», «Логика», «Действия» [3]. Таблица «Пусковые органы» предназначена для измерения параметров,

«Действия» – для изменения параметров объектов расчётной модели, а в таблице «Логика» описаны логические выражения для активизации «Действий» на основании значений контролируемых параметров, задаваемых в таблице «Пусковые органы».

Согласно режимной карте диспетчерского центра управления ЭС месторождения, работа АЧР начата с уставки 47,8 Гц с разницей по частоте между соседними ступенями в 0,1 Гц. Выдержка времени у всех ступеней принята в диапазоне 0,2 - 0,6 с. АЧР частично или полностью отключает нагрузку в узлах ЭС, заведённых под АЧР. Суммарная активная мощность потребителей, заведённых под АЧР, составляет 21,18 МВт.

После ввода всех исходных данных и контролируемых параметров, задания сценария расчета и автоматики, запускается расчет переходного процесса.

В эксперименте смоделирована исходная схемно-режимная ситуация в ЭС: в работе ГТА №№ 1, 4, 5, 6; ГТА №№ 2 и 3 – в ремонте, суммарная активная мощность нагрузки в ЭС – 48 МВт. Схема – нормальная.

При возникновении возмущения на шинах 110 кВ ГТЭС происходят: отключение ГТА №№ 4 и 5; наброс нагрузки на ГТА №№ 1 и 6, оставшиеся в работе.

Вертикальные прямые чёрного цвета на рис. 1 и 2 показывают моменты времени срабатывания ступеней АЧР.

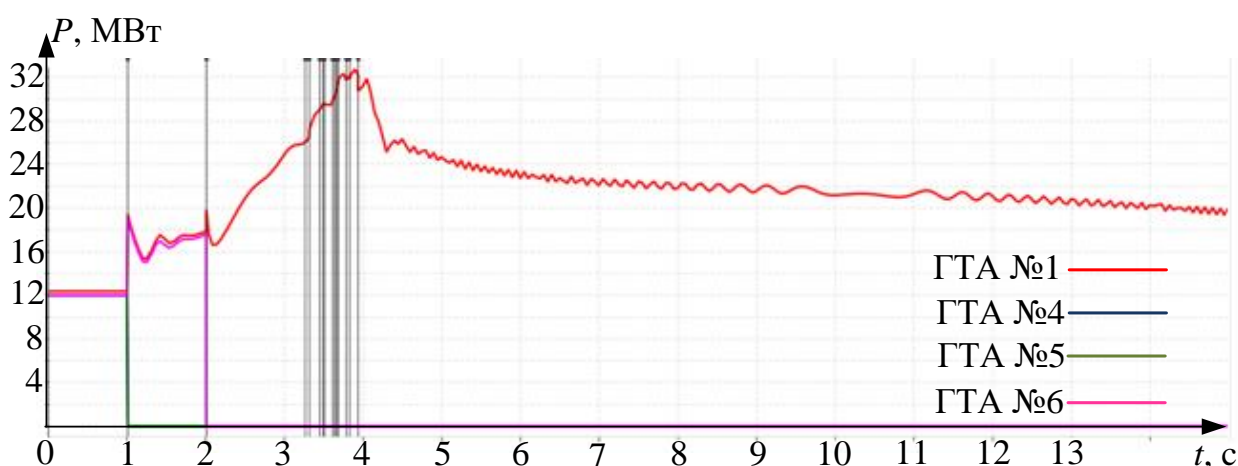


Рис. 1. График зависимости активной мощности ГТА №№ 1, 4, 5, 6 от времени

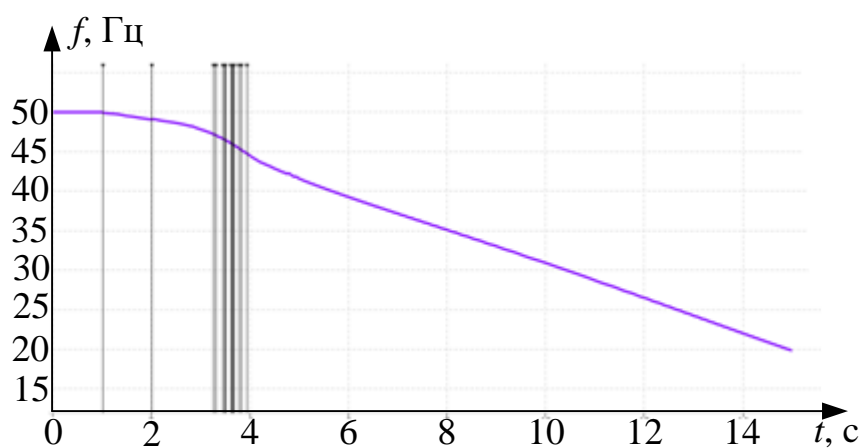


Рис. 2. График зависимости частоты от времени

При набросе нагрузки ГТА № 6 на 2-й секунде аварийно останавливается до срабатывания первой ступени АЧР, так как мощность наброса нагрузки больше возможной генерируемой мощности (рис. 1), а первая ступень АЧР срабатывает уже при отключенных ГТА №№ 4, 5, 6. После отключения ГТА №№ 4, 5, 6 частота в ЭС уменьшается до 47,6 Гц за 1 с. Когда частота снижается до 47,8 Гц, начинается работа АЧР (рис. 2). Отработали все ступени АЧР, но прекратить снижение частоты не удаётся, и ГТА ГТЭС останавливаются.

Отметим, что в архиве оперативно-информационного комплекса СК-11 диспетчерского центра месторождения сохранена осциллограмма аналогичной реальной аварии, случившейся в ЭС месторождения (рис. 3), что позволило некоторым образом верифицировать результаты моделирования в *RUSTab*.

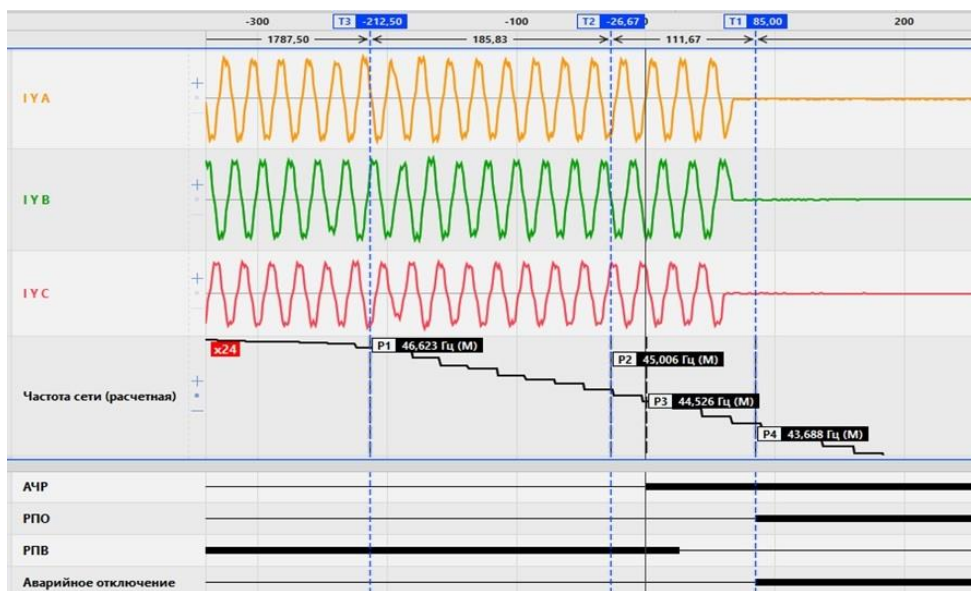


Рис. 3. Осциллограмма аварии: P1 – уставка срабатывания АЧР терминалов защит ячеек со временем срабатывания 0,2 с; P2 – уставка срабатывания системы автоматического управления на срабатывание отсечного газового клапана, аварийный останов ГТА; P3 – замер частоты при срабатывании реле «АЧР»; P4 – замер частоты при подтверждении отключения выключателя присоединения

Из рис. 3 видно, что прекращение подачи энергоносителя (метка времени P2) произошло раньше, чем отключение нагрузки (метки времени P3 и P4). Автомат безопасности ГТА сработал раньше первой ступени АЧР. Это говорит о том, что АЧР отработала неуспешно.

Во избежание останова ГТЭС, необходимо сохранить частоту, минимально допустимую для работы изолированной ЭС месторождения. Если поднять уставку АЧР до значения 49,3 Гц, то останова ГТА не последует, но возникает риск ложного срабатывания АЧР, что может привести к частичному останову добычи углеводородов и экономическим убыткам. Поэтому авторы обратили внимание на систему автоматической быстрой разгрузки (АБР) генераторов из [12], которая обладает повышенной точностью выбора управляющих воздействий при отключении энергоблоков электростанций и обеспечивает недопущение возникновения условий для ложного срабатывания АЧР и технологических защит. Созданная авторами расчётная модель месторождения с заменой АЧР на АБР будет пересобрана в пакете прикладных программ Matlab & Simulink и внедрена в первые два блока схемы АБР – в орган контроля предшествующего режима, задачей которого является

приём и обработка информации о текущих загрузках ГТА по активной мощности и в блок сравнения текущих загрузок ГТА по активной мощности с уставками срабатывания АЧР.

Следует отметить, что проведение экспериментов, связанных с моделированием и исследованием работы АЧР, является актуальным не только для изолированной ЭС отдельно взятого месторождения, но и для ЭС многочисленных месторождений, не имеющих связей с основной ЭС или имеющих с ней слабую связь.

Список используемых источников

1. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта от 24-09-2008 СТО 59012820.29.240.008-2008 // АО «СО ЕЭС», 2008. 62 с.
2. Павлов Г.М., Меркурьев Г.В. Автоматика энергосистем. СПб.: Изд-во НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2001. 58с.
3. Руководство пользователя ПК RUSTab [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rastrwin.ru/> (дата обращения: 30.12.2022).
4. Герасимов А.С., Смирнов А.Н. Вопросы моделирования и исследования режимов энергосистем // Известия НТЦ Единой Энергетической Системы. 2013. № (2) 69. С. 6–14. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21029808> (дата обращения: 30.12.2022).
5. Мелешкин Г.А., Меркурьев Г.В. Устойчивость энергосистем. СПб.: НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2006. 369 с.
6. 12. Патент №2723544 Российская Федерация, МПК H02P 9/10 (2006.01), H02H 3/00 (2006.01), H02J 3/14 (2006.01), G01R 21/00 (2006.01). Система автоматического противоаварийного управления нагрузкой в изолированно работающей энергетической системе: №2020105795: заявл. 06.02.2020: опубл. 15.06.2020/ Андранович Б., Аюев Б. И. 12 с.

ВЫБОР СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Белов А.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Техника и технологии» ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Ткачëв А.Н. – к.т.н., и. о. заведующего кафедрой «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Ильин Ю.П. – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Техника и технологии» ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», доцент кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Скородумова Н.В. – ст. преподаватель кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос влияния схем соединения обмоток на эксплуатационные качества потребительских трансформаторов. Даны рекомендации по выбору схем соединения обмоток в зависимости от условий эксплуатации и мощности нагрузки.

В Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) [5] сказано (п. 1.7.57): «Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы TN».

Система TN имеет следующие разновидности: TN-C, TN-S, TN-C-S.

Во всех перечисленных системах соблюдается одно условие: трансформаторы имеют глухозаземленную нейтраль.

Этому условию соответствуют четыре схемы соединения обмоток трансформаторов (рассматриваются только схемы, применяемые в России по стандарту):

- 1) звезда – звезда с заземлением нейтрали: Y/Y_n;
- 2) звезда – зигзаг с заземлением нейтрали: Y/Z_n;
- 3) треугольник – звезда с заземлением нейтрали: Δ/Y_n;

4) звезда – звезда с симметрирующей обмоткой и с заземлением нейтрали: Y/Y_n (последнее обозначение не является общепринятым и введено авторами).

Потребительские трансформаторы, т.е. силовые трансформаторы с низким напряжением 0,4 кВ, выпускаются отечественной промышленностью на мощности от 16 до 3150 кВ·А. При этом заказчик может выбрать практически любую из вышперечисленных схем соединения обмоток.

Рассмотрим особенности каждой из схем соединения обмоток.

1. Звезда – звезда с заземлением нейтрали

На рис. 1 представлена схема соединения обмоток Y/Y_n (звезда – звезда с заземлением нейтрали) в однолинейном (а) и трехлинейном (б) изображении.

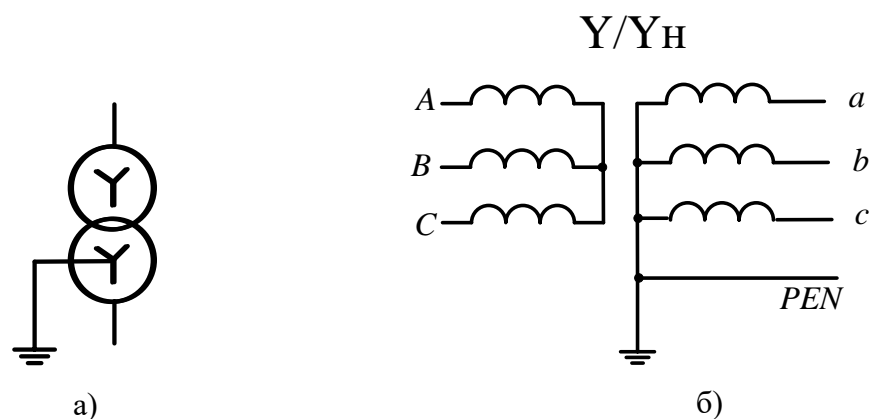


Рис. 1. Схема соединения обмоток Y/Y_n

Трансформаторы, собранные по такой схеме, имели практически 100-процентное применение в Советском Союзе. Это было обусловлено, прежде всего, простотой изготовления и сравнительно низкой стоимостью. Анализ прайс-листа фирмы STELZ (Екатеринбург) [7] показывает, что трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y_n примерно на 6% дешевле, чем трансформаторы со схемой соединения обмоток Δ/Y_n .

Однако такая система не лишена недостатков. Эти недостатки проявляются при неравномерности нагрузки фаз, однофазных замыканиях, влияют на качество электроэнергии и надежность работы релейной защиты.

Неравномерность нагрузки фаз наблюдается в трансформаторах, питающих однофазную нагрузку, что характерно для частных жилых построек, сельскохозяйственных потребителей и городской малоэтажной застройки. Со стороны низшего напряжения при неравномерной нагрузке фаз

в низковольтных сетях с глухозазамленной нейтралью происходит *смещение нулевой точки* и изменение напряжений и токов как по абсолютному значению, так и по углам между фазными напряжениями (рис. 2).

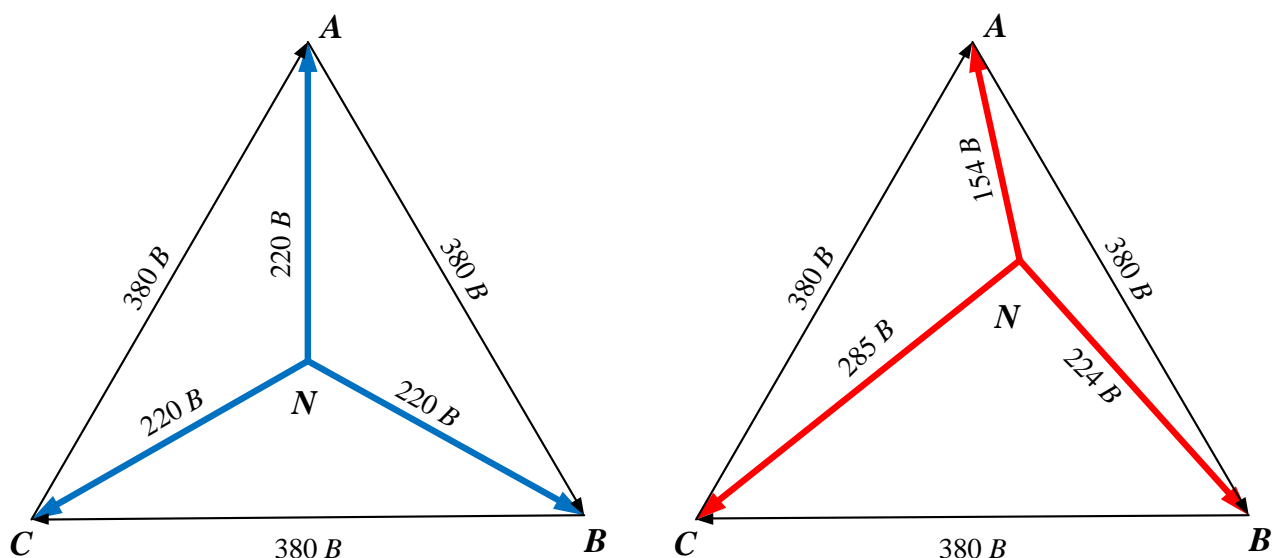


Рис. 2. Пример влияния неравномерной нагрузки фаз на величину фазных напряжений и фазных углов

Работа трехфазной низковольтной сети при неравномерной нагрузке фаз приводит к следующим негативным последствиям: а) возникновение уравнивающего тока в нулевой жиле, что приводит к увеличению расхода электроэнергии; б) превышение в одной из фаз напряжения на зажимах потребителя, что может вывести из строя оборудование; в) понижение в одной из двух других фазах напряжения, что может привести к перегреву электродвигателей и преждевременному выходу их из строя; г) сокращение срока службы электроприемников.

Отрицательным фактором является также пониженная чувствительность релейной защиты к токам однофазного короткого замыкания. Дело в том, что трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y_n имеют большое сопротивление току однофазного короткого замыкания. В таблице 1 (источник [4]) представлены сопротивления трансформаторов току однофазного короткого замыкания при различных схемах соединения обмоток.

Сопротивления трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ току однофазного короткого замыкания (даны в Омах)

Схемы соединения обмоток	Мощность трансформатора, кВ·А								
	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
Y/Y _n	3,11	1,949	1,237	0,779	0,487	0,312	0,195	0,129	0,081
Y/Z _n	0,67	0,57	0,36	0,225	0,15	0,09	0,066	0,042	0,027
Δ/Y _n	–	–	–	–	–	0,086	0,060	0,041	0,026

Из таблицы видно, например, что сопротивление току однофазного короткого замыкания трансформатора мощностью 25 кВ·А при соединении обмоток Y/Y_n составляет 3110 мОм, а при соединении Y/Z_n – всего 670 мОм.

Рассмотрим причины такой разницы. Как известно, в первичной обмотке, соединённой в звезду без выведенной нулевой точки, токи нулевой последовательности протекать не могут.

Магнитные потоки нулевой последовательности, создаваемые токами вторичной обмотки, выходят за пределы магнитного сердечника и замыкаются через металлический кожух трансформатора. Это определяет значительно большую величину сопротивления нулевой последовательности таких трансформаторов по сравнению с сопротивлениями прямой последовательности: $R_0 \gg R_1$; $X_0 \gg X_1$.

Следует отметить, что в отличие от сопротивлений прямой последовательности трансформаторов, которые можно рассчитать математически, сопротивления нулевой последовательности трансформаторов со схемами соединения обмоток Y/Y_n расчёту не поддаются. Их можно определить только экспериментально. Величина этих сопротивлений во многом зависит от конструкции кожуха трансформатора, от величины зазоров между сердечником и кожухом и т. п. Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов разных изготовителей могут отличаться друг от друга. Однако изготовители, как правило, не приводят справочных данных, и приходится пользоваться устаревшими данными, собранными ещё в прошлом веке. Поэтому данные, приведенные для схемы Y/Y_n в таблице 1, можно считать только ориентировочными. Однако очевидно, что существует большая разница между сопротивлениями трансформаторов для тока ОКЗ при разных схемах соединений обмоток.

Для примера рассчитаем ток ОКЗ на выводах трансформатора с системой соединения обмоток Y/Y_n мощностью 25 кВА.

Ток однофазного КЗ рассчитываем по формуле:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{1}{3}Z_T^{(1)} + Z_{II}}, \quad (1)$$

где U_ϕ – фазное напряжение (принимаяем $U_\phi = 230$ В), Z_{II} – сопротивление петли «фаза-нуль» (поскольку мы рассчитываем ток на выводах трансформатора, то $Z_{II} = 0$); $Z_T^{(1)}$ – полное сопротивление трансформатора току однофазного короткого замыкания. Это сопротивление можно взять непосредственно из таблицы 1.

Ток ОКЗ на выводах трансформатора с системой соединения обмоток Y/Y_n мощностью 25 кВ·А равен:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{1}{3}Z_T^{(1)} + Z_{II}} = \frac{230}{\frac{1}{3}3110 + 0} = 0,221 \text{ кА}$$

Для трансформатора со схемой соединения Y/Z_n ток ОКЗ равен:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{1}{3}Z_T^{(1)} + Z_{II}} = \frac{230}{\frac{1}{3}670 + 0} = 1,029 \text{ кА.}$$

Как показал расчет, ток однофазного короткого замыкания на выводах трансформатора, собранного по схеме Y/Z_n оказался в 4,65 раза больше, чем на выводах трансформатора, собранного по схеме Y/Y_n.

Здесь следует отметить, что номинальный ток такого трансформатора составляет:

$$I_{Tном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 38 \text{ А.} \quad (2)$$

Рассмотрим, как влияет схема соединения обмоток на надежность защиты.

На рис. 3 представлена времятоковая характеристика автоматического выключателя с характеристикой отключения типа C (наиболее распространенная характеристика) [2]. Из характеристики следует, что электромагнитный расцепитель автомата срабатывает при значении тока КЗ, равного десятикратной уставке теплового расцепителя. Если мы защитим с

низшей стороны трансформатор модульным автоматическим выключателем, то должны задать уставку теплового расцепителя (и, соответственно, номинальный ток автомата) равным 40 А (т.е. несколько выше номинального тока трансформатора) [2].

$$I_{\text{АВном}} \geq I_{\text{max}} \quad (3)$$

При такой уставке теплового расцепителя электромагнитный расцепитель сработает при токе КЗ равном 400 А или больше. Но при соединении обмоток Y/Yn ток однофазного короткого замыкания составляет всего 221 А. Следовательно, электромагнитный расцепитель, который должен защитить сеть от КЗ, при однофазном коротком замыкании (ОКЗ) не сработает.

Отключение все-таки произойдет, но в результате срабатывания теплового расцепителя. Поскольку ток однофазного КЗ (221 А) больше уставки теплового расцепителя, то тепловой расцепитель сработает (при относительном значении тока по абсциссе времятоковой характеристики равном $221/40 = 5,52$). Этому значению тока соответствует время отключения примерно 12 с. Если время срабатывания электромагнитного расцепителя составляет менее 0,02 с и можно не учитывать тепловое действие тока КЗ, то при времени действия теплового расцепителя, равном 12 с, необходимо проверять как проводники, так и аппараты на термическую стойкость при коротком замыкании.

Если же мы применим трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Zn, то автомат сработает при относительном значении тока, равном 10, что соответствует 400 А. А максимальное относительное значение тока (при токе ОКЗ) составит $1025/40 = 25,6$. При этом время срабатывания электромагнитного расцепителя согласно рис. 3 составит 0,005 с, т.е. практически мгновенно. В проверке аппаратов и проводников на термическую стойкость нет необходимости.

Кривая отключения С

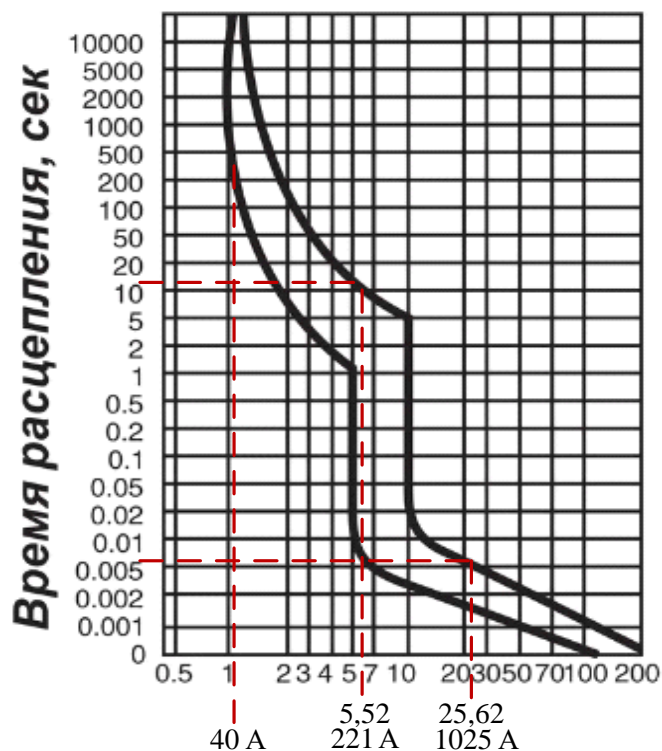


Рис. 3. Кривая отключения типа С для автоматических выключателей (электромагнитный расцепитель не срабатывает при токе 221 А и срабатывает при токе 1025 А)

Есть ещё одно соображение в пользу схемы соединения Y/Zn. Речь идет о соблюдении требований ПУЭ [5] по чувствительности защиты.

Так пункт 7.3.139 ПУЭ гласит, что необходимо, чтобы «при замыкании на корпус или нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем в 4 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя и не менее чем в 6 раз ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратную зависимость от тока характеристику».

Обратнозависимая от тока характеристика – это характеристика теплового расцепителя. В соответствии с указанным требованием, коэффициент чувствительности защиты должен быть равен:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К}}^{(1)}}{I_{\text{т.р.}}} \geq 6. \quad (4)$$

Оценим в нашем примере чувствительность защиты.

При схеме соединения Y/Yn

$$K_{\text{ч}} = \frac{221}{40} = 5,52 < 6, \text{ что не соответствует требованиям ПУЭ.}$$

При схеме соединения Y/Zн

$$K_{\text{ч}} = \frac{1025}{40} = 25,6 > 6, \text{ что соответствует требованиям ПУЭ.}$$

Наконец, есть ещё один серьёзный пункт ПУЭ, требования которого необходимо соблюдать. Дело в том, что во время действия однофазного короткого замыкания фаза с напряжением 230 В замкнута на нулевой провод, который, в свою очередь, соединен со всеми корпусами оборудования. Таким образом, на корпусах оборудования оказывается напряжение прикосновения, создающее опасность для жизни человека.

Согласно таблице 1.7.1 (ПУЭ) при напряжении прикосновения 220 В время отключения не должно превышать 0,4 с.

Это легко выполнимо при схеме соединения обмоток Y/Zн, поскольку время отключения, как мы выяснили, составляет 0,005 с. При схеме соединения обмоток Y/Yн, время отключения, как мы ранее выяснили, составляет 12 с, что существенно превышает допустимое время 0,4 с и создает опасность для жизни человека.

Приведенные примеры доказывают преимущества схемы соединения Y/Zн перед соединением Y/Yн. Это преимущество характерно для трансформаторов сравнительно небольшой мощности (до 250 кВА включительно). В дальнейшем, как это видно из таблицы 1, сопротивление току ОКЗ трансформаторов со схемой соединения Y/Zн становится практически равным сопротивлению трансформаторов со схемой Δ/Yн и последние становятся предпочтительнее в силу их экономичности.

2. Схема соединения обмоток «звезда – зигзаг с заземлением нейтрали»

Схема «звезда – зигзаг с заземлением нейтрали» (рис. 4) характерна тем, что вторичная обмотка делится на две полуобмотки, причем на одном стержне магнитопровода трансформатора находятся две полуобмотки от разных фаз. Поэтому, например, при перегрузке фазы *a*, ток, проходя, например, по полуобмотке фазы *a*, переходит на полуобмотку фазы *b*, и тем самым распределяет нагрузку одной фазы на две, что способствует сглаживанию неравномерности нагрузки на трансформатор.

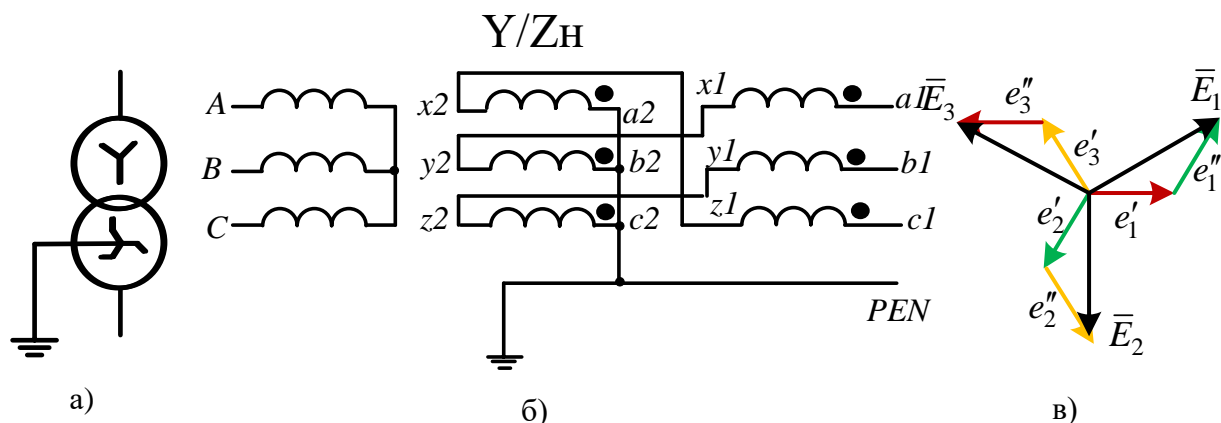


Рис. 4. Схема соединения обмоток «звезда – зигзаг с заземлением нейтрали»: а) в однолинейном изображении; б) в трехлинейном изображении (точками обозначены начала обмоток); в) векторная диаграмма напряжений обмотки низшего напряжения

Особенность схемы «зигзаг» состоит в том, что конец первой полуобмотки соединяется не с началом, а с концом второй полуобмотки, т. е. полуобмотки, находящиеся на одном стержне магнитопровода, включены встречно, и намагничивающие силы (и соответственно, магнитные потоки), создаваемые токами нулевой последовательности, в первичной обмотке практически отсутствуют. В таких трансформаторах сопротивления нулевой последовательности оказываются меньше сопротивлений прямой последовательности, т. е. $R_0 < R_1$; $x_0 < x_1$. В результате ток ОКЗ в схемах с такими трансформаторами оказывается большим, чем в схемах с другими схемами соединения обмоток. Это преимущество было доказано выше на примере с трансформатором мощностью 25 кВ·А.

Недостатком схемы Y/Zn является то, что, как видно из диаграммы напряжений (рис. 4в), полное фазное напряжение складывается из напряжений полуобмоток, вектора которых расположены под углом. На практике это означает, что для создания номинального фазного напряжения необходимо иметь количество витков обмотки низшего напряжения на 15% больше, чем при схеме Y/Un. По этой причине при мощности трансформатора более 160 кВ·А целесообразно выбрать схему соединений Δ/Un .

3. Схема соединения обмоток «треугольник – звезда с заземлением нейтрали»

Схема соединения обмоток «треугольник – звезда с заземлением нейтрали» в однолинейном (а) и трехлинейном (б) изображении представлена на рис. 5

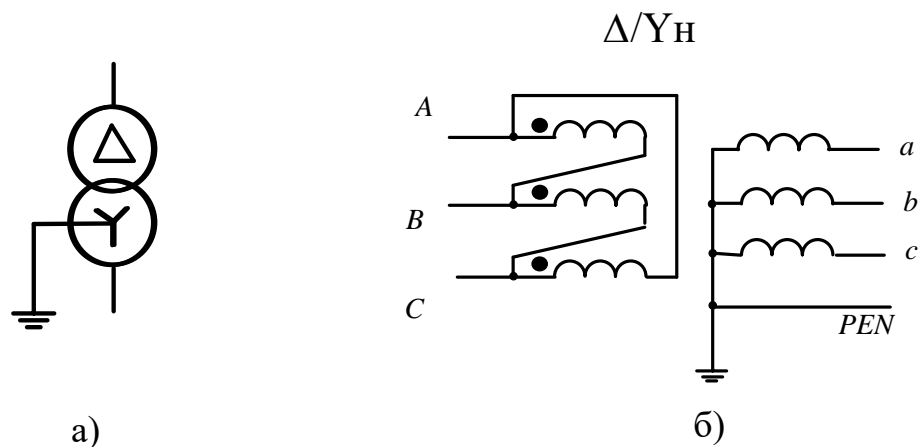


Рис. 5. Схема соединения обмоток «треугольник – звезда с заземлением нейтрали»

В таких трансформаторах токи прямой, обратной и нулевой последовательностей протекают как в первичной, так и во вторичной обмотках. При этом токи нулевой последовательности в первичной обмотке замыкаются внутри неё и в сеть не выходят. Создаваемые токами нулевой последовательности первичных и вторичных обмоток намагничивающие силы (ампер-витки) направлены встречно и почти полностью компенсируют друг друга, что обуславливает небольшую величину реактивных сопротивлений трансформатора. При этом сопротивления прямой и нулевой последовательностей приблизительно равны: $R_1 = R_0$; $X_1 = X_0$.

Расчеты, аналогичные вышеприведенным, позволяют сделать вывод: при соединении обмоток Δ/Y_n ток однофазного КЗ на выводах 0,4 трансформатора примерно равен току трехфазного КЗ.

Так при мощности трансформатора 1000 кВ·А ток однофазного КЗ при соединении Y/Y_n оказался в три раза меньше, чем при соединении обмоток Δ/Y_n . Следовательно, можно сделать вывод о том, что с точки зрения надежности срабатывания релейной защиты (и безопасности для человека) соединение Δ/Y_n предпочтительнее, чем Y/Y_n .

4. Схема соединения обмоток «звезда – звезда с симметрирующей обмоткой и с заземлением нейтрали»

Схема такого трансформатора в однолинейном (а) и трехлинейном (б) изображении представлена на рис. 6. Трансформаторы с такой схемой выпускаются на Минском заводе электротехнических изделий. В этой схеме уравнительный ток нулевой последовательности, проходя по фазным проводникам не сразу попадает в нулевой провод, а вначале проходит через симметрирующую обмотку, охватывающую все три обмотки трансформатора.

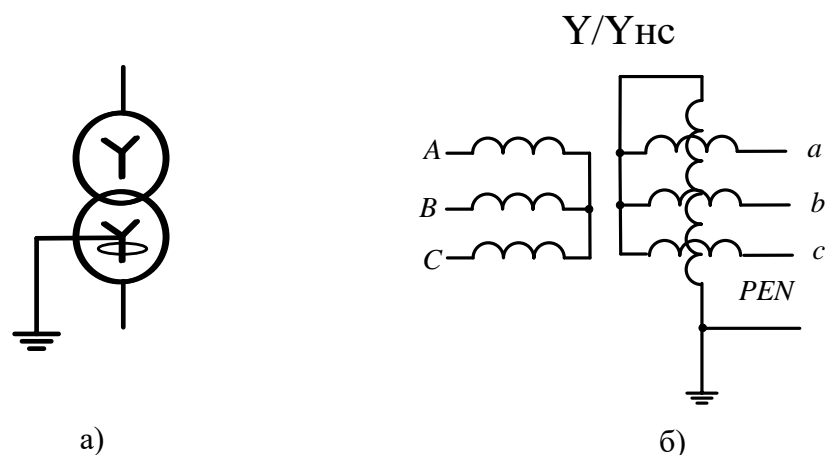


Рис.6. Схема соединения обмоток «звезда – звезда с симметрирующей обмоткой и с заземлением нейтрали»

Симметрирующая обмотка укладывается поверх всех трех обмоток трансформатора. Сечение проводника рассчитано на полную номинальную однофазную нагрузку трансформатора

Симметрирующая обмотка включена в рассечку нулевого проводника трансформатора. При появлении тока в нулевом проводе, создаваемые в магнитопроводе потоки нулевой последовательности в обмотках трансформатора компенсируются противоположно направленными потоками нулевой последовательности от симметрирующей обмотки. Этим предотвращается перекос напряжений.

Симметрирующая обмотка снижает и сопротивление нулевой последовательности силового трансформатора. В этом её действие сходно с действием соединения Y/Z_n.

Область применения трансформаторов с симметрирующей обмоткой примерно совпадает с областью применения трансформаторов с соединением обмоток Y/Z_n.

5. Характеристика несимметрии нагрузки трансформатора

Сравнение систем соединения обмоток производилось с точки зрения неравномерности нагрузки трансформатора. Однако каков предел неравномерности, при котором необходимо рассматривать то или иное соединение обмоток? Очевидно, что нагрузка не бывает абсолютно одинаковой во всех трех фазах.

Характерной особенностью неравномерности нагрузки является появление тока нулевой последовательности. Критерием неравномерности следует считать отношение тока в нулевом проводе к сумме фазных токов [1].

$$K_{\text{нер}} = \frac{I_0}{I_a + I_b + I_c}, \quad (5)$$

где I_0 – ток в нулевом проводе; I_a , I_b , I_c – токи в фазах a , b и c соответственно.

Если принять, что пределом неравномерной нагрузки, при которой необходимо принимать меры по повышению тока однофазного КЗ, является превышение тока одной фазы на 25%, т.е. $I_a = 1,25$, в то время как два других тока равны между собой ($I_b = 1,0$; $I_c = 1,0$), а ток в нулевом проводе будет равен $I_0 = 0,25$ (как это отмечено, например в [6]) то таким предельным коэффициентом неравномерности нагрузки будет:

$$K_{\text{нер}} = \frac{I_0}{I_a + I_b + I_c} \cdot 100\% = \frac{0,25}{1,25 + 1 + 1} \cdot 100\% = 7,69\%.$$

Итак, порогом несимметрии, при котором следует применять трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Zn следует считать: $K_{\text{нер}} = 7,69\%$.

При проектировании схем электроснабжения необходимо предварительно оценить степень неравномерности нагрузки по выражению (5), произвести расчет токов короткого замыкания с различными видами соединений обмоток и только после этого производить окончательный выбор схем соединения обмоток.

Следует учесть, что коммунальная нагрузка в сельской местности и в малоэтажной застройке городов всегда неравномерна и характерна сравнительно небольшими мощностями силовых трансформаторов. Следовательно, в этом случае предпочтительнее выбирать схему соединения обмоток Y/Zn или Y/Yn с симметрирующей обмоткой. Такие схемы следует

применять при мощности трансформаторов до 160 кВ·А включительно. При большей мощности следует применять схему Δ/Y_n .

В сельских мастерских и в промышленных цехах с преимущественно электродвигательной нагрузкой, нагрузка более равномерно распределена по фазам и при мощности трансформатора 400 кВ·А и выше при незначительной неравномерности нагрузки можно принять схему Y/Y_n , если это допустимо по коэффициенту чувствительности защиты.

Бывают случаи, когда при мощных трансформаторах необходимо ограничить ток однофазного КЗ. В таких случаях также целесообразно применять схему соединений обмоток Y/Y_n .

В тех случаях, когда величина тока однофазного короткого замыкания недостаточна для срабатывания электромагнитного расцепителя автомата, необходимо проверять проводники и аппараты на термическую стойкость при однофазном КЗ, определить коэффициент чувствительности к току однофазного КЗ, а также время действия напряжения прикосновения во время однофазного КЗ и эти параметры сравнить с нормативными.

Список используемых источников

1. Белов А.В., Ильин Ю.П., Скородумова Н.В. Критерий неравномерности нагрузки фаз в сетях с глухозаземленной нейтралью. В сборнике: Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск, 2021. С. 210-214.
2. Времятоковые характеристики автоматов. [Электронный ресурс]. URL: <https://elektroshkola.ru/apparaty-zashhity/vremya-tokovye-harakteristiki-vtx-avtomaticheskix-vyklyuchatelej/> (дата обращения: 02.01.2023).
3. Выбор автоматического выключателя. [Электронный ресурс]. URL: <https://samelectric.ru/spravka/vybor-avtomaticheskogo-vyklyuchatelya.html> (дата обращения: 02.01.2023).
4. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учебн. пособие. Изд. 2-е испр. и доп. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. 284 с.
5. Правила устройства электроустановок ПУЭ-6 и ПУЭ-7: М.: Норматика, 2021. 462 с.
6. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. Нормы технологического проектирования, 1-я редакция НТП ЭПП-94 (взамен

СН 174-75). Тяжпромэлектропроект имени Ф.Б. Якубовского. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294847/4294847066.pdf> (дата обращения: 02.01.2023).

7. STELZ – Производство трансформаторов и подстанций. [Электронный ресурс]. URL: <https://zavod-96.ru/> (дата обращения: 02.01.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

Бережной Я.А. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Аннотация

Проведен анализ эффективности применения фотоэлектрических модулей в качестве дополнительного источника энергии в жилом комплексе пос. Мысхако. В статье приводится расчет количества панелей, необходимых для компенсации электроэнергии, затрачиваемой на освещение общедомовых территорий.

Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1-р одной из целей государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики является активное использование возобновляемых источников энергии, в том числе на основе энергии солнца, ветра, вод и проч. [5] Разработка и создание систем электроснабжения, которые сочетали бы экологическую безопасность, высокую эффективность, малые затраты на обслуживание и низкую себестоимость, является одной из актуальных задач энергетики в настоящее время. Интерес к вопросу о возможности применения метода фотоэлектрического преобразования обусловлен также тем, что стоимость такой энергии практически равняется стоимости энергии, получаемой посредством тепловых станций.

Таким образом, цель данной статьи заключается в оценке перспектив применения фотоэлектрических модулей в качестве дополнительного источника обеспечения энергией жилых комплексов.

Объектом исследования является жилой комплекс, расположенный в поселке Мысхако г. Новороссийск Краснодарского края. Дома малоэтажные, включают в себя пять жилых, один коммерческий и один подсобный этажи. Каждый дом разделен на 500 квартир в 4 подъездах, в каждом подъезде лифт грузоподъемностью 1000кг.

Обеспечение энергией осуществляется филиалом ПАО «Россети Кубань» Юго-Западные электрические сети. ЖК обеспечен двумя трансформаторными подстанциями – основной и резервной – типа 2КТП 10/0,4Кв по 1000КВт, газовой котельной с двумя котлами и двумя насосами подачи горячей воды (асинхронными электродвигателями по 11 КВт), двумя насосами создания напора воды в систему отопления (асинхронные электродвигатели по 1,5КВт) – также основными и резервными. Квартирные счетчики обеспечены трехфазными автоматами, ограничивающие потребление электроэнергии, что связано с отсутствием газового оборудования и использованием электрических плит.

Для оценки возможности применения фотоэлектрических модулей в качестве дополнительного источника энергии были выбраны фотопанели производства Хевел (г. Новочебоксарск). Параметры солнечного модуля HVL-450/HJT представлены ниже (табл.1) [2].

Табл. 1

Основные характеристики солнечного модуля HVL-450/HJT

Параметр	Значение
Номинальная мощность	450 Вт
Эффективность	21% (до 25%)
Интервал рабочих температур	-40...+85 °С
Размеры	2,064 * 1,039 м
Гарантия на модуль	15 лет
Линейная гарантия производительности	30 лет

Для определения необходимого количества панелей используем формулу:

$$N = \frac{P_{\text{сут}}}{S * \text{КПД} * W_{\text{сут}}},$$

где $P_{\text{сут}}$ – суточное потребление электроэнергии, кВт*ч;

S – площадь поверхности одного модуля, м²;

КПД – эффективность модуля, %;

$W_{\text{сут}}$ – среднесуточное значение солнечной инсоляции на 1 м^2 , кВт*ч.

Суточное значение инсоляции находится делением годового значения суммарной солнечной радиации на количество дней в году. Годовое значение суммарной солнечной радиации при наклоне панели 35° для города Сочи представлено в [6]. В связи с непосредственной близостью и одинаковыми значениями географической широты, показатели для города Новороссийск можно считать идентичными.

На основании имеющихся данных об оборудовании и светильниках, установленных в коридорах, на этажах, стенах и крышах зданий был произведен расчет среднего потребления энергии жилым домом (табл. 2). В расчет общедомового суточного потребления не включены лифты, так как мощность каждого составляет 13,2 кВт*ч. Суточная мощность лифтов представляет собой значения, обеспечить которые возможно только используя электроэнергию от централизованной сети.

Табл. 2

Расчет среднего суточного энергопотребления жилого дома

№ п/п	Оборудование	Потребляемая мощность за единицу, кВт*ч	Кол-во единиц	Время работы, ч	$P_{\text{сут}}$, кВт*ч
1	Плоские светодиодные светильники $d=0,5\text{ м}$ с датчиком движения	0,036	144	4	20,74
2	Светодиодные светильники типа «шайба»	0,007	80	24	13,44
3	Светильники типа «точка»	0,007	204	10	14,28
4	Светильники типа «шар»	0,013	20	10	2,6
	Итого:				51,06

Среднесуточное значение суммарной солнечной радиации:

$$W_{\text{сут}} = \frac{1571,4}{365} = 4,31 \text{ кВт} * \text{ч} / \text{м}^2.$$

Расчет количества панелей:

$$N = \frac{51,06}{2,145 * 0,21 * 4,31} = 26,3.$$

В летние месяцы уровень солнечной радиации увеличивается, в результате чего значение $W_{\text{сут}}$ возрастает до 5,9 [7]. В результате количество

фотоэлектрических модулей, необходимое для обеспечения потребляемой электроэнергии, снижается до 20. Избыток используемых модулей приведет к излишней генерации энергии и снижению их эффективности, с одной стороны. Однако следует учитывать потери мощности солнечных элементов при нагревании на солнце, особенно в летний период, и изменение угла падения солнечных лучей в течение дня.

Таким образом, для обеспечения рассчитанной электроэнергии, потребляемой жилым домом, необходимо и достаточно 25 фотопанелей выбранного типа.

Несмотря на то, что в настоящее время в России внедрение систем электроснабжения на основе солнечной энергии осуществляется медленно, его доля ежегодно увеличивается. Это связано как с нормативно-правовой основой, речь о которой шла выше, так и со снижением объемов доступного углеводородного сырья и вынужденным переходом на альтернативную энергию. Кроме того, применение альтернативных источников энергии позволяет решить проблему энергообеспечения в децентрализованных регионах страны.

К преимуществам фотоэлектрических систем относятся также:

- экологическая безопасность (отсутствие выбросов углекислого газа, усиливающих парниковый эффект; отсутствие радиоактивных отходов и рисков возникновения пожаров или техногенных аварий; снижение уровня отходов по причине возможности бесконечного использования элементов);
- дешевизна обслуживания;
- независимость от установленной мощности;
- длительность сроков эксплуатации (кремний можно использовать в течение десятков и сотен лет и подвергать многократной переработке; под вопросом остается только износ пластиковых элементов модуля);
- возможность установки в любой локации и любом регионе.

Производством солнечных панелей в России занимается несколько компаний, которые расположены в Москве, Зеленограде, Рязани, Новочебоксарске, Краснодаре и Брянске. Технологии производства отличаются в зависимости от типа выпускаемых батарей.

Так, для снабжения объектов высокого уровня ответственности типа предприятий непрерывного цикла производятся арсенид-галлиевые панели с

германиевой подложкой. Они отличаются от своих аналогов, как характеристиками мощности, так и стоимостью. Существуют и дешевые варианты панелей, изготавливаемых, к примеру, путем нанесения солнечных элементов на алюминиевые пластины, или создания тонкопленочных батарей микроаморфного типа. КПД такого рода продуктов будет сравнительно низким – менее 17% [3].

Для обеспечения энергией домов в рассматриваемом жилом комплексе эффективнее использовать монокристаллические панели, обладающих более высоким КПД (22%) и занимающих меньше места [1].

Некоторые авторы отмечают целесообразность применения солнечных батарей при условии, что продолжительность солнечного сияния составляет не менее 2000 часов в год, а годовая сумма солнечной радиации – от 1000 кВт*ч/м² [4]. Статистические данные, представленные в таблицах инсоляции для города Сочи (ближайшего к Новороссийску), демонстрируют годовую солнечную радиацию выше 1500 кВт*ч/м². Продолжительность солнечного сияния в Новороссийске – более 2300 часов в год. Таким образом, имеет смысл рассматривать применение альтернативных источников энергии на основе фотоэлектрических модулей.

Исследования показывают, что эффективность применения панелей возрастает при их оптимальном расположении относительно солнечных лучей. Так, угол наклона солнечной панели в южных широтах должен быть приблизительно равен значению географической широты. Следовательно, рекомендуется устанавливать панели под углом 35-42° в южном направлении.

Сезонные изменения также оказывают влияние на объем производимой энергии: солнце не поднимается высоко над горизонтом, поэтому необходимо изменять угол наклона на 20-25 градусов от летнего варианта и устанавливать в значениях 62-65°.

Однако следует также отметить, что в период с ноября по февраль вырабатывается крайне малое количество энергии (порядка 15% от общего объема). В северных широтах разница между имеющимися потребностями и производимыми мощностями становится настолько большой, что использованием панелей зимой пренебрегают. В более южных регионах России фотоэлектрические модули остаются актуальными по причине большего количества ясных дней.

Кроме непосредственно панелей при установке сетевой солнечной электростанции необходимы сетевой инвертор и двунаправленный счетчик для учета полученной и отправленной в сеть электроэнергии. В отличие от автономных сетевых электростанций, подобная система не нуждается в аккумуляторных батареях, что дополнительно снижает себестоимость ее введения в эксплуатацию.

С учетом текущих тарифов на электроэнергию в размере 4,72 рублей за кВт*ч и стоимости солнечных панелей 31 490 рублей за единицу (стоимость, представленная на сайте производителя), а также ежегодной инфляции, окупаемость всех модулей составит менее 9 лет. Изготовителем указаны сроки гарантии на модули 15 лет, на производительность – до 30 лет. Таким образом, солнечные модули можно считать эффективным источником дополнительной энергии.

Список используемых источников

1. Альтернативная энергетика. [Электронный ресурс]. URL: <https://mywatt.ru/poleznaya-informaciya/mozhno-li-v-rossii-ustanavlivat-solnechnye-batarei-na-kryshu-mnogoetazhnogo-doma> (дата обращения: 27.12.2022).
2. ГК «Хевел». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hevelsolar.com/catalog/solnechnye-moduli/hvl-450hjt/> (дата обращения: 27.12.2022).
3. Дебрин А.С., Бастрон А.В., Урсегов В.Н. Обзор солнечных панелей и фотоэлектрических станций отечественных производителей // Вестник КрасГАУ. 2018. №6 (141).
4. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. 128 с.
5. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 01.06.2021) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года» // Собрание законодательства РФ. 26.01.2009. №4. Ст.515.

6. Солнечная радиация. Таблицы инсоляции. [Электронный ресурс]. URL: http://net220.ru/poleznye_stati/solnechnaya_radiaciya_tablicy_insolyacii/ (дата обращения: 28.12.2022).

7. PVWatts Calculator. [Электронный ресурс]. URL: <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php> (дата обращения: 27.12.2022).

ЗАТРАТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМИ СЛУЖБАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Буторин В.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Саплин Л.А. – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Плешакова А.Ю. – аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Прохоренко А.И. – аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье описаны существующие стратегии технической эксплуатации электрооборудования. Отмечается, что наибольшее распространение нашла планово-предупредительная стратегия обслуживания электрооборудования. Одной из важнейших характеристик данной стратегии является затраты на её осуществление. В работе представлено выражение для оценки суммарных годовых затрат на осуществление планово-предупредительной стратегии обслуживания электродвигателей.

Стратегия обслуживания электрооборудования – это совокупность правил проведения мероприятий по его обслуживанию.

К настоящему времени сложилось три основных стратегии технической эксплуатации электрооборудования (рис. 1) [1, 2, 3].



Рис.1. Стратегии технической эксплуатации электрооборудования

Сущность послеотказовой (нулевой) стратегии эксплуатации электрооборудования заключается в том, что в процессе его работы над ним не проводятся ни какие мероприятия по обслуживанию. После отказа электрооборудования оно заменяется на новое. Послеотказовая стратегия применяется обычно для электрооборудования не высокой сложности, малой численности, с малым коэффициентом использования, его отказ не ведёт к значительному ущербу.

Планово-предупредительная (по расписанию) стратегия эксплуатации электрооборудования проводится по графику согласно нормативно-технической документации. При этом отдельные виды работ проводятся через строго определённые периоды времени. Использование данной стратегии ведёт к обеспечению требуемого уровня надёжности обслуживаемого электрооборудования. Эта стратегия обслуживания наиболее распространена в сельском хозяйстве. К недостатку данной стратегии можно отнести иногда ненужные сборки и разборки электрооборудования, не учитывающие его состояние (новое или изношенное).

Стратегия обслуживания электрооборудования по состоянию (последиагностическая) является наиболее продвинутой. Эта стратегия исключает проведение без необходимости разборки и сборки электрооборудования, которые ведут к его износу, при этом сохраняя ресурс электрооборудования. Данную стратегию целесообразно использовать при обслуживании значительного числа однотипного электрооборудования. Использование стратегии обслуживания по состоянию сдерживается слабым развитием диагностических средств для оценки технического состояния узлов

и деталей электрооборудования, а также значительной стоимостью этих средств.

Как отмечалось выше, наибольшее распространение в настоящее время нашли при обслуживании электрооборудования планово-предупредительная стратегия, например, в таких отраслях сельского хозяйства как животноводство и птицеводство. Годовые затраты на реализацию данной стратегии при обслуживании электродвигателей составляют [2,4]

$$Z_{\text{п}} = I_{\text{п}} + Y_{\text{п}} + K_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{п}}$ – годовые издержки на проведение необходимых видов работ при эксплуатации электродвигателей;

$Y_{\text{п}}$ – годовые издержки на возмещение ущерба из-за отказа электродвигателей;

$K_{\text{п}}$ – капиталовложения на реализацию планово-предупредительной стратегии обслуживания электродвигателей.

Издержки $I_{\text{п}}$ складываются из затрат $I_{\text{пто}}$ на проведение технического обслуживания (ТО) и затрат $I_{\text{птр}}$ на проведение текущего ремонта (ТР) электродвигателей

$$I_{\text{п}} = I_{\text{пто}} + I_{\text{птр}}. \quad (2)$$

Годовые издержки $Y_{\text{п}}$ равняются сумме годового технологического ущерба $Y_{\text{т}}$ от потери работоспособности электродвигателей и годовых затрат на ремонт электродвигателей

$$Y_{\text{п}} = Y_{\text{т}} + Y_{\text{р}}. \quad (3)$$

Годовые издержки $K_{\text{п}}$ складываются из капиталовложений базы ремонта $K_{\text{б}}$ и средств его проведения $K_{\text{з}}$, отсюда

$$K_{\text{п}} = EK_{\text{б}} + EK_{\text{з}}, \quad (4)$$

где E – нормативный коэффициент приведения капиталовложений к одному году.

Подставляя в выражение (1) уравнения (2), (3), (4) получим

$$Z_{\text{п}} = I_{\text{пто}} + I_{\text{птр}} + Y_{\text{т}} + Y_{\text{р}} + E(K_{\text{б}} + K_{\text{з}}). \quad (5)$$

Таким образом, полученное с использованием выражения (5) значение издержек на планово-предупредительную стратегию эксплуатации электродвигателей, позволяет производить сравнительную оценку с затратами

на другие виды стратегий обслуживания. Если затраты на планово-предупредительную стратегию окажутся минимальными, то эта стратегия и будет оптимальной при эксплуатации электродвигателей.

Список используемых источников

1. Буторин В.А. Эксплуатация и надежность восстановленного электрооборудования: монография. Челябинск: Издательство ЧГАУ, 2006. 164с.
2. Ерошенко Г.П. Кондратьева Н.П. Эксплуатация электрооборудования. М.: ИНФА-М, 2014. 336 с.
3. Саплин Л.А., Буторин В.А., Молчан А.М. Модель долговечности обмоток погружных электродвигателей АПК России. 2022. Т. 29. № 1. С. 66–69.
4. Butorin V.A., Tsarev I.B., Guseynov R.T. Bench – scale tests aimed at finding rate and acceleration of wear determining service life of thrust bearing in submersible electric motor // Procedia Engineering, 2020. Т.1. с. 1089-1095.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН И ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Гусейнов Р.Т. – к.т.н., ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Ткачев А.Н. – к.т.н., доцент, и.о. зав. каф. «Техника и технологии» ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Царёв И.Б. – к.т.н., доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Новик И.В. – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Дак В.А. – аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Толмачёв К.В. – студент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье рассматриваются основные проблемы обслуживания сельских водозаборных скважин и причины выхода погружных электродвигателей. Выход погружных электродвигателей составляет 50% с аварийностью более 70%, а в некоторых предприятиях производится двойная замена этих двигателей в течении года. В статье представлен выход из строя погружных электродвигателей таких как: разрушение подшипниковых узлов и токовая перегрузка 32,3%; обрыв фазы 31,3%; заклинивание вала погружного электродвигателя 18,1%; остальные причины выхода из строя погружных электродвигателей приходится от 5 % до 7,8%.

В современных условиях водоснабжения сельскохозяйственных предприятий необходим вод скважинных установок, надежность эксплуатации которых зависит от правильной эксплуатации. От своевременного и надежного водоснабжения зависит стабильность работы сельскохозяйственных предприятий и экономическая стабильность этих предприятий.

Так при переводе сельскохозяйственных предприятий на промышленную основу приведет к изменению качества и количества водопотребления. Раньше расход воды на сельскохозяйственных предприятиях приходился в основном на животноводство теперь большая

часть расхода воды приходится на технологические нужды. В связи с этим повышается нагрузка на электротехническую службу сельскохозяйственных предприятий.

В сельском водоснабжении наибольшее распространение получили скважинные водозаборные установки [1, 2, 3]. Водозаборные установки комплектуются в основном электронасосами марки ЭЦВ (Электронасос центробежный водяной) с погружными электродвигателями марки ПЭДВ (погружной электродвигатель водонаполненный) [4, 5, 6]. Электронасосы с погружным двигателем имеют ряд преимуществ и ряд недостатков по сравнению с другими типами электронасосных установок. К преимуществам погружным электронасосам можно отнести: компактность, малая металлоёмкость, легкость монтажа, автоматизация процесса водоснабжения и возможность работы в скважинах различной конфигурации. К недостаткам погружным электронасосам можно отнести: наличие обученного и квалифицированного персонала, трудоемкость ремонта и сильное влияние условий эксплуатации в основном связано с наличием в скважинной воде агрессивных элементов и наличие механических примесей в виде песка.

Как показывает практика эксплуатации электронасосных установок в сельском водоснабжении в основном они выходят из-за: плохого качества технического обслуживания? обусловленного недостаточным числом обслуживающего персонала и низкой их квалификацией; некачественного уровня подводимого напряжения электросети; влияние окружающей среды; недостаточное финансирование ремонтных и обслуживающих работ [7, 8, 9].

Цель работы – определение факторов влияющих на обслуживание водозаборных скважин в сельской местности и причин выхода из строя погружных электродвигателей.

Материалы и методы: сбор данных об обслуживании сельских водозаборных скважинах из открытых источников информации, опрос работников, обслуживающих и ремонтирующих эти скважины [10, 11, 12].

Слабая надежность погружных электронасосных установок в связи с выходом из строя приводит к серьезным экономическим последствиям особенно малым формам, имеющим нестабильную экономическую основу. Несвоевременный отказ электронасосного агрегата несет затраты на ремонт и замену его, а также затраты на нарушение режима водопотребления и требует к тому же создание резерва воды внутри предприятий.

К экономическим проблемам обслуживания сельских водозаборных скважин можно отнести: отсутствие надежной защиты от аварийных режимов работы; плохое качества технического обслуживания; нехватка обслуживающего персонала; низкая квалификацией обслуживающего персонала; некачественное напряжение электросети; плохое качество ремонта погружных электродвигателей и обрыв фаз. К эксплуатационным факторам относятся: влияние окружающей среды и качество питающего напряжения.

Рассмотрим ряд экономическим проблемам обслуживания сельских водозаборных скважин:

– плохое качества технического обслуживания обусловлено не своевременным обслуживанием водозаборных скважин и электрооборудования этих скважин. Так инструкциями заводов изготовителей сказано при достижении наработки погружным электродвигателем 1000 часов работы необходимо провести, первое техническое обслуживание при достижении 2500 часов работы необходимо произвести первый текущий ремонт. Однако эти регламенты не все сельскохозяйственные предприятия соблюдают и к тому же нарушаются правила монтажа и консервации электронасосных установок. В этом случае повышением надежности погружных электронасосных установок является соблюдение регламентных работ технического обслуживания и текущего ремонта. При соблюдении этих условий можно добиться приемлемых нормативных сроков службы электронасосных установок.

– отсутствие надежной защиты от аварийных режимов работы обусловлено неправильным подбором устройств защит, а также их отсутствием в связи с плохой экономической обстановкой в ряде сельскохозяйственных предприятий. При плохой защите отказ приходится в основном на обмотку погружных электродвигателей.

– плохое качество ремонта погружных электродвигателей. В основном приходится на ремонт обмоток связанные с нарушением технологии изготовления и технологии ремонта связи с необученностью персонала ремонтных баз сельскохозяйственных предприятий.

Выходом из сложившейся ситуации может быть только поддержкой государства товаропроизводителей, находящихся в сельской местности [1, 2, 4].

На основе априорных сведений и собственных исследований [1 – 9] определено в водоснабжении выход погружных электродвигателей составляет 50% с аварийностью более 70%, а в некоторых предприятиях производится двойная замена этих двигателей в течении года.

Причины выхода из строя погружных электродвигателей в условиях сельского водоснабжения приведены в таблице 1 [1, 5, 7].

Табл. 1

Причин выхода из строя погружных электродвигателей

Причина выхода из строя	Ед. изм	Водоснабжение
Разрушение подшипниковых узлов и токовая перегрузка	%	32,3
Обрыв фазы	%	31,3
Заклинивание вала ЭД	%	18,1
Нарушение в системе охлаждения	%	5,5
Пробой изоляции вследствие её переувлажнения	%	7,8
Прочие	%	5,0
Всего	шт.	1830
Средний срок службы	лет	1,3

По данным таблицы 1, основная причина выхода погружных электродвигателей в сельском водоснабжении – это разрушение подшипниковых узлов и токовая перегрузка (выход из строя обмоток) на них приходится 32,3%. Второй причиной является обрыв фазы 31,3% влияющих на выход из строя обмоток погружного электродвигателя. Третья причина заклинивание вала погружного электродвигателя 18,1% происходит вследствие забивания песком полости погружного электродвигателя, разрушения подшипниковых узлов, разрушения соединительных муфт и т. д. На остальные причины выхода из строя погружных электродвигателей приходится от 5 % до 7,8%.

Для решения экономических проблем обслуживания сельских водозаборных скважин необходима поддержка государства сельских товаропроизводителей. К технически слабым узлам погружных электродвигателей можно отнести обмотки и подшипниковые узлы.

Список используемых источников

1. Гусейнов Р.Т., Мошанов П.К., Буторин Д.В. Общие вопросы надежности системы электронасосных установок // Достижения науки –

агропромышленному производству: материалы LV международной науч.-техн. конференции. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. С. 180-184.

2. Гусейнов Р.Т., Мошанов П.К. Нормативно-техническая документация по надежности и метод получения информации об отказах погружных электродвигателей // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. С. 213-217.

3. Гусейнов Р.Т. Модернизация инженерно-технического стенда для контроля технического состояния погружного насоса // Инновационное развитие АПК Северного Зауралья: сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых ученых. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2013. С. 236-238.

4. Гусейнов Р.Т., Сарапульцев В.В. Модернизация инженерно-технического способа организации восстановления деталей погружного электродвигателя марки ПЭДВ. // Инновационное развитие АПК Северного Зауралья: сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых ученых. Тюмень, Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2013. С. 238-241.

5. Гусейнов Р.Т. Влияние условий окружающей среды на подшипниковые узлы погружных электродвигателей // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: материалы IV Всероссийской научно-практической онлайн конференции молодых ученых. Курган: ФГБОУ ВПО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева. 2013. С. 96-98.

6. Гусейнов Р.Т. Организация восстановления деталей погружных электродвигателей. // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2013. С. 271-272.

7. Гусейнов Р.Т., Бабыкин Е.В. Зависимость скорости изнашивания элементов подшипниковых узлов от действующих факторов. // Достижения

науки – агропромышленному производству: материалы ЛП международной научно-технической конференции. Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013. С. 155-158.

8. Герасимова М.Н., Логинов А.Ю. Оценка технического состояния центробежного насоса по комплексному показателю // Вестник ИрГСХА. 2017. № 81-1. С. 96-102.

9. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Диагностика эксцентриситета ротора асинхронного двигателя// Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: материалы XI Международной научно-практической конференции. п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. С. 303-309

10. Власов Д. Б., Гриценко А. В. Диагностирование электрических насосов автомобилей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4–1 (15–1). С. 176–180.

11. Фефелова С.В., Туктаров М.Ф. Исследование математической модели вероятности безотказной работы линейного электропривода решетного стана зерноочистительной машины // Уральский научный вестник. 2022. Т. 8. №2. С. 80-84.

12. Bakirov S.M., Logacheva O.V., Ivankina Y.V., Loshkarev I.Yu., Shlyupikov S.V. Determination of the permissible duration of downtime electric power processes in agricultural production. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. II International scientific and practical conference «Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science». 2022. С. 012162.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИИ ПРИ ДОЗИРОВАНИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Ездина А.А. – к.т.н., преподаватель, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Пономарева О.А. – к.т.н., преподаватель, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Ездин Д.П. – к.т.н., ГИП ООО «Мостпроект»

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы дозирования сыпучих материалов в строительном производстве. От точности дозирования зависит качество готовой продукции. Предлагается дозатор, выполненный в виде вибрирующего в горизонтальной плоскости днища бункера. Норма подачи сыпучего материала регулируется вертикальной заслонкой. Использование вибрационных дозаторов позволит обеспечить непрерывность дозирования для обеспечения производства строительных материалов и изделий.

При производстве строительных материалов и изделий применяют различное вспомогательное оборудование — бункера, затворы, питатели.

Важной частью строительного производства является дозирование сыпучих материалов. Сыпучие материалы различаются по своей форме, размеру частиц и происхождению. К сыпучим строительным материалам относятся: нерудные материалы – гравий, песок, щебень, керамзит и другие; вяжущие материалы – цемент, известь, гипс, алебастр, глина и другие; минеральные добавки и другие.

Из-за многообразия сыпучих материалов, устройства, используемые для их дозирования, могут иметь различное исполнение и конструкцию [1].

Дозаторы должны обладать высокой точностью дозирования и обеспечивать требуемое изменение производительности в зависимости технологической линии по производству строительных материалов и изделий. От точности дозирования во многом зависит правильное соблюдение требуемой рецептуры и качество готовой продукции.

Дозировка сыпучих материалов может производиться следующими основными способами:

– весовым, часто применяемым для сыпучих веществ, измеряемых в граммах и килограммов.

– объемным, используемым при необходимости заполнения

определенного пространства или объема;

– массовым, используемым для измерения сыпучих материалов с разными фракциями.

Весовые дозаторы сложны по конструкции, но обеспечивают точность дозирования в соответствии с предъявляемыми требованиями к составу смесей. Существует много разновидностей весовых дозаторов, но чаще всего используются следующие устройства: шнековые, линейно-лотковые, бункерные, мультиголовочные и вибрационные [2].

В последних моделях дозирующих устройств обязательно предусматривается регулировка скорости перемещаемого потока.

Шнековые дозаторы не отличаются очень высокой точностью. Для повышения точности в таких устройствах рекомендуется применять системы логического контроля. Основное преимущество этого оборудования заключается в простоте конструкции.

Лотковые дозаторы служат главным образом для дозирования кусковых материалов. Порошкообразные материалы могут подаваться лотковым дозатором, который должен иметь большую частоту колебаний. Колебанием лотка создается равномерность в подаче материала, колебания лотка предотвращают образование заторов в материале и перебои в его поступлении. Лотковые весовые дозаторы, действующие непрерывно, отличаются от дозаторов ленточных принципом работы. В них сыпучие материалы подаются из питателя на неподвижно закреплённый лоток, который укреплен на тензометрических датчиках.

Принцип работы мультиголовочных дозаторов заключается в подборе комбинации из ряда бункеров для достижения требуемого веса.

Объемные дозаторы просты по конструкции, сыпучие материалы в них отмеривают по объему. Однако они не обеспечивают требуемую точность компонентов бетонных смесей. Объем измеряемой дозы сильно зависит от давления и температуры, это является серьезным недостатком указанной техники. К таким конструкциям можно отнести поршневые и шестеренчатые дозаторы.

Массовые дозаторы отличаются высокой точностью дозирования, поскольку имеют погрешность менее 0,2%. Основным достоинством является то, что на размер дозы не влияет давление и температура, это увеличивает

точность измерения в любых производственных средах.

Это оборудование состоит из кориолисовых расходомеров, клапанов и блока управления. Чаще всего последние выполняются в виде контроллера. В блок управления поступает сигнал от расходомера кориолисового, содержащий информацию о прошедшем продукте. Контроллер сравнивает указанные и заданные объемы и формирует сигнал о прекращении подачи продукта [3], [4].

Также по способу работы дозаторы разделяются на циклические и непрерывные.

В циклических дозаторах отмеривание порции материала происходит в мерной или весовой емкостях (бункерах) и затем высыпается. Дозаторы непрерывного действия подают непрерывный поток материала с заданными параметрами (объемной или массовой производительностью) [5].

Вибрационный дозатор сыпучих материалов – это оборудование, которое используется для подачи и предварительной дозировки сыпучих веществ. Принцип действия агрегата, совершающего колебательные движения, основан на постепенном перемещении материала в результате его вибрации.

Преимущества перемещения сыпучего материалов с использованием принципа вибрации:

- разрушается связь между отдельными частицами сыпучего материала;
- создается устойчивый, равномерный поток перемещаемого материала;
- универсальность;
- широкий диапазон амплитудно-частотных характеристик колеблющейся поверхности гарантирует автоматическое управление дозированием сыпучего материала [6].

Причем вибрационные эффекты поддаются быстрому регулированию путем изменения параметров вибрации, что способствует оптимизации основных технологических режимов производства строительных материалов.

Принцип вибрационного истечения основан на ослаблении структурных связей между частицами сыпучего материала, на силовом разрушении свода, образующегося над выпускным отверстием.

Системы управления расходом сыпучих материалов обеспечивают

равномерность подачи материалов в технологическое оборудование и непрерывность дозирования для обеспечения качества конечной продукции [7], [8].

Современные дозаторы имеют специальные блоки управления, представляющие собой автоматические регуляторы. В них встраивается микроконтроллер, который полностью управляет работой всей системы, то есть дозирование сыпучих материалов осуществляется по заложенной программе [9].

Предлагается дозатор, выполненный в виде вибрирующего в горизонтальной плоскости днища бункера с питающей щелью. Норма подачи сыпучего материала регулируется вертикальной заслонкой. Управление заслонкой осуществляется электроприводом, получающим команды микроконтроллера. Данное устройство обеспечит повышение равномерности истечения сыпучих компонентов в зависимости от физико-механических свойств материала, а также повышение надежности работы вибрационного дозатора.

Высота питающей щели b , м, определяется зависимостью:

$$b = 0,8 \dots 1,0 \times l_c, \quad (1)$$

где l_c – максимальный размер частицы дозируемого материала, м.

При вибрации в горизонтальной плоскости днища движение сыпучего материала можно описать в рамках модели несжимаемой жидкости, при которой истечение материала через щель может быть представлено как истечение жидкости из отверстия.

Для обеспечения требуемой подачи сыпучего материала в технологическую линию производства строительных материалов, необходимо его посредством вибрации привести в псевдооживленное состояние, то есть придать ему свойства «текучести».

Определим расход материалов в q , м³/с, через щель при вибрации днища бункера в рамках модели несжимаемой жидкости, используя формулу:

$$q = \mu S_{от} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_{ст} + P_a)}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент расхода, зависящий от числа Рейнольдса, Re

$S_{от}$ – площадь питающей щели, м²;

ρ – плотность дозируемого материала, кг/м³;

$P_{ст}$ – статическое давление, Па;
 F_y – сила бокового давления, Н,
 P_a – динамическое давление, Па.

$$P_{ст} = \frac{F_y}{S_{ч}} \quad (3)$$

$$P_a = \frac{nF_a}{S_{ч}}, \quad (4)$$

где n – количество частиц в сечении питающей щели, шт.;
 $S_{ч}$ – площадь сечения частицы сферической формы, m^2 .

$$S_{ч} = \frac{\pi d_э^2}{4}, \quad (5)$$

где $d_э$ – эквивалентный диаметр частицы, мм.

Расход сыпучего материала q , m^3/c , рассчитывается по формуле:

$$q = \mu S_{от} \sqrt{2 \left(\frac{F_y + nm\omega^2 \sin \omega t}{S_{ч}\rho} \right)} \quad (6)$$

где ω – угловая частота, c^{-1} .

При производстве строительных материалов обычно предусматривается и дозирование всех компонентов, чтобы конечный продукт получился качественным и готовым к дальнейшей реализации.

Использование вибрационных дозаторов позволит обеспечить точность непрерывного дозирования для обеспечения производства в строительстве.

Материалы, изложенные в данной статье, направлены на поиск качественных и надежных дозаторов в технологических линиях производства строительных материалов и изделий.

Список использованных источников

1. Машины для дозирования материалов [Электронный ресурс]. URL: <https://extxe.com/4701/mashiny-dlja-dozirovanija-materialov>. (дата обращения: 06.01.2023).
2. Осипов А.А., Першина С.В. Дозирование и смешивание сыпучих материалов: краткий обзор российских научных исследований // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.
3. Воробьев В.А., Либенко А.В. Автоматизация процесса производства

фракционированного щебня на смесительных установках непрерывного действия // Изв. вузов «Строительство», №1, Новосибирск, 2007, С. 61-64.

4. Марсова Е.В. Новое поколение дозирующих устройств непрерывного действия // Изв. ВУЗов «Строительство», 1999, №1, С. 129-131

5. Виды промышленных дозаторов [Электронный ресурс]. URL: <https://kilogramus.ru/vzveshivanie-v-promyshlennosti/doziruyushhie-ustrojstva-i-dozatory-promyshlennogo-naznacheniya.html>. (дата обращения: 06.01.2023).

6. Бауман В.А. Вибрационные машины и процессы в строительстве: Учебное пособие для студентов строительных и автомобильно-дорожных вузов / В.А. Базаров, И.И. Быховский. – М.: Высшая школа, 1977. 255 с.

7. Быховский И.И. Основы теории вибрационной техники / И.И. Быховский. – М.: Машиностроение, 1968. 362 с.

8. Королев К.М. Вибрационные смесители для приготовления бетонных и растворных смесей [Текст] / К.М. Королев, М.М. Аракельянц. М.: Стройиздат, 1961. 55 с.

9. Осипов А.А. Моделирование процесса движения сыпучего материала на вибрототках / А.А. Осипов, С.В. Барышникова // Интернет-конференция «Творчество молодых в науке и образовании»: Ч.1. Тезисы. М.: МГУИЭ, 2003. С. 73.

ПРИЧИНЫ ОСНОВНЫХ ДЕФЕКТОВ ФУНДАМЕНТОВ

Ездина А.А. – к.т.н., преподаватель, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Пономарева О.А. – к.т.н., преподаватель, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Ездин Д.П – к.т.н., ГИП ООО «Мостпроект»

Аннотация

Фундамент – несущая конструкция, часть здания, сооружения, которая воспринимает и передаёт на основание всю нагрузку от здания или сооружения. Наиболее распространённые ошибки, допускаемые при строительстве фундамента, и способы устранения: строительство фундаментов ведётся не по проекту; используются строительные материалы не соответствующего качества; низкая прочность материала; некачественные строительные-монтажные работы; глубина заложения фундамента не соответствует климатическому району строительства. Проверять целостность фундаментов требуется даже при появлении одного признака, так как от исправного состояния фундамента зависит безопасность и долговечность эксплуатации капитального здания.

Фундамент – основной элемент здания, который воспринимает все нагрузки от других конструкций, распределяет их по массиву грунта. Неверный подбор и расчет основания приводит к таким проблемам, как неравномерная усадка, образование трещин на стенах, нарушение геометрии всего здания и т. д. Поэтому допущенные при проектировании и строительстве фундамента ошибки всегда являются критическими, так как приводят к неоправданно большим материальным затратам, разрушению конструкций, а также порче имущества и даже гибели людей.

Состав исполнительной документации по устройству монолитных отдельно стоящих фундаментов следующий: Общий журнал работ и специальные журналы работ; Исполнительная геодезическая документация; Исполнительные схемы по элементам, конструкциям и частям зданий и сооружений; Акты приемки и испытаний строительных конструкций; Акты освидетельствования скрытых работ; Паспорта, сертификаты качества на строительные материалы, изделия и конструкции; Комплект рабочих чертежей на строительство предъявляемого к приемке объекта, разработанных проектными организациями, с подписями о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям, сделанными

лицами, ответственными за производство строительного-монтажных работ, согласованными с авторами проекта [1].

Основные нормативные акты, на которые опираются при оформлении исполнительной документации (ИД): РД-11-02-2006 – Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации; РД-11-05-2007 – Порядок ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ; ГОСТ Р 51872-2002 – Госстандарт исполнительной геодезической документации; СП 68.13330.2017 – Приемка в эксплуатацию законченных строительных объектов; Градостроительный кодекс РФ (ГрК РФ) [2].

Контролировать качество монтажа фундамента любого вида начинают с проверки подготовки основания под фундамент. Составляется акт о состоянии грунтов, выдается заключение о качестве и готовности основания под фундамент. Затем проводят сопоставление размеров фундаментных блоков с их проектными параметрами с помощью измерительных приборов, определяют уровень качества поверхности и внешнего вида блоков, правильность их геометрической формы и соответствие размеров документации. Указанные параметры также фиксируются в актах, составляется соответствующее заключение. Внешний осмотр позволяет обнаружить торчащую арматуру, трещины и прочие дефекты.

При строительстве фундамента допускаются ошибки. Рассмотрим наиболее распространенные и способы их устранения.

1. Строительство фундамента ведется без проекта.

Не учитывается геология объекта строительства.

Строительство необходимо вести по разработанному проекту для конкретного здания или сооружения. В целях экономии многие заказчики покупают готовый типовой проект. В этом случае требуется доработка проекта под реальные геологические условия, иначе в дальнейшем фундамент может получить осадку и по стенам пойдут осадочные трещины.

2. При производстве строительства используют некачественные или несоответствующие требованиям строительные материалы.

Это часто происходит при применении материалов, бывших в употреблении, нового, но пережженного или битого кирпича, приготовление бетона на объекте в неподходящих для этого условиях, что приводит к неравномерному распределению заполнителя или разбавленному бетону.

3. Применяется материал с низкой прочностью.

При выполнении фундамента из монолитного бетона — фактическая его прочность окажется ниже, чем заложено в проекте.

Минимальный класс бетона по прочности на сжатие – В15, что соответствует марке бетона М200.

Минимальная марка бетона по морозостойкости F75 (зависит от климата).

В условиях умеренного климата обычно это число приравнивают к годам. Для фундамента рекомендуется использовать бетон марок F50-F150. По нормативным документам марка по морозостойкости для наружных конструкций не должна быть ниже F35.

Минимальная марка бетона по водонепроницаемости W4 (зависит от требований к водонепроницаемости и агрессивности грунтовых вод). Её назначают для конструкций, к которым предъявляют требования по ограничению водопроницаемости. [4].

4. Строительно-монтажные работы выполняются некачественно.

Монолитный железобетонный фундамент заливается в зимний период года. В бетонную смесь при заливке добавляют противоморозные добавки. При использовании противоморозной техники строители никак не ухаживают за залитым бетоном, так как думают, что в этом нет необходимости. Но это в корне не верно: бетону необходим уход до достижения им 100% прочности (так, в зимний период года бетон подогревают, устраивая «теплек»; используют греющую опалубку и т. п.). В данном случае строители нарушают технологию производства работ. В результате допущенной ошибки фундамент не наберёт необходимую прочность.

Защитный слой бетона не соответствует требованиям.

Защитный слой бетона – прослойка раствора от верхней плоскости железобетонного объекта до армирующего каркаса, который наливают для усиления конструкции.

Первичная защита формируется на стадии изготовления бетона, к средствам защиты относятся: использование коррозионно-стойких материалов; применение антикоррозионных добавок; выбор лучших составов раствора; снижение проницаемости раствора.

На поверхности бетонной конструкции образуются «раковины».

Железобетонные конструкции могут иметь раковины и гравелистую поверхность при изношенной опалубке, когда в процессе бетонирования через

ее щели и неплотности при интенсивной вибрации вытекает цементное молоко. Раковины также появляются в местах большой насыщенности арматурой, в труднодоступных и неудобных для укладки и уплотнения бетона местах и в результате сбрасывания бетона в опалубку с большой высоты.

Гравелистую поверхность бетона очищают металлическими щетками, промывают струей воды, а затем оштукатуривают цементно-песчаным раствором состава 1:2 (по объему) на портландцементе марки 400-500. Неглубокие раковины расчищают от неплотного бетона зубилом и металлической щеткой, промывают водой и заделывают жестким раствором.

Глубокие раковины заделывают раствором или бетоном с крупностью зерен заполнителя до 20 мм. В качестве вяжущего вещества используют портландцемент марок 400-500.

Отклонение линейных размеров.

Дефекты боковых неровностей фундамента.

При отклонениях по вертикали до 20-30 мм достаточно набить металлическую штукатурную или арматурную сетку на стены фундамента и нанести штукатурный цементно-песчаный раствор, при этом тщательно выравнивая боковые грани фундамента по уровню или штукатурным маякам.

При отклонениях фундамента более 50 мм необходимо закрепить на боковые стены металлическую сетку из арматурной стали, уставить опалубку и залить бетонной смесью.

Неровности верхнего уровня фундамента:

Выравнивание фундамента по горизонту возможно несколькими способами. Если величина отклонения от верхнего края цоколя и проектной нулевой отметкой в пределах до 30 мм, то в этом случае необходимо сделать следующие шаги:

Вначале необходимо отметить нулевую проектную отметку здания. После определения «нуля» здания, следует перенести этот уровень на верхнюю часть залитого фундамента.

Если указанная выше величина в пределах до 40 мм, необходимо повторно установить опалубку и выполнить подливку цементно-песчаным раствором высокой марки, предварительно уложив по всей горизонтальной поверхности фундамента арматурную металлическую сетку.

Если величина отклонения в пределах 50 мм, то в этом случае вывести фундамент в ноль можно с помощью кирпичной кладки, которую

впоследствии легко заштукатурить. Класть кирпич нужно на слой цементного раствора непосредственно на горизонтальную часть фундамента.

5. Ошибка глубины заложения фундамента не соответствует климатическому району строительства.

Нарушения могут быть в виде малого заглубления фундамента (8).

Из-за недостаточной глубины заложения фундамента возникают следующие дефекты: выпирание или просадка отдельных участков фундамента, вследствие чего возможен «крен» зданий или сооружений; образование трещин в конструкциях здания или сооружения; и т. д.

По требованиям устройства фундаментов необходимо сделать так, чтобы подошва (основание) фундамента находилась ниже уровня промерзания почвы. Тогда сезонное вспучивание грунта не сможет существенно повлиять на прочность фундамента.

Попытка сэкономить на стоимости строительства является основной причиной малой глубины заложения фундамента.

Проверять целостность фундамента требуется даже при появлении одного признака, так как от исправного состояния фундамента зависит безопасность и долговечность эксплуатации капитального сооружения.

Чтобы избежать повторного появления дефектов все восстанавливающие работы необходимо выполнять со строгим соблюдением технологий и требований СП.

Список использованных источников

1. СП 70.13330.2012. «Несущие и ограждающие конструкции». Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 // Консорциум КОДЕКС.

2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 // Консорциум КОДЕКС.

3. Исполнительная документация в строительстве: виды, состав, требования [Электронный ресурс]. URL: <https://www.business.ru/article/3749-ispolnitelnaya-dokumentatsiya-v-stroitelstve>. (дата обращения: 06.01.2023).

4. Фундаменты. Техническое обследование фундаментов и оснований [Электронный ресурс]. URL: <https://extxe.com/15235/fundamenty-tehnicheskoe-obsledovanie-fundamentov-i-osnovanij/> (дата обращения: 06.01.2023).

5. Варламова Т.В. Проектирование элементов железобетонных конструкций: учебное пособие / Т.В. Варламова. – Саратов: Саратовский

государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, 2017. 88 с.

6. Кривошапко С. Н. Архитектурно-строительные конструкции: учебник для академического бакалавриата / С.Н. Кривошапко, В.В. Галишникова. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. 460 с.

7. Контроль качества выполнения строительно-монтажных работ: справ. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.К. Соколов, В.В. Филатов, К.Г. Соколов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. 384 с.

НАЛОЖЕНИЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ГАЗОВЫЙ СЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОПОРЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

Завьялов О.Г. – к.ф.-м.н, доцент, «Южно-Уральский технологический университет»

Аннотация

В статье рассматривается наложение вращающегося магнитного поля на газ в цилиндрической опоре скольжения электромеханического устройства. Магнитное поле создает реакцию, способную удерживать даже невращающийся вал опоры. Таким образом, для проводящего газа можно проектировать опоры скольжения, на которые наложены электрические и магнитные поля, и таким наложением управлять интегральными характеристиками газового слоя.

Рассматривается обычная цилиндрическая опора скольжения электромеханического устройства, к которой приложено вращающееся магнитное поле B_y [1]. Уравнения движения тонкого слоя проводящего газа запишутся (рис. 1)

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + f_{ex}; \quad \frac{\partial p}{\partial y} = f_{ey};$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + f_{ez}; \quad \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0. \quad (1)$$

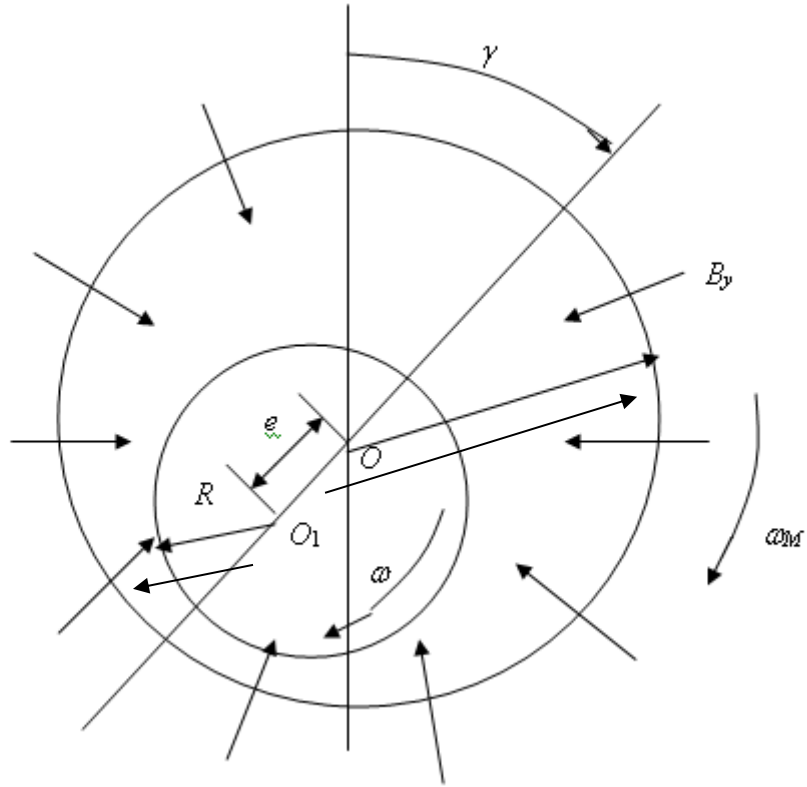


Рис. 1. Движение тонкого слоя проводящего газа

Определив вектор $F_e(f_{ex}f_{ey}f_{ez})$ поперемоторной силы, уравнения (1) запишем в следующем виде

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} - (v_x - \omega_M r) B_y^2 \sigma; \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} - v_z B_y^2 \sigma; \quad \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0, \quad (2)$$

где B_y – проекция вектора магнитной индукции магнитного поля на орт y ; ω_M – угловая скорость вращения магнитного поля; σ – удельная проводимость газа.

Определим проекции v_x, v_y газа при граничных условиях

$$v_x = v_y = v_z = 0 \quad \text{при } y = 0, \quad y = h$$

Интегрируя уравнения (2), получим

$$v_x = \left(\frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{1}{\mu M_y^2} - \omega_y r \right) \left(\text{ch} M_y + \frac{1 - \text{ch} M_y h}{\text{sh} M_y h} \text{sh} M_y y - 1 \right);$$

$$v_z = \left(\frac{\partial p}{\partial z} \cdot \frac{1}{\mu M_y^2} - \omega_z r \right) \left(\operatorname{ch} M_y + \frac{1 - \operatorname{ch} M_y h}{\operatorname{sh} M_y h} \operatorname{sh} M_y z - 1 \right), \quad (3)$$

где $M_y = B_y \sqrt{\frac{\sigma}{\mu}}$.

Уравнение неразрывности запишем в интегральной форме

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^h v_x dy + \frac{\partial}{\partial z} \int_0^h v_z dy = 0. \quad (4)$$

Исключив в уравнении (4) проекции скоростей (3), получим уравнение для распределения давления

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[F \frac{\partial p^2}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[F \frac{\partial p^2}{\partial z} \right] = r \omega_M \mu M_y^2 \frac{\partial}{\partial x} (pF), \quad (5)$$

где

$$F = \frac{2(\operatorname{ch} M_y h - 1) - M_y h \operatorname{sh} M_y h}{\operatorname{sh} M_y h}.$$

2. Введем переменную $\theta = \frac{x}{r}$ и запишем уравнение (5) для плоского течения газа

$$\frac{d}{d\theta} \left[F \frac{\partial \bar{p}^2}{\partial \theta} \right] = \Lambda_0 \frac{d}{d\theta} (p\bar{F}) \quad (6)$$

где

$$\bar{p} = \frac{p}{p_a} \quad \Lambda_0 = \frac{\omega_M \mu M_y^2 r^2}{p_a}.$$

Решение уравнения (6) для цилиндрической опоры запишется

$$\bar{p} = 1 + \chi \frac{(18 + \Gamma^2) 2\Lambda_0}{(6 + \Gamma^2)(4 + \Lambda_0)} \left(\sin \theta - \frac{\Lambda_0}{2} \cos \theta \right), \quad (7)$$

где $\chi = \frac{\ell}{\delta}$ – относительный эксцентриситет; $\Gamma = M_y \delta$ – число Гартмана.

Проекция главного вектора реакции газового слоя на линию центров и линию, ей перпендикулярную, запишутся

$$P_e = -\frac{(18 + \Gamma^2) 2\Lambda_0 \pi \chi}{(6 + \Gamma^2)(4 + \Lambda_0^2)}; \quad P_\gamma = \frac{(18 + \Gamma^2) \Lambda_0^2 \pi \chi}{(6 + \Gamma^2)(1 + \Lambda_0^2)} \quad (8)$$

Угол положения линии центров при действии на шип опоры постоянной нагрузки определяется из уравнения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Lambda_0}{2}. \quad (9)$$

Таким образом, опора скольжения, в которой в качестве смазывающего вещества используется газ, с учетом вращающегося магнитного поля, обладает вполне определенной несущей способностью и жесткостью, которые будут тем выше, чем выше электропроводность смазки и угловая скорость вращения магнитного поля.

Список используемых источников

1. Жедь В.П., Пинегин С.В., Табачников Ю.Б. Применение в промышленности опор с газовой смазкой // Станки и инструменты. 1977. №12. С. 1 – 3.
2. Жуковский Н.Е. О гидродинамической теории трения хорошо смазанных твердых тел. Полное собрание сочинений, 1937. Т. IV. С. 234 – 241.
3. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973. 792 с.
4. Валландер С.В. Лекции по гидроаэромеханике. Л.: Изд.ЛГУ, 1978. 296 с.
5. Ветер В.С. Никитин А.К. Гидромеханический расчет сферического подвеса // Машиноведение, 1969, № 2. С. 70 – 74.

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Зязев Е.В. – ст. преподаватель каф. «Техника и технологии» ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», преподаватель ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Николаев В.Н. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Аннотация

В статье предлагается конструкция и обосновываются основные параметры устройства для аэродинамического транспортирования и смешивания сыпучих материалов.

В настоящее время в конструкциях смесителей часто используют дополнительные приемы для интенсификации процессов перемешивания – вибрацию или продувку воздухом. Эти способы способны обеспечить получение качественной однородной смеси компонентов с разной объемной массой и различными размерами частиц за короткий промежуток времени [3].

Нами предлагается аэродинамический смеситель сыпучих материалов (рис. 1.) [6], который представляет собой конический корпус, над которым установлено вентиляторное колесо и камера смешивания. Вентиляторное колесо обеспечивает процесс всасывания продуктов сыпучих материалов через входные патрубки за счет создания необходимого разрежения воздуха.

Процесс смешивания и транспортирования сыпучих материалов происходит следующим образом: благодаря установленным лопаткам на вентиляторном колесе при его вращении происходит всасывание сыпучих материалов через входные патрубки. После прохождения по входным патрубкам смешиваемые материалы попадают в камеру смешивания, где подвергаются вращательному движению в воздушных потоках, благодаря чему и происходит процесс смешивания частиц материалов. Полученная смеси компонентов попадает на вентиляторное колесо и его лопатками отбрасывается на периферию, а далее под действием сил тяжести, опускается в конический корпус [5]. Дальнейшая выгрузка полученной смеси материалов осуществляется через выгрузной патрубок, а воздух выходит через выходные патрубки [6].

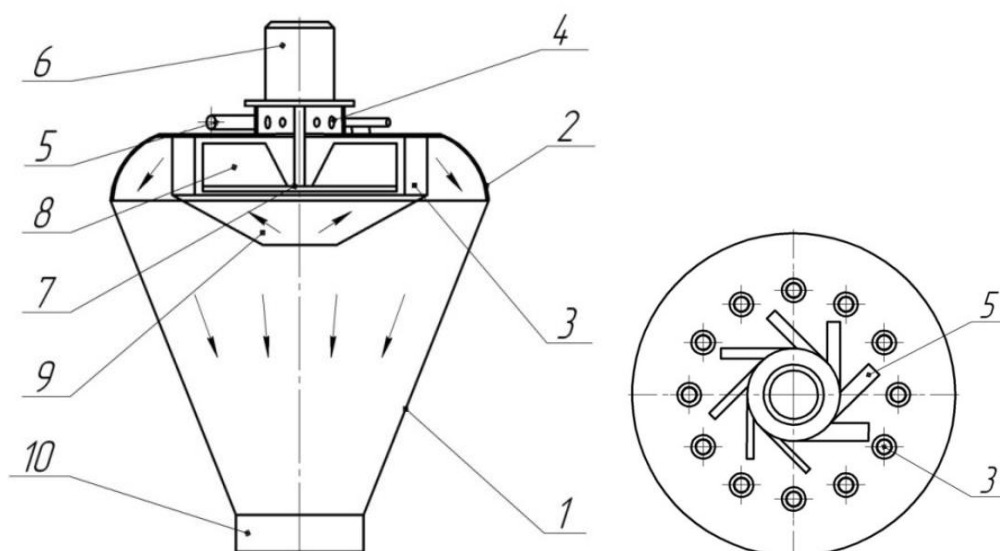


Рис. 1. Аэродинамический смеситель сыпучих материалов: 1 – конический корпус; 2 – крышка; 3 – выходные патрубки; 4 – рабочая камера; 5 – всасывающие патрубки; 6 – электродвигатель; 7 – вентиляторное колесо; 8 – лопатки; 9 – конус; 10 – патрубок

Главная особенность работы предлагаемого аэродинамического смесителя заключается в следующем: отдельные компоненты сыпучих материалов транспортируются по разным всасывающим патрубкам совместно с подачей воздуха. Подачу воздуха и отдельных компонентов смеси осуществляют совместно посредством всасывания за счет создания разрежения в емкости с помощью лопаток центробежного вентиляторного колеса. При этом возможно организовать и процесс дозирования сыпучих материалов: учитывать скорость подачи воздуха и материалов, а также диаметр живого сечения патрубков или установить дополнительные дозаторы.

На качество смешивания в предлагаемой конструкции смесителя главным образом будут влиять его конструктивные и кинематические параметры, а также физико-механические свойства сыпучих материалов.

Конструктивно аэродинамический смеситель выполнен с односторонним всасыванием. Лопасти на вентиляторном колесе могут быть прямолинейные или криволинейные, радиальные или отогнутые назад на угол не более 30° , а их число от 6 до 30.

Рациональные конструктивные параметры аэродинамического смесителя возможно определить исходя из опыта проектирования вентиляторных колес по принципу подобия. Количество всасывающих

патрубок подбирается исходя из количества смешиваемых компонентов. Кинематические параметры работы смесителя определяют из условий получения необходимой производительности смесителя и обеспечения процесса всасыванию сыпучих материалов. К основным конструктивным и кинематическим параметрам работы смесителя следует отнести: частоту вращения вентиляторного колеса и количество лопаток на нем; диаметр и количество всасывающих патрубков.

Например, при выборе минимального диаметра всасывающего патрубка d_{min} , м, следует учитывать поперечный размер сыпучего материала для исключения забивания.

Наименьший диаметр всасывающих патрубков должен выбираться исходя из условия, что $d_{min} \geq 3a$, где a – размер типичной частицы сыпучего материала. Для упрощения расчетов возможно использовать средний эквивалентный диаметр частиц сыпучих материалов [1, 4]:

$$d_{\text{э}} = 2 \sqrt{\sqrt[3]{\frac{(a \cdot b \cdot c)^2}{\pi}}}, \quad (1)$$

где a, b, c – средние значения длины, ширины и толщины частиц, м.

Следовательно, имеем $d_{min} \geq 3d_{\text{э}}$.

Рациональную скорость движения воздуха с частицами материала во всасывающих патрубках V_p , м/с, следует определять из условия невозможности образования завалов или закупорки сыпучих материалов [7]:

$$V_p = 15,75 + 0,85 \cdot V_{\text{вит}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{вит}}$ – скорость витания однородного сыпучего материала, м/с, т. е. наименьшая скорость выходящего воздушного потока, в котором частицы материала находятся во взвешенном состоянии.

Зная величины d_{min} и V_p можно определить расход воздуха V , м³/с, для транспортирования сыпучего материала по всасывающим патрубкам:

$$V = \frac{V_p \cdot \pi \cdot d_{min}^2}{4}, \quad (3)$$

Наконец, задавшись величиной коэффициента массовой концентрации смеси воздуха с транспортируемым сыпучим материалом μ , кг/кг, определим наименьшую подачу Q_{min} , т/ч, компонента для смешивания:

$$Q_{min} = 3,6 \cdot V \cdot \mu \cdot \rho_B, \quad (4)$$

где ρ_v – плотность воздуха, кг/м³ (в нормальных условиях 1,25; для всасывающих установок 0,8 – 0,95) [1].

Важнейшим условием эффективного всасывания сыпучих материалов в рабочую камеру аэродинамического смесителя является величина разрежения, создаваемого вентиляторным колесом.

Давление, развиваемое вентиляторным колесом, зависит от плотности, характеризующей физические свойства воздуха, от коэффициента давления, определяемого в первую очередь геометрической формой лопастей, от окружной скорости на концах лопастей, характеризующей кинематические условия.

С увеличением расхода воздуха пропорционально растет производительность смесителя, при этом увеличение концентрации смеси ведет к снижению производительности. Из анализа теоретических исследований по обоснованию конструктивных параметров вентиляторных колес следует [2], что для предлагаемой конструкции аэродинамического смесителя целесообразно применить конструкцию вентиляторного колеса с отогнутыми назад лопастями.

Тогда производительность аэродинамического смесителя Q , кг/с, с учетом вышеизложенного можно будет определить по формуле:

$$Q = 0,25 \cdot \pi \cdot d_T^2 \cdot k \cdot \rho_v \cdot \mu \cdot V_p, \quad (5)$$

где d_T^2 – диаметр всасывающих патрубков, м; ρ_v – плотность воздуха, кг/м³; μ – массовая концентрация смеси кг/кг; V_p – скорость движения смеси, м/с; k – коэффициент, учитывающий число лопаток вентиляторного колеса.

Скорость движения сыпучего материала составляет не менее $0,85V_p$.

Для предлагаемой конструкции по аэродинамическому смешиванию сыпучих материалов следует выбрать следующие основные конструктивные параметры: диаметр камеры смешивания $D_0=0,12...0,16$ м; внутренний диаметр лопастей вентиляторного колеса $D_1=0,14...0,16$ м; высота вентиляторной камеры $V_k=0,08...0,12$ м; высота лопастей вентиляторного колеса $b=0,04...0,048$ м при внешнем диаметре лопастей вентиляторного колеса смесителя $D_2=0,4$ м, а также необходимое и достаточное количество лопаток вентиляторного колеса, равное 6.

Исходя из уравнения 5 следует, что при необходимой производительности на смешивании около 0,5 кг/с аэродинамического

устройство должно обеспечивать всасывание компонентов смеси до их массовой концентрации 3,5 кг/кг, и иметь возможность изменения входного диаметра всасывающих патрубков.

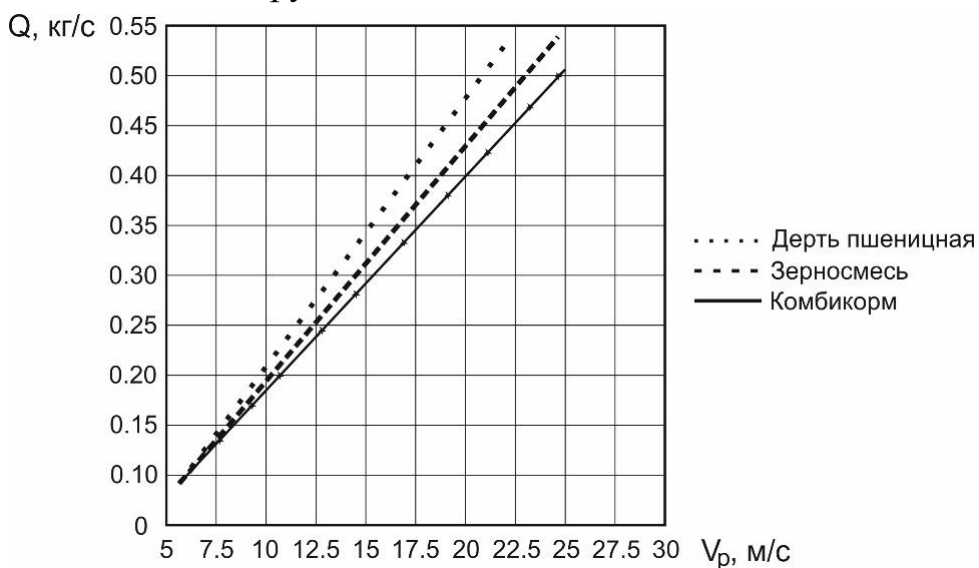


Рис. 2. Зависимость производительности Q , кг/с, аэродинамического смесителя от скорости движения аэросмеси во всасывающих патрубках V_p , м/с

Основным техническим результатом применения предлагаемой конструкции аэродинамического смесителя является повышение эффективности процесса смешивания и транспортирования сыпучих материалов. Предлагаемая конструкция также способна обеспечить снижение общей энергоемкости процесса смешивания сыпучих материалов.

В результате расчетов были получены теоретические данные производительности аэродинамического смесителя от скорости смеси V_p при угловой скорости вращения рабочего колеса $\omega=100\dots400\text{с}^{-1}$ (рис. 2), при этом увеличение скорости вращения рабочего колеса приводит к повышению скорости транспортирования сыпучих материалов, а значит и к увеличению его производительности. Скорость транспортирования по всей длине всасывающих патрубков постоянна, но зависит от физико-механических свойств сыпучего материала.

Предложенная конструкция устройства для аэродинамического смешивания сыпучих материалов может быть использована в строительной, сельскохозяйственной, пищевой, химической отраслях промышленности.

Список используемых источников

1. Гальперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдооживления. М.: Химия, 1967. 664 с.
2. Калинушкин М.П. Насосы и вентиляторы: Учеб. Пособие для ВУЗов по спец «теплогазоснабжение и вентиляция», 6 изд., М.: 1987. 176 с.
3. Николаев В.Н., Зязев Е.В. разработка аэродинамического смесителя сыпучих комков // АПК России. Челябинск, 2021. Том 28 № 2. С. 236 – 241.
4. Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин сельскохозяйственного назначения / Ерохин М.Н., Карп А.В., Выскребенцев Н.А. и др. Под ред. Ерохина М.Н. и Карпа А.В. М.: Колос, 1999. 228 с.
5. Способ смешивания сыпучих материалов и аэродинамического устройство для его осуществления: пат. 2294795. Рос. Федерация. №2005115000/15 / Сергеев Н.С., Николаев В.Н.; заявл. 17.05.2005; опубл. 10.03.2007, Бюл. № 7. 2007.
6. Устройство для транспортирования и смешивания сыпучих материалов: пат. 2596184. Рос. Федерация. № 2015111444/05 / Сергеев Н.С., Николаев В.Н., Зязев Е.В.; заявл. 30.03.2015; опубл. 27.08.2016 Бюл. № 24.
7. Фирсов М.М., Пышкин В.К. Пневматические транспортеры зерна: конструкция, теория, расчет. – М.: ООО «ВИСМА», 2001. 223 с.

ФИЗИЧЕСКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПОДАЧИ АММИАКА В ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Карпенко М.Ю. – аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский Государственный университет путей сообщения»

Курманова Л.С. – доцент к.т.н., ФГБОУ ВО «Самарский Государственный университет путей сообщения»

Петухов С.А. – доцент к.т.н., ФГБОУ ВО «Самарский Государственный университет путей сообщения»

Росляков А.Д. – профессор д.т.н., ФГБОУ ВО «Самарский Государственный университет путей сообщения»

Аннотация

В последнее время активизировались научные работы в области использования альтернативных топлив в тепловых двигателях. Это обусловлено в основном тем, что запасов нефти по различным оценкам может хватить на ограниченный период времени [10].

Рассматривают в качестве альтернативных следующие топлива: углеводородные газы, например, такие как природный газ или пропан-бутановые смеси, а также спирты, метана-водородные смеси (гайтан), аммиак и водород. Парциальное окисление аммиака является одним из наиболее простых и дешевых способов получения водородных смесевых композиций с углеводородным топливом.

По вопросу использования аммиака на транспорте и в энергетике опубликованы некоторые материалы, в том числе [1,3, ...8,9,12]:

Из вышеизложенного следует, что материалы по аммиаку опубликованы в основном за рубежом.

В последние годы более 1,8 % всех мировых энергетических ресурсов используются для синтеза аммиака. Российская Федерация входит в перечень крупнейших производителей этого вещества [2]. Промышленный способ получения аммиака основан на прямом взаимодействии водорода и азота:



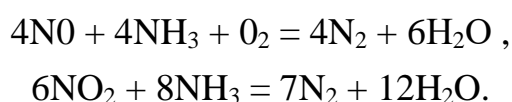
Эта реакция называется по имени авторов – процесс Габера–Боша. Современный процесс получения аммиака основан на его синтезе из азота и водорода при температурах 380...450 °С и давлении 20...30 МПа с использованием железного катализатора. Азот получают из воздуха, водород

– через риформинг метана и воды либо в процессе газификации угля. В безуглеродном способе водород получается путем электролиза воды. Аммиак производится в виде жидкости под давлением.

Аммиак имеет широкий спектр использования в промышленности, медицине и сельском хозяйстве для производства удобрения. В последнее время он рассматривается в качестве химического аккумулятора энергии для энергообеспечения и моторного топлива. Для энергетических целей подходит аммиак любой марки по ГОСТ 6221–90 [2].

Одним из наиболее перспективных методов снижения токсичности отработанных газов транспортных дизелей является метод некаталитического восстановления NO_x аммиаком, который нашел применение в снижении токсичности промышленных выбросов при сжигании топлива [5]. Установленные зависимости процесса восстановления оксидов азота показывают, что метод очистки экологически безопасен и высокоэффективен, степень восстановления NO_x может достигать 90%. Кроме того, данный способ не требует использования дорогостоящих катализаторов и не представляет сложности в применении его на транспортной технике благодаря своей простоте реализации.

В этом способе смесь аммиак – выхлопной газ проходит через камеру, в которой оксиды азота превращаются в азот и водяной пар. Оксиды азота, которые в основном состоят из NO и NO_2 , конвертируются согласно следующим схемам реакции [3]:



Как видно из вышеприведенных схем, конверсия оксидов азота не создает вторичных загрязнителей, так как продуктами реакции являются только азот и водяной пар, которые уже присутствуют в атмосфере в больших количествах.

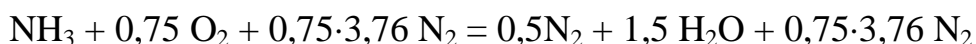
В данной работе приведены материалы по исследованию физико-химических процессов при подаче аммиака в дизельный двигатель.

Теплофизические свойства топлив, в том числе аммиака приведены в справочной литературе и различных нормативно-технических материалах.

В некоторых случаях некоторые физические свойства необходимо определять аналитическим способом. Определить теоретическую массу и

объем воздуха, необходимого для горения 1 м³ аммиака при нормальных условиях.

Запишем уравнение химической реакции горения NH₃ в воздухе



С учетом молярного баланса реакции окисления аммиака находим объем воздуха для сгорания 1 м³ аммиака

$$V_B = \frac{0,75 + 0,75 \cdot 3,76}{1} = 3,6 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Плотность воздуха при 21 % кислорода равна

$$\rho_B = \frac{0,79 \cdot 28 + 0,21 \cdot 32}{22,4} = 1,28 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность газообразного аммиака в стандартных условиях

$$\rho_A = \frac{17}{22,4} = 0,759 \text{ кг/м}^3.$$

С учетом плотностей веществ находим массу воздуха для сгорания 1 кг аммиака

$$m_B = \frac{3,6 \cdot 1,28}{1 \cdot 0,759} = 6,07 \text{ кг/кг.}$$

В таблице 1 приведены основные физические свойства некоторых топлив, которые могут быть использованы в качестве моторного топлива, в том числе аммиака.

Основные физические свойства топлив:
дизельного топлива (ДТ), аммиака (NH₃), метана (CH₄) и водорода (H₂)

Показатель	Топлива			
	ДТ	NH ₃	CH ₄	H ₂
Плотность при 20 °С, кг/м ³	830,0	0,7723	0,7168	0,08
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	42500	18631	50080	120000
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг	14,31	6,07	17,3	34,3
Температура самовоспламенения (°С)	254	651	540	572
Максимальная скорость пламени (м/с)	0,3	0,1	0,42	3,5
Пары воды H ₂ O в выхлопных газах, кг/ на 1 кг топлива при сжигании в воздуха при $\alpha = 1$	1,134	1,06	2,25	4,5
Массовая доля, %:	С	87,0		75
	Н	12,6	18	25
	O ₂	0,4		
	N ₂		82	

Сравнительный анализ основных физических свойств аммиака и других топлив показывает, что у аммиака:

- высокая температура самовоспламенения ($t = 651$ °С);
- низкая скорость пламени (до 0,1 м/с);
- наименьшая «Низшая теплота сгорания», $H_u = 18631$ кДж/кг.

Все эти факторы являются причиной трудностей, которые имеют место при организации воспламенения и поддержания устойчивого горения во всем диапазоне режимов эксплуатации теплового двигателя. Холодный аммиак без предварительного подогрева до 150 °С в смеси с воздухом не воспламеняется искровым способом, имеет очень узкий концентрационный диапазон устойчивого горения аммиака (коэффициент избытка воздуха α в диапазоне 0,98...1,15).

Оценим параметры в процессах при подаче аммиака на 8 позиции контроллера машиниста тепловоза ТЭМ 18ДМ. Частота вращения коленчатого вала дизеля $n = 750$ об/мин или 12,5 об/с.: расход дизельного топлива $G_d = 185,1$ кг/ч. Для замещения 50 % или 92,6 кг/ч дизельного топлива необходим расход аммиака $G_A = 215$ кг/ч. Такое увеличение расхода аммиака обусловлено тем, что низшая теплота сгорания меньше в 2,34 раза чем у дизельного топлива.

К настоящему времени сформировались некоторые подходы к организации подачи альтернативного топлива в дизельный двигатель. На рис. 1 приведена схема возможных вариантов подачи альтернативного топлива [4], в том числе может быть использована при разработке схемы подачи аммиака в двигатель.

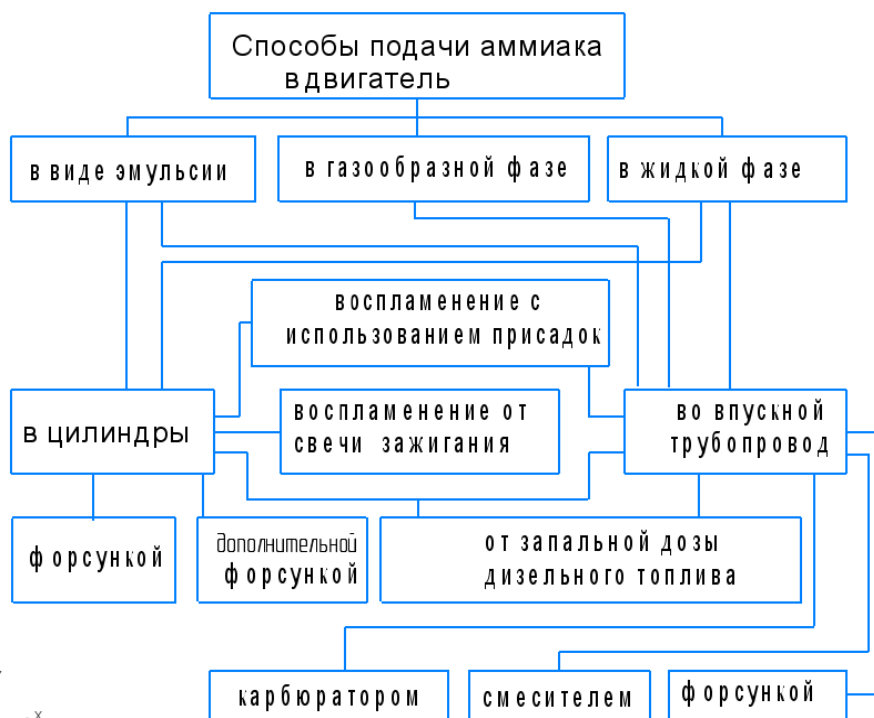


Рис. 1. Схема возможных вариантов подачи аммиака в двигатель

Проанализированы некоторые варианты схемы подачи аммиака, их преимущества и недостатки.

Важным параметром аммиака является его зависимость температуры кипения от давления. Переход от жидкого состояния в газообразное происходит в основном в диапазоне давлений и температур, который имеет место при протекании процессов подачи топлива в цилиндры дизеля. Это необходимо учитывать при разработке схем подачи и регулирования расхода аммиака.

В таблице 2 и рисунке 2 приведена зависимость температуры кипения аммиака от давления [1].

Зависимость температуры кипения аммиака от давления

P, атм	1,03	1,34	1,94	2,31	5,85	7,67	9,31	10,54
t, °C	-33,3	-28	-20	-16	8	16	22	26

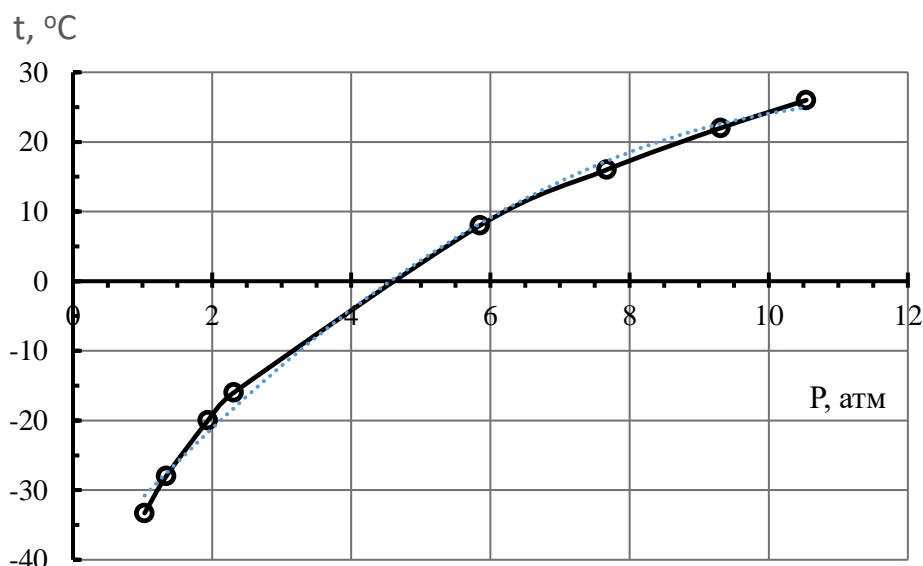


Рис. 2 Зависимость температуры кипения аммиака от давления

Аналитическая зависимость температуры кипения аммиака от давления выражается трендом

$$t = -0,4787 P^2 + 11,397 P - 42,015,$$

где температура t в градусах Цельсия, а давление P в атмосферах.

Элементы системы подачи топлива целесообразно проектировать с учетом работы в жидком или только в газообразном состоянии. Если рабочее тело находится в двух фазном состоянии, то сложно обеспечить параметры подачи топлива в соответствии с допуском на расход, который ограничен техническим заданием и обеспечивается системой регулирования.

Другим существенным свойством аммиака является его высокая удельная теплота парообразования, которая равна $r_A = 1373$ кДж/кг. Для сравнения следует отметить, что удельная теплота парообразования дизельного топлива равна 394 кДж/кг, т.е. в 3,5 раза меньше, чем у аммиака.

Температура рабочего тела в цилиндре дизеля после сжатия на восьмой позиции контроллера в некотором частном случае с учетом температуры остаточных газов, стандартных атмосферных условиях, характеристики турбокомпрессора и т. д. может равняться $T = 895$ К или $t = 622^\circ\text{C}$. С

методической точки зрения такое значение температуры рабочего тела принято для сравнительной оценки влияния удельной теплота парообразования дизельного топлива и аммиака на изменение температуры смеси после подачи топлива в цилиндр. Кроме того, принимаем расход дизельного топлива $G_D = 0,05142$ кг/с, 50 % расхода дизельного топлива $G_D = 0,02571$ кг/с. При этом для замещения 50 % расхода дизельного топлива, необходимо подать аммиака $G_A = 0,0596$ кг/с.

Полная энтальпия 1 кг воздуха при температуре $T = 895$ К равна $I = 221,5$ ккал/кг или $927,4$ Дж/кг [7]. На испарение 100 % дизельного топлива расходуется полной энтальпии

$$\Delta I = G_D \cdot r_D = 0,05142 \cdot 394 = 20,3 \text{ Дж/кг.}$$

Полная энтальпия рабочего тела после испарения дизельного топлива равна

$$I^{\wedge} = I - \Delta I = 927,4 - 20,3 = 907,1 \text{ Дж/кг.}$$

При этом температура воздуха в цилиндре уменьшается до значения $T = 876$ К или до $t = 603$ °С. Температура воздуха в цилиндре уменьшается на 19 градусов. Если испарить 50 % дизельного топлива, то температура воздуха уменьшится на 9,5 градусов и станет равной $T = 895 - 9,5 = 876$ К или 603 °С. При этом если испарить 50 % дизельного топлива температура будет равна $612,5$ °С.

На испарение аммиака, который замещает 50 % дизельного топлива расходуется тепла

$$\Delta I = G_A \cdot r_A = 0,0596 \cdot 1373 = 81,8 \text{ Дж/кг.}$$

Полная энтальпия рабочего тела после испарения аммиака, который замещает 50 % дизельного топлива равна

$$I^{\wedge} = I - \Delta I = 927,4 - 81,8 = 845,6 \text{ Дж/кг.}$$

Температура воздуха в цилиндре уменьшается практически до 821 К или 548 °С. С учетом тепла, которое израсходовано на испарение 50% дизельного топлива температура в цилиндре станет равной $538,5$ °С. Температура рабочей смеси в цилиндре при впрыске аммиака в жидком виде уменьшится на $70...80$ °С по сравнению со штатным вариантом при работе только на дизельном топливе. Такое уменьшение температуры приведет к ухудшению процессов горения, понижению мощности и полноты сгорания. Дизельный

двигатель будет иметь, например, такую температуру при понижении степени сжатия с 12,5 до 9,5.

Кроме этого, попадание жидкого аммиака на стенку камеры сгорания в поршне дизеля приведет к существенному увеличению термических напряжений. Необходимо будет провести комплекс научно-исследовательских работ по оценке термических напряжений и разработки мероприятий по повышению надежности дизельного двигателя при подаче аммиака в цилиндры.

Проработан вопрос о подаче жидкого аммиака на выходе из турбокомпрессора на входе во впускной коллектор.

При анализе принято: степень повышения давления в компрессоре $\pi_k = 1,5$. При температуре воздуха на входе в двигатель $t_1 = 15^\circ\text{C}$ температура воздуха за компрессором равна $t_2 = 50^\circ\text{C}$ или $T_2 = 323\text{ K}$. С учетом выше приведенных оценок подача аммиака, замещающего 50 % дизельного топлива, приводит к понижению температуры за компрессором до -33°C . Такое понижение температуры не допустимо, т. к. при понижении температуры на входе в двигатель приведет к частичного испарения аммиака.

Подача аммиака, замещающего 25% дизельного топлива, приводит к понижению температуры за компрессором на 41°C или до 9°C .

Вышеприведенные оценки показывают, что аммиак невозможно подавать в цилиндры дизельных двигателей в жидкой фазе (см. рис. 1). Аммиак необходимо подавать только в газообразной фазе. Схема подачи аммиака в газообразной фазе имеет некоторые преимущества. Та часть тепловой энергии, которая расходуется на перевод аммиака из жидкой фазы в газообразное состояние может быть использована для понижения температуры охлаждающей воды или воздуха, например, за турбокомпрессором. Подача аммиака, замещающего 25% дизельного топлива, приводит к понижению температуры за компрессором на 41°C или до 9°C .

Список использованных источников

1. ГОСТ 6221-90. Аммиак сжиженный безводный. Технические требования [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 2011. 27 с.
2. Климентьев А.Ю., Климентьева А.А. Аммиак – перспективное моторное топливо для безуглеродной экономики // «Транспорт на альтернативном топливе» 2017. № 3 (57). С.17-28.

3. Морозов Г. Аммиак – дешевое малотоксичное горючее // Катера и Яхты. 1985. С. 115.
4. Марков В.А., Бирюков В.В., Девянин Н.Э. Работа дизеля на дизельном топливе с добавкой этанола // «Транспорт на альтернативном топливе». 2015. № 2 (44). С. 18-28
5. Фролов С.Г., Росляков А.Д. Уменьшение вредных выбросов транспортных дизелей путем нейтрализации оксидов азота // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. 2009. № 3-2(19). С. 138-142.
6. Термогазодинамический расчет газотурбинных силовых установок. М.: «Машиностроение», 1973. 144 с.
7. Теплофизические свойства аммиака. И.Ф. Голубев [и др.]. М.: Изд-во стандартов, 1978. 264 с.
8. Ammonia - a fuel for motor buses, Emeric Kroch D.Sc. // Journal of the Institute of Petroleum. - 1945. P. 313-223/
9. Ammonia as fuel for internal combustion engines? An evaluation of the feasibility of using nitrogen-based fuels in ICE, Chalmers, Emtiaz Ali Brohi, 2014. P. 43/
10. Balakin A., Roslyakov A., Klochkov Y. Diesel Engine Quality and Reliability Growth by Supplying a Homogeneous Mixture of the Air and Ethanol through the Inlet Header. International Journal for Quality Research 16(3) ISSN 1800-6450, (Hardcover). 2022. P. 803–816.
11. Combustion and emissions characteristics of a compression-ignition engine using dual ammonia-diesel fuel. Aaron Reiter Iowa State University, 2009. 108 p.
12. Jeffrey Ralph Bartels. A feasibility study of implementing an Ammonia Economy, Iowa State University, 2008. 111 p.
13. Potential Roles of Ammonia in a Hydrogen Economy. A study of Issues Related to the Use Ammonia for On-Board Vehicular Hydrogen Storage, US Department of Energy, 2006. 13 p.
14. Takashi Saika, Mitsuhoro Nakamura, Tetsuo Nohara, Shinji Ishimatsu. Study of Hydrogen Supply System with Ammonia Fuel // JSME International Journal. - 2006. Series B, Vol 49, No 1.P. 78-83.

15. The theory of operation of an ammonia burning internal combustion engine. Charles G. Garabedian and John H. Johnson HQ US Army tank-automotive center Warren, 1965. P.1-16/

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СБОРКИ ПОРТАТИВНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

Максимов Н.М. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»

Аннотация

В статье приводится история появления термоэлектрических источников энергии. Дан анализ существующих конструкций термоэлектрических генераторов. Приводятся результаты испытаний термоэлектрического генератора «ТЭГ-1 Свеча» на воздушном охлаждении. Представлены предложения и рекомендации по проектированию и сборке портативных термоэлектрических генераторов.

С каждым годом в мире всё больший интерес набирают альтернативные источники энергии, доля которых в мировой энергетике неуклонно растёт. Их работа основывается на использовании энергии солнца, ветра и перепада температур.

Одним из таких альтернативных источников энергии является термоэлектричество, открытое Томасом Зеебиком в первой половине 19 в., при постановке опытов с термомагнетизмом. Для получения термоэлектричества была использована термопара - спай двух разнородных проводников. Прямое преобразование тепловой энергии в электрическую в термопаре основано на использовании термоэлектрических эффектов, заключающихся в том, что градиент температуры в твёрдом теле вызывает диффузию носителей тока (в полупроводнике – электронов и дырок), и, наоборот, движение носителей тока сопровождается выделением или поглощением тепла [1, 5].

История термоэлектричества на сегодняшний день насчитывает более 200 лет. После открытия термоэлектричества в 19 в. была сделана первая термоэлектрическая батарея. Состояла такая батарея из 6 термопар (висмут + сурьма) соединённых последовательно в единую цепь. Горячие спаи термопар нагревались, а холодные помещались в воду. Коэффициент полезного действия таких батарей оценивался в 1%, что было ничтожно мало. В 1929 г.

учёным физиком А.Ф. Иоффе было предложено получать термоэлектричество с помощью полупроводников, вместо использовавшихся тогда металлических термопар, что стало новым этапом развития термоэлектрических генераторов. Так, в 1940 г. был сделан первый термогенератор ТГ-1, имевший КПД ~2%, а уже в 1943 г. был сделан генератор-котелок, использовавшийся в годы Великой Отечественной войны для питания радиостанций. Обладая малыми размерами и относительно большим КПД, в сравнении с металлическими термопарами, составлявшим от 2 до 5%, полупроводниковые модули в настоящее время хорошо зарекомендовали себя и стали основными элементами термоэлектрических генераторов (ТЭГов) и термоэлектрических холодильников [1, 6].

Простейшая ячейка ТЭГа - термоэлемент - состоит из соединённых полупроводников (ветвей) n- и p- типа проводимостей. Соединённые электрически последовательно, такие термоэлементы образуют термоэлектрическую батарею (ТЭБ). Нагревая одну сторону ТЭБ и охлаждая другую в электрической цепи ТЭБ возникает электрический ток, за счёт согласованного движения зарядов, переносящих тепловую энергию от нагретой стороны к охлаждаемой.

Мерой качества (добротности) материала, идущего на изготовление термоэлементов служит безразмерный коэффициент zT :

$$zT = \frac{\alpha^2 \cdot \sigma}{\chi} \cdot T, \quad (1)$$

где α – коэффициент Зеебека;

σ – электропроводность, См;

χ – теплопроводность, Вт/(м·К);

T – абсолютная температура, К

Именно добротность материала, совместно с перепадом температур на сторонах термоэлемента, определяют значение коэффициента полезного действия термоэлемента. Задача современной науки заключается в поиске новых материалов, обеспечивающих наибольший коэффициент zT .

Не каждый материал может обладать одинаковой эффективностью при высоких и при низких температурах. Выделяют низкотемпературные (от -40

°С до 200 °С), среднетемпературные (от 200 до 600) и высокотемпературные (от 600 до 1000 °С) материалы, идущие для изготовления термоэлектрических модулей [6]. Низкотемпературные материалы представлены теллуридами висмута и свинца, являющиеся на сегодняшний день наиболее эффективными низкотемпературными материалами. Высокотемпературные материалы представлены преимущественно соединениями кремний-германия, а также оксидами различных химических элементов. Твёрдые растворы кремний-германия нашли своё удачное применение в радиоизотопных термоэлектрических генераторах (РИТЭГах). Известно, что кремний-германиевое термоэлектрическое устройство «МНВ-RTG3» использовалось на космических аппаратах «Вояджер-1» и «Вояджер-2», которые смогли провести в полёте более 45 лет. Ввиду высокой стоимости германия применение данных высокотемпературных материалов затруднено и требует поиск более дешёвых аналогов.

Нужно сказать, что поиск новых материалов для изготовления термоэлектрических модулей ведётся постоянно. Изучены и предлагаются сульфиды и селениды, чьи термоэлектрические коэффициенты составляют $zT = 1$. При этом опробован сульфид меди, который работает на концепции фотонная жидкость - электронный кристалл, с коэффициентом $ZT = 1,7$. При повышенных температурах высокомолекулярные ионы могут переходить в жидкое состояние внутри жёсткой кристаллической матрицы. Перспективными материалами также следует рассматривать интерметаллиды и сплавы Гейслера, имеющие эффективность $zT = 1,5$ [2]. Оксиды различных химических элементов химически и физически стабильны, имеют очень низкую стоимость сырья и являются перспективными термоэлектрическими материалами в области высоких температур. Большим коэффициентом $zT = 3$ обладает очищенный селенид олова, находящийся в поликристаллической форме [4]. Разрабатываются и испытываются в работе гибкие и восстанавливающиеся термоэлектрические генераторы, источником тепла для которых может служить человеческое тело [6].

Условно термогенераторы можно разделить на топливные, радиоизотопные, солнечные, атомные и утилизационные. Термоэлектрические генераторы находят применение в космических кораблях, для питания электричеством бортовых систем, на маяках, в метеорологических станциях. Их можно применять в автомобилях, для

преобразования тепла дымовых газов либо тепла рабочих жидкостей двигателя (моторное масло, охлаждающая жидкость) в электричество, разгружая тем самым штатные источники тока. Используются также и температурные датчики, работающие на эффекте Зеебека, для измерения температур.

По сравнению с солнечными батареями и ветрогенераторами, термоэлектрические генераторы всепогодны и способны вырабатывать электроэнергию в любое время суток. К преимуществам ТЭГов следует отнести:

- отсутствие движущихся частей;
- отсутствие вибраций;
- не требуют особого ухода;
- удобны для локального снабжения энергией;
- имеют стабильную температуру.

К недостаткам следует отнести:

- требуют относительно постоянных источников тепла;
- низкий КПД, в сравнении с солнечными батареями;
- маленький рынок (480 млн. долларов на 2021 г.) [6].

Пути повышения КПД термоэлектрических генераторов лежат в нескольких основных направлениях:

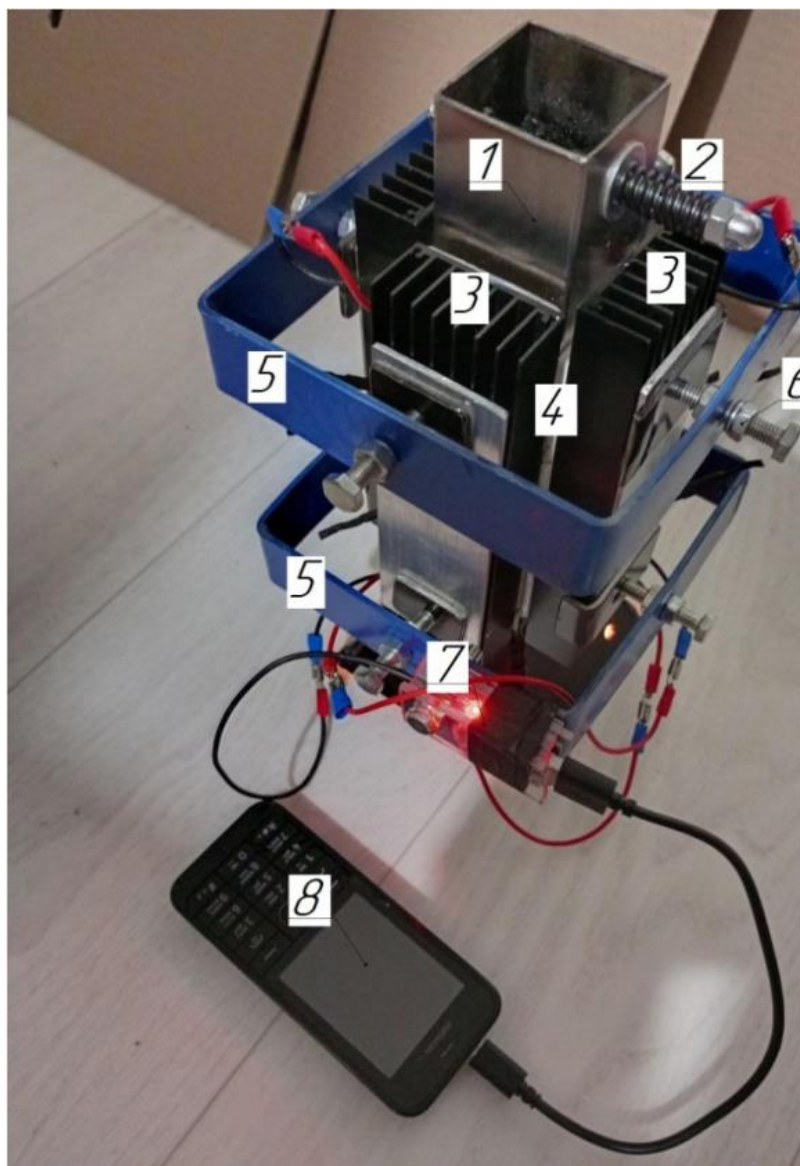
- 1) использование гибридных устройств - охлаждаются солнечные батареи или используют вырабатываемое тепло;
- 2) использование микрореакторов с рециркуляцией тепла на предмет связи с термоэлектрическим генератором;
- 3) сборка многослойных структурированных модулей, с возможностью увеличения КПД до 13,5%.

Высокоэффективные генераторные модули (TEG) сейчас достаточно дороги. Однако сейчас на рынке имеется достаточное количество низкотемпературных модулей Пельтье, пригодных для сборки портативных термоэлектрических генераторов с номинальной мощностью от 2 до 10 Ватт. К таким модулям Пельтье следует отнести модели «TEC-12706» и «SP1848-27145» производимые в Китае и имеющие при этом небольшую стоимость. Недостатком этих модулей является зачастую низкое качество изготовления, что не гарантирует длительный срок службы.

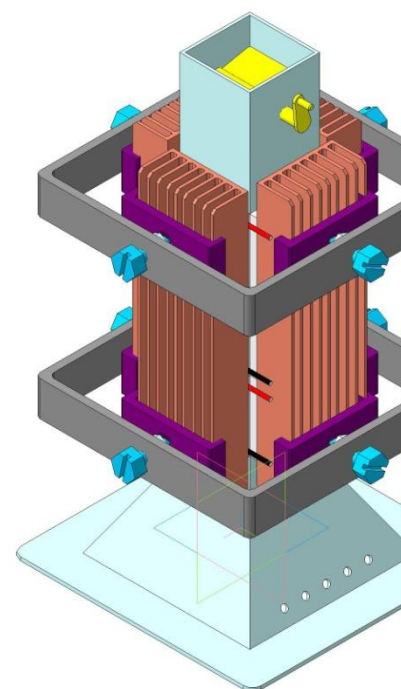
Принимая положительные стороны термоэлектричества, на инженерном факультете ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА проводится научная работа по выбору рациональной конструкции термоэлектрического генератора, для питания мобильных устройств и зарядки аккумуляторов небольшой мощности [2].

Была поставлена цель собрать на основе термоэлектрического эффекта генератор электрической энергии, общий вид которого представлен на рисунке 1. Для сборки генератора были использованы 12 полупроводниковых термоэлектрических элементов модели «ТЭС-12706», профильная труба из нержавеющей стали размером 40*40*2 мм, а также 4 алюминиевых радиатора, предназначенные для отвода лишнего тепла. Основание генератора имело форму усечённой пирамиды и также было изготовлено из нержавеющей стали. Из профильной трубы был сделан корпус установки, на стенки закреплены элементы, сверху накладывались радиаторы и всё это было скреплено двумя большими скобами, оснащёнными прижимными болтами. Внутри трубы был размещён пористый металлический наполнитель (губка) для удержания и аккумуляции тепла. В качестве источника тепла служила свеча из воска массой 40 гр.

Для стабилизации напряжения, получаемого от 12-ти элементов Пельтье соединённых последовательно, к корпусу генератора установлена usb-плата для подключения внешних устройств, потребляющих электрическую энергию.



а) общий вид «ТЭГ-1 Свеча»



б) трёхмерная модель «ТЭГ-1 Свеча»

1 – теплоподводящая трубка; 2 – воздушная заслонка; 3 – радиаторы охлаждения; 4 – термоэлектрический элемент; 5 – обечайка; 6 – крепёжный элемент; 7 – электрический преобразователь; 8 – заряжаемое устройство

Рис. 1. Общий вид экспериментального термоэлектрического генератора

После сборки установки были проведены испытания, которые показали работоспособность предложенной конструкции. Испытания проводились в двух режимах: 1) при комнатной температуре (+20 °С) и 2) при отрицательной температуре (-1,5 °С). Результаты испытаний термоэлектрического генератора можно видеть на представленном графике (рис. 2).

Анализ полученных данных показывает, что в течении 8-ми минут происходит «прогрев» термоэлектрического генератора, после чего он выходит на установившийся режим. Скачки выдаваемой электрической мощности ТЭГом в процессе горения свечи не значительны. Максимальная мощность по результатам наблюдений составила 4,1 ватт, минимальная 2,45 ватт. Средняя мощность составила 3,2 ватт. Максимальные показатели генератора были получены через 22 минуты нагрева, где были получены следующие результаты: напряжение 3,8 вольта, сила тока 1,08 ампера, при разности температур 40,3 °С. Этих показателей оказалось достаточно для зарядки мобильного телефона (рис. 2).

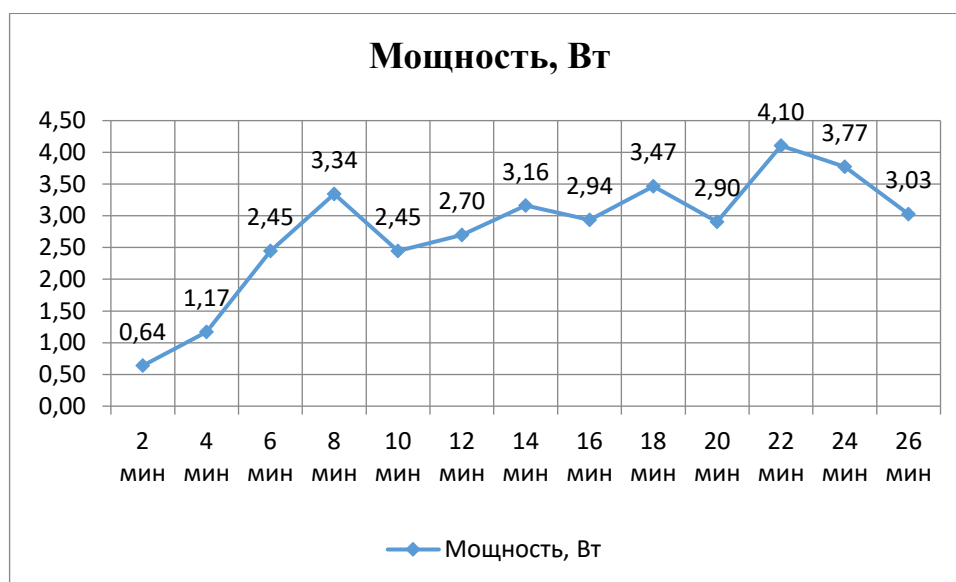


Рис. 2. Характеристика термоэлектрического генератора при температуре окружающего воздуха $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

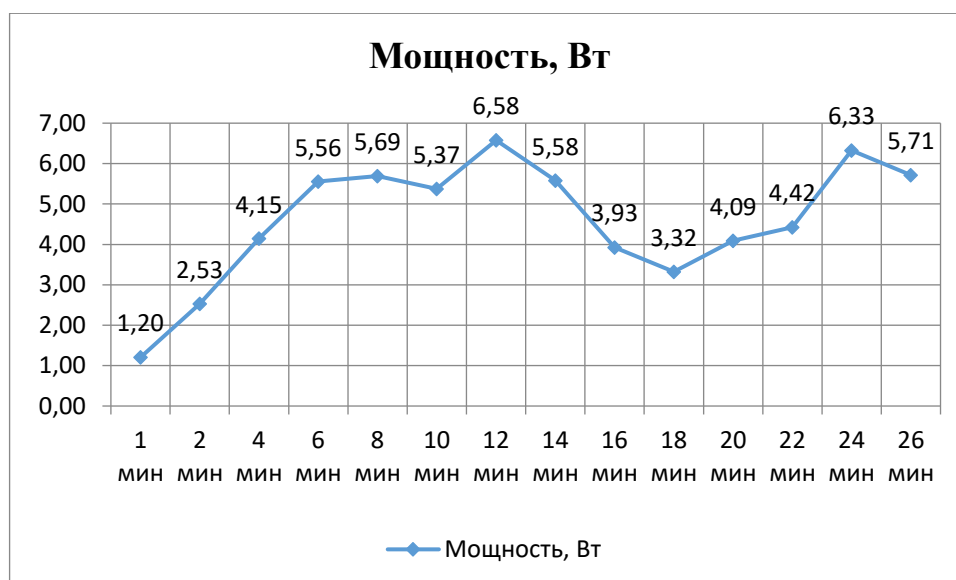


Рис. 3. Характеристика термоэлектрического генератора при температуре окружающего воздуха $t = -1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Испытания ТЭГа при температуре $t = -1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ показали более лучшие результаты (рис. 3). Из полученной характеристики мы видим, что прогрев ТЭГа и выход на установившийся режим происходит уже на 6-ой минуте горения свечи. Максимальная и минимальная мощность по результатам наблюдений составила 6,58 ватт и 3,32 ватт соответственно. Среднее значение мощности составило 4,95 ватт.

По полученным результатам можно сделать выводы, что при понижении температуры окружающей среды с $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ мощность генератора возрастает на 35%, что связано с лучшим охлаждением радиаторов, что ведёт к увеличению разницы температур между нагреваемой и охлаждаемой сторонами термоэлектрических элементов.

Таким образом, представленный опытный образец термоэлектрического генератора «ТЭГ-1 Свеча» имеющий естественное воздушное охлаждение, при своих массогабаритных параметрах показал неплохой результат. Его вырабатываемой электрической энергии будет достаточно для зарядки мобильного телефона, или для питания небольшой настольной светодиодной лампы, мощностью 2 ватта. Для увеличения вырабатываемой мощности, алюминиевые радиаторы возможно заменить на алюминиевые жидкостные теплообменники с использованием охлаждающей жидкости на основе очищенной воды или антифриза.

Проведённая серия опытов позволила сделать ряд выводов.

Основными сложностями при сборке термоэлектрических генераторов с низкотемпературными полупроводниковыми термоэлементами является зачастую их низкое качество изготовления: разная толщина элементов, низкое качество припоя, приводящее к отрыву проводов. Имея разную толщину, такие модули сложно разместить на одной ровной плоскости с возможностью их дальнейшего охлаждения от радиатора. Таким образом, требуется наличие микрометра для замера толщины элементов и выделение элементов с одинаковыми размерами в группы. Проблема сборки генератора с элементами разной толщины частично решается за счёт подкладывания алюминиевой фольги и использования термопасты.

Вторая проблема – это обеспечение стабильности температурного поля горячей и холодной сторон термоэлементов. Это решается путём увеличения массы (теплоёмкости) нагреваемой и охлаждаемой частей. Увеличение теплоёмкости нагреваемых деталей позволяет отчасти снизить риск перегрева термоэлементов при неравномерном подводе тепла к ним. Такая ситуация может возникнуть, когда пламя сжигаемого органического топлива меняет интенсивность своего горения и не может быть вовремя отрегулирована.

С другой стороны, чрезмерное увеличение массы «горячих» и «холодных» частей ТЭГа ведёт к росту его общей массы, что снижает его эксплуатационные качества и переводит их из разряда переносных (мобильных) в стационарные.

При сборке следует также учитывать размещение модулей друг относительно друга и закладывать между ними расстояние. Близкое расположение модулей может оказаться малоэффективным с точки зрения их охлаждения, так как примыкаемый к ним радиатор (теплообменник) может не справиться с возросшим количеством отводимого тепла.

Предпочтительным является размещение индивидуального радиатора с большой площадью оребрения на каждый модуль. Это позволяет решить проблему температурной компенсации и продлить срок службы модулей. В случае установки одного радиатора (теплообменника) на 3 и более модулей могут возникать дополнительные нагрузки на модули, вызванные разностью температур нагретой и холодной сторон радиатора.

С точки зрения эксплуатации ТЭГи с радиаторами и воздушным охлаждением более предпочтительны, так как они проще в обслуживании. Однако использование жидкостных теплообменников позволяет регулировать

температуру холодной стороны термоэлементов, а, следовательно, получать наибольшую мощность и КПД генератора.

Список используемых источников

1. История создания термоэлектрического генератора тока. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru/179970-istorija-sozdanija-odnogo-maloizvestnogo-izdelija-prodolzhenie.html> (дата обращения: 05.01.2023)

2. Максимов Н.М. Изучение характеристик портативного термоэлектрического генератора «ТЭГ-1 Свеча» // СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО - ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ. материалы международной научно-практической конференции. Великие Луки, 2022. С. 126-130. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48441879> (дата обращения: 05.01.2023).

3. Максимов Н.М. Обзор способов применения солнечной энергии в сельском хозяйстве // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. материалы XVII Международной научно-практической конференции. Великие Луки, 2022. С. 202-207. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48410165> (дата обращения: 05.01.2023).

4. Новый и чрезвычайно эффективный термоэлектрический материал позволит вернуть назад тепловые потери. [Электронный ресурс]. URL: <https://dailytechinfo.org/energy/11216-novyuy-i-chrezvychayno-effektivnyuy-termoelektricheskiy-material-pozvolit-vernute-nazad-teplovye-poteri.html> (дата обращения: 05.01.2023).

5. Симкин А.В. Термоэлектрическая эффективность низкотемпературных генераторных материалов, возможности её повышения. / А.В. Симкин, А.В. Бирюков, Н.И. Репников и др.// Вестник Челябинского государственного университета. 2015. № 7 (362). С 21-29.

6. Термоэлектрические эффекты, генераторы и материалы – Александра Иванова. [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/video-138150365_456239089?t=37m26s (дата обращения: 05.01.2023).

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ПРИМЕНЕНИЯ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Максимова Т.С. – преподаватель технических дисциплин Самарского колледжа железнодорожного транспорта им. А.А. Буянова – структурного подразделения ФГБОУ ВО «Самарский государственный университета путей и сообщения»

Аннотация

Статья содержит результаты исследования, посвященного совершенствованию работы системы тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог на основе сквозных цифровых технологий. В статье рассмотрено влияние цифровой промышленной революции на сектора экономики; рассмотрено текущее железнодорожного транспорта и перспективы развития электрической тяги; проведен анализ потенциала использования сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения; описаны методологические принципы применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения.

Понятие «сквозные цифровые технологии» включает ограниченный перечень технологий, основанных на цифровых решениях и применяемых в различных областях (сквозное применение): медицина, финансовый сектор, государственное управление, образование, торговля и др. Транспортная отрасль не является исключением, расширяя возможности использования и эффективность применения указанных технологий. Перечень сквозных цифровых технологий включает: нейронные сети и искусственный интеллект, технология «BIG DATA», виртуальная и дополненная реальность, новые производственные технологии, квантовые технологии, компоненты робототехники и сенсорики, беспроводные технологии и системы распределенного реестра [2].

Представленное исследование посвящено анализу потенциала применения сквозных цифровых технологий на железнодорожном транспорте. В качестве среды для применения выбрана система тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог.

Контактная сеть электрифицированных железных дорог относится к не резервируемым элементам железнодорожной инфраструктуры от надежности и качества работы которого зависят основные показатели работы. Научно-технологическое развитие отрасли сочетает в себе два направления:

повышение эффективности диагностики объектов инфраструктуры, направленное на прогнозирование и выявление возможных повреждений с целью снижения рисков аварийных ситуации; расширение возможностей безлюдных технологий с целью вывода работников из мест повышенной опасности. Сочетание отмеченных органично решается за счет использования сквозных цифровых технологий, уже хорошо себя зарекомендовавших в различных отраслях, включая транспорт.

Тяговые подстанции хотя и включают резервирование силового оборудования, тем не менее являются наиболее капиталоемким элементом железнодорожной инфраструктуры. Кроме того, данный элемент железнодорожной инфраструктуры требует непрерывного обслуживания и контроля и эффективность применения сквозных цифровых технологий позволило бы сократить издержки на эксплуатационные расходы.

Целью исследования является анализ потенциала применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог. Для достижения этой цели поставлены и решены следующие основные задачи: рассмотрено влияние цифровой промышленной революции на сектора экономики; рассмотрено текущее железнодорожного транспорта и перспективы развития электрической тяги; проведен анализ потенциала использования сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения; описаны методологические принципы применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения.

Методологической основой исследования являются научные публикации, посвященные вопросам внедрения сквозных цифровых технологий в промышленности и на транспорте. Исследование базируются на результатах, полученных научной школой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» Самарского государственного университета путей сообщения в области совершенствования системы тягового электроснабжения, полученные в том числе при участии авторов. В исследовании использовались результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых в области проблем, рассматриваемых в отношении совершенствования контактной сети. В ходе решения поставленных задач нашли применение методы: общенаучные –

аналитический метод, сравнительно-аналитический метод; частно научные – метод математического моделирования, метод экспертных оценок и др.

Промышленная революция и ее продукты (влияние цифровой промышленной революции на сектора экономики)

Цифровые продукты четвертой промышленной революции оказывают влияние на все сектора экономики. При этом глубина их проникновения, или цифровизация, различна. Новые технологии, инновации преследуют цель повышения эффективности производства продукции, или оказания услуг. При этом экономическая эффективность как конечная цель может иметь отсроченный во времени эффект, при котором первичными будут такие факторы, как удобство и комфорт использования продукта, или услуги, и лишь потом экономический эффект, как следствие роста количества пользователей продуктом, или услугой. Не стоит забывать и том, что развитие новых технологий вполне приводят к появлению новых рынков [1].

Как правило, рыночный сектор экономики опережает государственный по степени внедрения цифровых решений в основные процессы. Это обусловлено наличием конкуренции и, как следствие, повышенным интересом собственника в получении конкурентных преимуществ. Новые решения в таком случае рассматриваются как инструмент получения конкурентных преимуществ, например, за счет сокращения издержек производства, или повышения качества продукции или услуги. Экономика общественного сектора использует опыт работы инноваций в рыночном секторе. Цифровые решения в этой части не являются исключением.

Поскольку доля государственного секторе экономики России традиционно высока, наблюдается в среднем умеренное внедрение цифровых технологий в отрасли народного хозяйства. При этом акцент делается на технологиях, хорошо себя зарекомендовавших в других областях, в том числе в рыночных секторах экономики. Рассмотрим направления внедрения и развития цифровых технологий по основным отраслям:

1. Финансовый сектор – системы распределенного реестра (блок чейн), нейронные сети и искусственный интеллект. Указанные технологии направлена на повышение безопасности, а также прогнозировании рисков и сокращение рисков в принятии решений. Высокая интенсивность внедрения цифровых технологий.

2. Образование – виртуальная и дополненная реальность, искусственный интеллект, большие данные. Указанные технологии направлены на повышение качества образования, сокращения издержек за счет массовости онлайн-обучения, а также прогнозирования процессов обучения и выявления талантов. Высокая интенсивность внедрения цифровых технологий.

3. Промышленное производство – новые производственные технологии, компоненты робототехники и сенсорики, а также беспроводные технологии и промышленный интернет. Указанные технологии направлены на снижение издержек и повышение качества продукции. Средняя интенсивность внедрения цифровых технологий.

4. Сельское хозяйство – компоненты робототехники и сенсорики, искусственный интеллект. Указанные технологии направлены на снижение издержек, повышение качества работы и сокращения рисков. Средняя интенсивность внедрения цифровых технологий.

5. Транспорт – нейронные сети и искусственный интеллект, квантовые технологии, компоненты робототехники и сенсорики. Указанные технологии направлены на совершенствование системы взаимодействия «клиент – транспорт», повышения качества работы транспорта, снижение рисков за счет сокращения аварийности и повышение безопасности работы транспорта. Средняя интенсивность внедрения цифровых технологий.

6. Здравоохранение – нейронные сети и искусственный интеллект, новые производственные технологии, компоненты робототехники и сенсорики. Указанные технологии направлены на повышение качества обслуживания за счет повышения качества диагностики и качества лечения. Высокая интенсивность внедрения цифровых технологий.

7. Сфера услуг – виртуальная и дополненная реальность, нейронные сети и искусственный интеллект, новые производственные технологии, компоненты робототехники и сенсорики. Указанные технологии направлены на повышение качества обслуживания, а также расширение спектра услуг. Высокая интенсивность внедрения цифровых технологий.

8. Добывающая промышленность – новые производственные технологии. Указанные технологии направлены на снижение издержек. Низкая интенсивность внедрения цифровых технологий.

9. Субъекты малого и среднего предпринимательства – весь спектр в зависимости от профиля работы предприятий. В данной сфере наблюдается

наиболее быстрое внедрение и освоение новых технологий. Высокая интенсивность внедрения цифровых технологий.

10. ЖКХ – новые производственные технологии в основном за счет использования новых материалов, направленных на повышение энергоэффективности и увеличения срока службы. Низкая интенсивность внедрения цифровых технологий.

Как показывает анализ, наиболее востребованными цифровыми технологиями являются нейронные сети и искусственный интеллект, новые производственные технологии, а также компоненты робототехники и сенсорики. Влияние цифровой промышленной революции на сектора экономики также различно: от высокой динамики развития (финансовый сектор, образование, здравоохранение) до низкой (добывающая промышленность и ЖКХ) [3].

Железнодорожные транспорт и перспективы развития электрической тяги

К началу XXI в. железнодорожный транспорт является важной составляющей транспортных систем государств Европы, Азии (преимущественно за счет России, КНР и Индии) а также Северной Америки. В России значение железнодорожного транспорта более высоко и это связано с двумя факторами: большей долей в перевозке грузов и необходимостью обеспечения связанности территорий. Превалирующая доля перевозки грузов железнодорожным транспортом в России (более 80 %) обеспечивается электрической тягой. Актуальность электрической тяги обеспечивается за счет неограниченной мощности (фактически ограниченной системой внешнего электроснабжения), а также высоких показателей экономичности и экологичности. Указанные факторы обеспечивают надежное преимущество электрической тяги над автономной на протяжении второй половины XX в. – начале XXI в. К недостаткам электрической тяги следует отнести значительные капитальные затраты, связанные с необходимостью сооружения системы тягового электроснабжения [4].

Альтернативы электрической тяге составляют магнитная левитация и вакуумный транспорт. Развитие указанных альтернативных видов движения обусловлено не столько недостатками электрической тяги, сколько исчерпанием возможностей для дальнейшего увеличения скоростей движения

на базе системы «колесо – рельс». Если первый вариант (поезд на магнитной подушке) имеет ограниченный успешный опыт практической реализации, то второй вариант (вакуумный транспорт) требует развития и пока не имеет практической реализации. Несмотря на общий оптимистичный сценарий развития описанных альтернатив, электрическая тяга будет иметь надежное преимущество в долгосрочной перспективе (15-20 лет).

Рассмотрим основные факторы развития электрической тяги, обеспечивающие сохранение и укрепление преимуществ указанного вида тяги: реализация концепции «smart grid» применительно к системе тягового электроснабжения за счет подстраивания тяговых подстанций, работающих в режиме распределенного питания, под потребности тяги; совершенствование диагностики контактной сети, как основного нерезервируемого элемента системы тягового электроснабжения на основе бесконтактных безлюдных технологий; создание цифровой тяговой подстанции, не требующей дежурного персонала и обеспечивающей автоматическое управление мощностью для питания тяги и сторонних потребителей; внедрение сквозных цифровых технологий на основных элементах системы тягового электроснабжения (тяговые подстанции, тяговая сеть). Указанные факторы раскрывают перспективы развития электрической тяги в среднесрочном и долгосрочном периодах.

Анализ потенциала использования сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения

Рассмотрим потенциал использования сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения. На рисунке 1 представлены основные области применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения. Ими являются:

- силовое оборудование тяговых подстанций – прогнозирование ресурса оборудования и контроль основных рабочих параметров на основе датчиков и анализа информации в режиме реального времени;
- коммутационное оборудование тяговых подстанций – прогнозирование возникновения аварийной ситуации на основе контроля основных параметров в режиме реального времени;

- контактная сеть – совершенствование диагностики контактной сети на основе цифровой обработки изображения и данных оптоэлектронных сканеров, а также контроля физических параметров в режиме реального времени;
- рельсовая сеть – диагностика состояния верхнего строения пути включая изолированные рельсовые стыки на основе датчиков пространственного состояния и цифровой обработки изображений и данных оптоэлектронных сканеров;
- электроподвижной состав – диагностика состояния основного оборудования электроподвижного состава на основе контроля основных рабочих параметров в режиме реального времени.

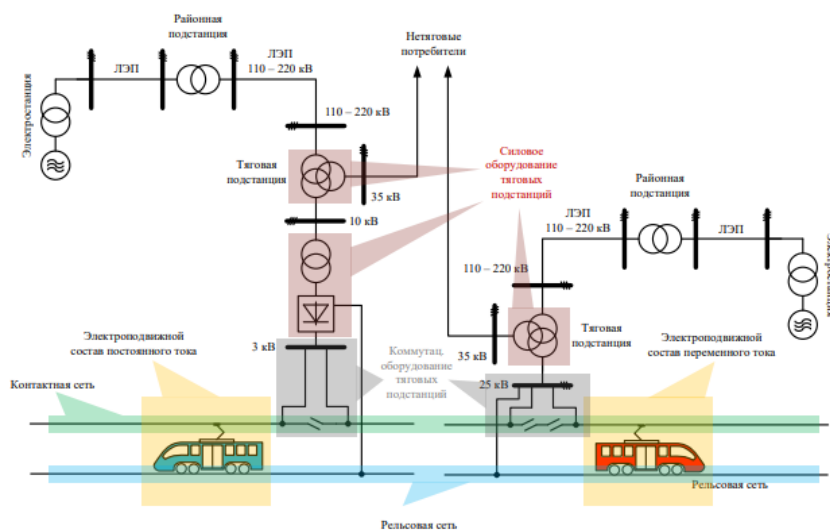


Рис. 1. Области применения сквозных цифровых технологий

В таблице 1 представлены возможности использования сквозных цифровых технологий для различных элементов системы тягового электроснабжения. Таблица 1 представлена в виде матрицы, где на пересечении элемента системы тягового электроснабжения и цифровой технологии показан потенциал ее применения.

Табл. 1

Анализ потенциала использования сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения магистральных электрифицированных железных дорог

Сквозные цифровые технологии	Потенциал использования сквозных цифровых технологий				
	Тяговые подстанции		Тяговая сеть		
	Силовое оборудование тяговых подстанций	Коммутационное оборудование тяговых подстанций	Контактная сеть	Рельсовая сеть (обратная сеть)	Электроподвижной состав
Нейронные сети и искусственный интеллект	Бесконтактная диагностика трансформаторов на основе анализа нагрева токоведущих и маслонаполненных узлов	Бесконтактная диагностика масляных и элегазовых выключателей на основе анализа нагрева токоведущих узлов	Бесконтактная диагностика контактной сети на основе распознавания изображения	-	Производство нового беспилотного электроподвижного состава
Технология «BIG DATA»	Предсказание аварийного режима трансформаторов на основе постоянного мониторинга электрохимических процессов	Предсказание отказов коммутационного оборудования за счет непрерывного мониторинга	Предсказание аварийного режима контактной подвески на основе анализа динамических процессов	Предиктивная аналитика состояния рельсовой сети на основе анализа данных	Предсказание аварийного режима двигателя, токоприемника и колесной пары на основе анализа динамических процессов
Виртуальная и дополненная реальность	-	Повышение безопасности персонала при проведении технического обслуживания за счет дополнительной индикации опасных мест на основе дополненной реальности	-	Повышение качества работ, связанных с обслуживанием и подключением аппаратуры системы автоблокировки	Обучение вождению на симуляторах. Отработка аварийных ситуаций при обучении машинистов
Новые производственные технологии	Производство нового оборудования с улучшенными эксплуатационными характеристиками	Производство коммутационного оборудования без использования масла	Производство деталей и узлов контактной сети из современных сплавов для облегчения веса конструкций	Использование современных способов сварки рельсовых соединений	Производство нового экономичного электроподвижного состава с улучшенными эксплуатационными характеристиками
Квантовые технологии	-	Повышение надежности и безопасности диспетчерского управления работой системы тягового электроснабжения	-	-	Повышение надежности и безопасности автоматического управления работой локомотивов.
Компоненты робототехники и сенсорики	Повышение эффективности обслуживания, в том числе с использованием непрерывного видеоконтроля	Повышение безопасности работ при коммутационных переключениях	Повышение эффективности обслуживания контактной сети на основе безлюдных технологий	Повышение эффективности обслуживания рельсовой сети на основе безлюдных технологий	Создание надежного беспилотного электроподвижного состава
Беспроводные технологии	-	Повышение надежности и безопасности диспетчерского	-	Бесконтактная диагностика рельсовых стыков	Реализация технологии «виртуальная сцепка» и

Продолжение табл. 1

		управления работой системы тягового электроснабжения			совершенствованиее работы
Системы распределенного реестра	-	Повышение надежности критически важной инфраструктуры за счет повышения безопасности сигнала управления	-	Автоматизированная система удаленного управления на станциях	-

Основным результатом проведенного исследования является анализ потенциала применения сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог. Оценка влияния цифровой промышленной революции на сектора экономики позволило оценить потенциал цифровизации транспортной отрасли в сопоставлении с другими отраслями народного хозяйства. Рассмотрение развития железнодорожного транспорта и перспектив развития электрической тяги потребовалось для актуализации цели исследования и позволило перейти к анализу потенциала использования сквозных цифровых технологий в системе тягового электроснабжения.

Результаты исследования позволяют сформировать программу цифровой трансформации хозяйства электроснабжения электрифицированных железных дорог, как в разрезе региональных центров управления, так и комплексно, с учетом региональных особенностей. Теоретической ценностью исследования являются методологические принципы, позволяющие снизить риски и негативные последствия цифровой трансформации. Практической ценностью исследования является карта потенциала внедрения сквозных цифровых технологий, а также практические результаты исследования, полученные научной школой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» Самарского государственного университета путей сообщения в области совершенствования диагностики контактной сети электрифицированных железных дорог на основе сквозных цифровых технологий.

Список используемых источников

1. Голов Р.С. Технологии цифровой трансформации промышленных предприятий в условиях Четвертой промышленной революции / Р.С. Голов, В.В. Мыльник // СТИН. 2022. № 5. С. 56-57.
2. Киселев М.И. Цифровая экономика и четвертая промышленная революция - новые вызовы или дань времени? / М.И. Киселев, А.С. Комшин, А.Б. Сырицкий // Стандарты и качество. 2018. № 4. С. 62-66.
3. Солоп И.А. Новые сквозные цифровые технологии организации перевозочного процесса / И.А. Солоп, С.А. Солоп, Е.А. Чеботарева // Научный взгляд в будущее. 2018. Т. 2, № 9. С. 30-39.
4. Толстых Т.О. К вопросу о разработке сценария прорывного развития промышленных предприятий в условиях четвертой промышленной революции / Т. О. Толстых, Е. В. Шкарупета // Экономика промышленности. 2018. Т. 11, № 4. С. 346-352.

К ВОПРОСУ СЖИГАНИЯ СЕРНИСТЫХ СЛАНЦЕВ В ЦИКЛЕ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Марьин Г.Е. – старший машинист энергоблоков цеха парогазовых установок АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ–2», старший преподаватель кафедры Энергомашиностроения, ФГБОУ КГЭУ

Шубина А.С. – старший преподаватель кафедры Машиноведения и инженерной графики, ФГБОУ КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

Аннотация

В настоящий момент перспективным направлением развития энергетики является использование для сжигания альтернативных топлив. В данной статье представлена методика расчет характеристик сланцевого газа. Представлена модель подготовки сланцевого газа перед сжиганием в камере сгорания ГТУ. Работа газовой турбины требует высокой эффективности и надежности, поэтому систему газификации необходимо добавить к стандартной топливной системы.

Энергетическая стратегия РФ предполагает решение проблем эффективного использования топливно-энергетических ресурсов. В настоящий момент основным видом для стационарных и конверсионных газовых турбин является природный газ, но возможно использование

альтернативных топлив (водород, метан, сланцевый газ, синтез-газ) [2,3]. Для энергетики важной задачей является экологичность топлива. Поэтому важно оценить выбросы газовой турбины после сжигания топлива [4].

Одним из перспективных топлив для Средней Волги является сланцевый газ. Существует много факторов, которые влияют на срок службы энергетического оборудования, поэтому их надо учитывать не только при эксплуатации, так и при планировании технического обслуживания и ремонтов [1,5]. Качество топлива основной фактор, который оказывает влияние на систему топливоподготовки. Для использования сланцевого газа в энергетике, а особенно в цикле ГТУ, важна подготовка топлива. В отличие от природного газа или керосина сланцевый газ должен быть подготовлен к сжиганию.

Использование сланцев в традиционной энергетике требует новых подходов к сжиганию топлива. Поэтому важно учитывать химическое равновесие реакции газификации и стационарность процесса.

При производстве топлив необходимо учитывать термическое разложение топлива.

На основе мономолекулярной реакции можно предположить, что

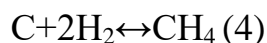
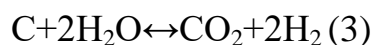
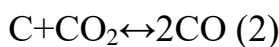
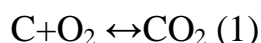
$$Q_{от} = Q_{лет} + Q_{ТВ}$$

где $Q_{от}$ - количество органического вещества в рассмотренном топливе;

$Q_{лет}$ - количество вещества, перешедшего в летучие вещества;

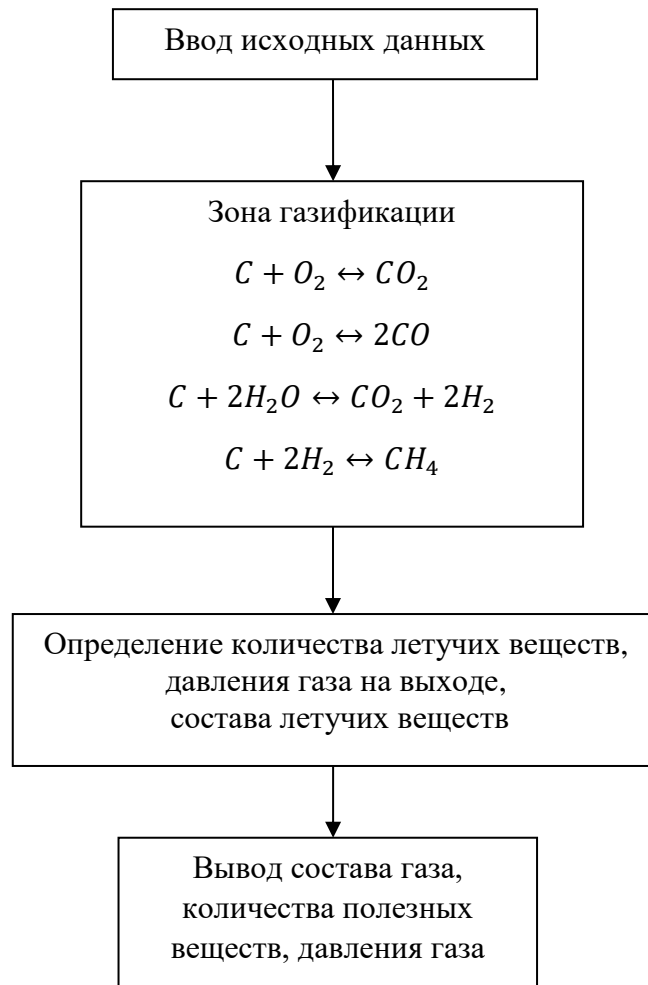
$Q_{ТВ}$ - твердый остаток.

При этом необходимо выделить основные реакции газификации



С учетом данных реакций происходит процесс разложения сланца, при этом важно учитывать характеристику слоя, скорость газа, размер частиц.

Моделирование процесса газификации представлено на блок-схеме.



На рис.1 показана схема установки модуля газификации в цикл ГТУ.

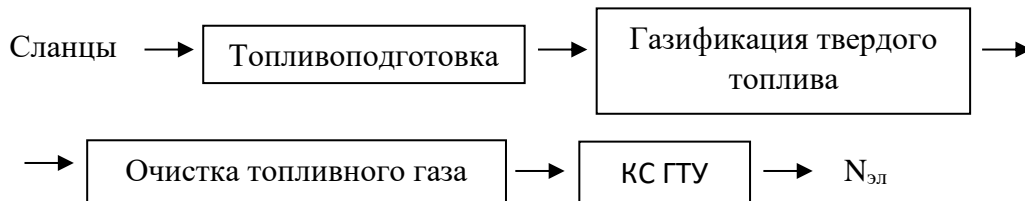


Рис.1. Схема топливоподготовки

Использование сернистых газов требует более качественной очистки топливного газа. Энергетика требует надежного электроснабжения потребителей, поэтому важно при установке газификатора выполнить резервирование топливной системы (резервным топливом может быть природный газ, керосин).

Резервирование системы топливоподготовки требует дополнительных вложений, что повышает стоимость капитальных затрат, но при этом стоимость исходного сланца намного меньше природного газа.

Выводы:

- в зависимости от энергетических характеристик топлива внедрение устройств газификации и последующего сжигания возможно, как полное замещение природного газа, так и подмешивание к природному газу;
- установка газификатора может быть выполнена в схему ГТУ может быть выполнена как при планировании строительства, так и на действующих установках;
- представлен алгоритм подготовки к сжиганию сланцевого газа позволяют определить расходы и энергетические характеристики.

Список используемых источников

1. Афанасьева О.В., Галькеева А.А., Вафин А.Р., Мингалеева Г.Р. Региональные аспекты использования угля на объектах малой распределенной энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 9-10. С. 85-93.
2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.
3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3 (158). С. 342-355.
4. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Горлов А.Н. Влияние водородного топлива на работу газотурбинной установки при работе на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Международный технико-экономический журнал. 2022. № 1. С. 17-26. DOI 10.34286/1995-4646-2022-82-1-17-26.
5. Мингалеева Г.Р., Ермолаев Д.В., Афанасьева О.В., Тимофеева С.С. Экспериментальное исследование вязкости водоугольной суспензии с бифракционным составом дисперсной фазы // Теплоэнергетика. 2012. № 6. С. 28.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ В ЭЛЕВАТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мунассар Е.Х.А. – аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Шорсткий И.А. – к.т.н., доцент, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Аннотация

В работе рассматривается формируемый тренд применения электротехнических комплексов в элеваторной промышленности. Представлена технология применения обработки коронным и искровым разрядами при подготовке зернового материала к сушке. Показано, что использование электротехнических комплексов при переработке зерновых материалов позволяет снизить энергетические затраты на сушку зернового материала на 10-15%. Полученные данные позволяют сформулировать перспективное направление использования электрофизических приёмов при переработке зерновых материалов.

К основным электрофизическим методам обработки, потенциально применимых в пищевой, химической и сельскохозяйственной промышленности можно отнести ультразвук [9], СВЧ-нагрев [13], использование электрогидравлических ударов [6], а также применение импульсных электрических полей [15]. Предлагаемые методы обладают преимуществами и недостатками в зависимости от вида перерабатываемой продукции.

Процесс переработки объектов элеваторной промышленности, в частности сушки зерна, является комплексным и состоит из множества технологических операций, сопровождающихся значительными энергетическими затратами [8, 12, 14]. От эффективности и степени доведения зернового материала до кондиционной влажности зависит степень сохранности при хранении и последующего качества получаемой продукции [3, 15, 17].

В последнее время начали активно применяться электрофизические методы, основанные на подготовке зернового материала к последующей сушке. В частности, наибольшим интересом пользуются технологии предварительного озонирования [5, 7, 17]. При озонировании становится возможным повлиять на физико-механические свойства влаги, создать условия для более интенсивного массопереноса [16]. Другим методом

является воздействие тлеющим, коронным и искровым разрядами на зерновой материал. Такая обработка позволяет изменять абсорбционные свойства зерна, и как следствие влиять на массообменные характеристики.

В связи с вышеизложенным, поиск современных, эффективных методов подготовки продуктов к снятию оболочки и применяемое для этого оборудование представляет огромный как теоретический, так и практический интерес.

Наиболее перспективными в данной задаче представляются электротехнические комплексы для обработки зерновых материалов [1, 2, 4, 10, 11]. Такие установки нашли широкое применение в различных технологических процессах пищевой, химической, сельскохозяйственной промышленности. Обработка низкотемпературной атмосферной плазмой (НАП) - это инновационная технология, которая может быть использована для изменения текстурных, структурных и других характеристик перерабатываемого сырья без ухудшения его качественных характеристик.

Цель данной работы – исследование влияния обработки низкотемпературной атмосферной плазмой при переработке зернового материала на базе разработанной установки в лаборатории передовых электрофизических технологий и новых материалов Кубанского государственного технологического университета.

В качестве объекта исследования взят зерновой материал – пшеница мягких сортов, приобретенные в обычном магазине.

В качестве оборудования использована схема непрерывной обработки низкотемпературной атмосферной плазмой зерновых материалов (рис. 1).

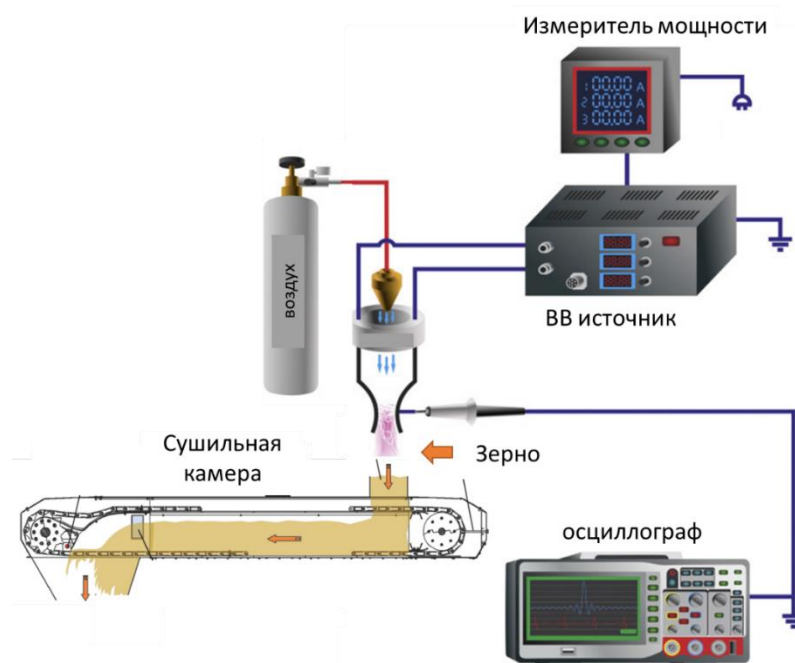


Рис. 1. Схема установки для непрерывной обработки низкотемпературной атмосферной плазмой зерновой продукции.

Для эксперимента использовали рабочий участок 60×60 мм конвейерной линии, достаточный для обработки навески зернового материала. Высоковольтный блок с выходной мощностью 300 Вт формировал экспоненциальные импульсы длительностью 1 мс частотой 680 Гц. Напряженность электрического поля на участке составила $E = 3$ кВ/см. К электродам, выполненным из углеродистой стали на равном расстоянии один от другого (для равномерного распределения силовых линий внутри камеры), подключали высоковольтный и заземленный электроды от усилителя.

Для регулировки величины удельной затрачиваемой энергии изменяли количество подаваемых на электродную группу импульсов. Величину удельной затрачиваемой энергии рассчитывали по формуле

$$w = \frac{U^2 C}{2} \cdot \frac{n}{m}, \quad (1)$$

где U – подаваемое напряжение, В; C – емкость конденсаторов, Ф; n – количество импульсов; m – масса обрабатываемого продукта вместе с проводящей средой, кг.

Сушку зернового материала проводили по стандартной методике в сушильном шкафу при температуре 103 °С.

Осциллограмму разряда фиксировали с помощью осциллографа. В предложенной конфигурации форма сигнала приложенного напряжения

имела вид (рис. 2). Одновременно с ростом напряжения отмечали увеличение тока разряда, который через 140 мкс достиг значения 8,5 мА. Длительность электронного тока, – очевидно, эта стадия соответствует генерации процессов вторичной ионизации, – существенно зависит от прикладываемого напряжения.

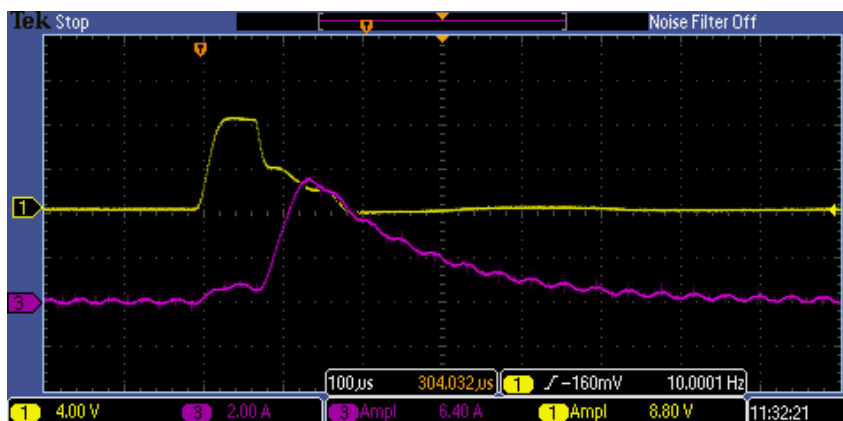


Рис. 2. Осциллограмма направляемого высоковольтного импульса. Масштаб напряжение (1): 4 кв/дел, ток (3): 2мА/дел, длительность: 100 мкс/дел.

Кинетика сушки зернового материала представлена на рисунке 3. Благодаря предварительной обработке низкотемпературной атмосферной плазмы удалось снизить длительность сушки зернового материала на 15%, при этом удельные энергетические затраты, учитывающие затраты на обработку НАП снизились на 10%.

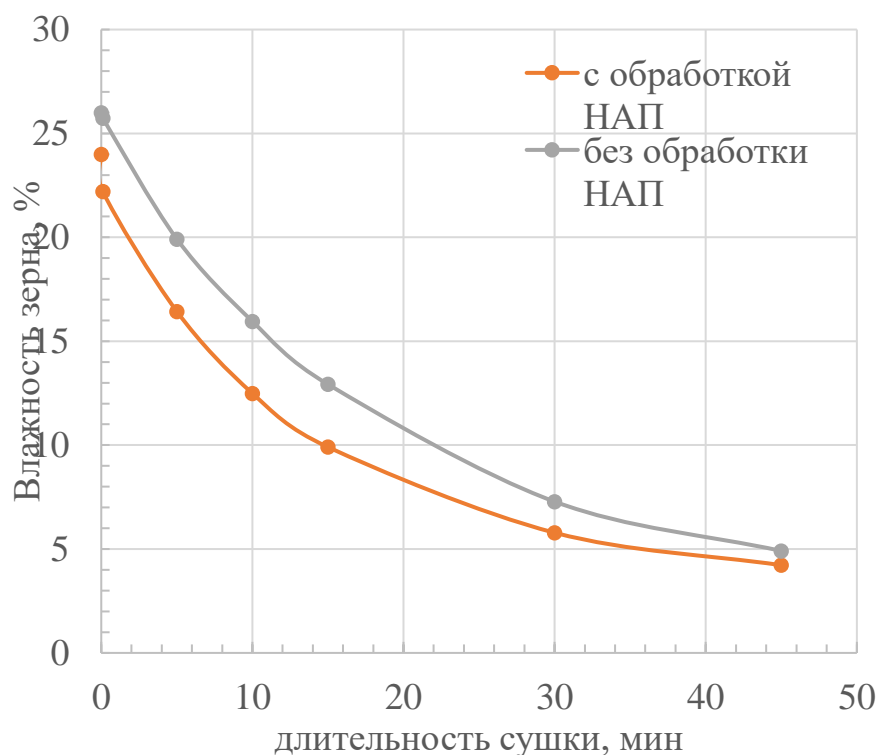


Рис. 3. Кинетика сушки зернового материала после и без обработки низкотемпературной атмосферной плазмой

В работе представлены результаты применения электротехнического комплекса по обработке низкотемпературной атмосферной плазмой на базе лабораторной установки для переработки зернового материала. Результаты, полученные в ходе текущих исследований, показывают, что технология предварительной обработки НАП масштабируемая и имеет положительные технико-экономические предпосылки.

На основе полученных экспериментальных данных можно предположить, что обработка НАП может быть использована в комбинации с существующим процессами сушки зерновых материалов в элеваторной промышленности.

Благодарности. «Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/42.

Список используемых источников

1. Алексенко А.А. Экологически чистые электротехнологии в сельском хозяйстве // Ползуновский вестник. 2011. №. 2/2. С. 37-42.
2. Баскаков И.В., Оробинский В.И., Гиевский А.М., Чернышов А.В., & Тертычная, Т.Н. Влияние процесса озонирования на эффективность сушки

зерна кукурузы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. №. 4. С. 127-133.

3. Баскаков И.В., Оробинский В.И., Гулевский В.А., Карпенко Р.Н. Исследования процесса озонирования при вентилировании зерна // Аграрный научный журнал. 2019. №. 2. С. 66-72.

4. Баскаков И.В., Оробинский В.И., Гулевский В.А., Гиевский А.М., Чернышов А.В. Озонирование зерна при транспортировке бункерного вороха // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. №. 2. С. 67-75.

5. Бахчевников О.Н., Брагинец А.В. Применение озона для обеззараживания кормового сырья (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2021. №. 2. С. 41-61.

6. Бурак Л.Ч. Современные методы консервирования, применяемые в пищевой промышленности (обзор) // The Scientific Heritage. 2022. №. 89. С. 106-124.

7. Волхонов М.С., Джаббаров И.А., Смирнов И.А. Новая система управления экспозицией сушки зерна // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. №. 4. С. 112-119.

8. Дранников А.В., Тертычная Т.Н., Шевцов А.А., Засыпкин Н.В., Порядин Д.С. Реализация низкотемпературной сушки в прямоточной шахтной зерносушилке с применением абсорбционного теплового насоса // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. №. 1. С. 91-95.

9. Комоликов А.С. Перспективы повышения качества и безопасности продуктов путем применения ультразвуковой кавитации // Научный журнал молодых ученых. 2022. №. 2 (27). С. 40-43.

10. Припоров И.Е., Немцов А.С. Обработка семян и кормов озоном // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. №. 4 (84). С. 186-190.

11. Рудик Ф.Я. и др. Технология и средство механизации для обработки зерна // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. №. 1. С. 137-147.

12. Русских Т.Т. Автоматизация процесса сушки зерна с помощью интегрированной автоматизированной системы управления // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. 2022. С. 2084-2087.

13. Типсина Н.Н., Толмачева Т.А. Обеспечение контроля качества и пищевой безопасности орехоплодного сырья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. №. 5 (182). С. 249-256.
14. Худяков Д.А., Соснин М.Д., Мунассар М., Чукван, Т., Клаудия С., Стефан Т., Шорсткий И.А. Повышение эффективности снятия покровной ткани с плодов томата импульсным электрическим полем// Техника и технология пищевых производств. 2022. №52(1). С. 189-198.
15. Gavahian M., Sastry S. K. Ohmic-assisted peeling of fruits: Understanding the mechanisms involved, effective parameters, and prospective applications in the food industry //Trends in Food Science & Technology. 2020. №. 106. P. 345-354.
16. José Granella S., Raquel Bechlin T., Christ D., Machado Coelho S. R. Kinetic and physicochemical properties of drying-ozonation process on wheat grain //Journal of Food Processing and Preservation. 2019. Vol. 43. №. 9. P. e14057.
17. Li X. Methods of Peeling Fruits and Vegetables. Handbook of Food Preservation. CRC Press, 2020. P. 19-24.
18. Naliyadhara N., Kumar A., Girisa S., Daimary U. D., Hegde M., Kunnumakkara, A. B. Pulsed electric field (PEF): Avant-garde extraction escalation technology in food industry //Trends in Food Science & Technology. 2022. Vol.122. P. 238-255.

ОБЗОР И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Наруков Е.С. – аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ»

Аннотация

В статье представлен обзор и анализ исследований процесса смешивания сыпучих материалов. Данный анализ позволил выявить несоответствие анализируемых методик современным требованиям по проектированию и реализации процесса смешивания органоминеральных удобрений, а также отсутствие совмещения нескольких технологических операций, таких как измельчение, дозирование, смешивание.

Сыпучие материалы широко используются в отраслях промышленности и в сельском хозяйстве. Технологический процесс смешивания компонентов является одной из ключевых операций многих технологий производства различной продукции. Смешивание сыпучих материалов сформировалось в особую отрасль технологических знаний, основывающихся на физических процессах, целью которых является обеспечение максимально высокой степени совмещения отдельных компонентов в получаемой смеси.

При приготовлении органоминерального удобрения, смешивание является одним из ключевых технологических процессов. Для эффективного выполнения этого процесса очень важно знать основные его закономерности. Под термином «смешивание» понимается технологический процесс, где два или более компонентов перемешиваются в каком-то объеме. Научное обоснование процесса смешивания началось в середине сороковых годов XX столетия на основе применения методов теории подобия. В результате исследований этого процесса были созданы научные школы, возглавляемые отечественными учеными В.В. Кафаровым, П.Г. Романковым, И.С. Павлушенко, А.Н. Плановским, С.Я. Гзовским. Определенный вклад в исследования процесса смешивания внесли американские ученые Дж. Раштоном, Дж. Олдшу, А.Б. Метцнером. Исследования проводились в основном с целью выявления технологической эффективности процесса смешивания, осуществляемого смесительными машинами с различными рабочими органами, а также с целью определения энергии, затрачиваемой на осуществление смешивания и рационального расходования ее в зависимости от различных конструктивных факторов. Ими были установлены некоторые

закономерности процессов смешивания и заложены основы методов расчета смешивающих аппаратов [3].

Цель исследования – совершенствование методики определения степени однородности смеси для проектирования и реализации процесса смешивания органоминеральных удобрений при совмещении нескольких технологических операций.

Одну из первых работ по обоснованию общей мощности, затрачиваемой на процесс смешивания, выполнил Н.И. Наумец [12]. Им была выведена формула по определению мощности, необходимой для перемешивания компонентов, в которой учитываются затраты энергии на преодоление сопротивления врезания лопастей в материал, преодоление сил трения, вызываемых силой тяжести, сил инерции перемешиваемого материала, преодоление подъема смеси во время работы мешалки. Данные исследования в значительной мере раскрывают характер взаимодействия лопастей с перемешиваемым материалом и дают более расширенные представления о процессе смешивания. Романков П.Г. и Павлущенко И.С. в 1947 г. опубликовали работу, в которой дано обобщение и анализ имеющихся в предшествующей литературе расчетных формул мощности смесителей.

Существенные исследования процесса смешивания сыпучих материалов были выполнены Е.А. Раскатовой [13]. Она выдвинула гипотезу, что «перемешивание есть процесс, обратный процессу разделения». На основе этого предположения изучено влияние технологических и конструктивных факторов на процесс смешивания, разработаны его теоретические основы. Было установлено, что с увеличением различия физико-механических свойств перемешиваемых материалов в смеси создаются более благоприятные условия для ее разделения, а следовательно, это вызывает замедление процесса смешивания и ведет к снижению однородности смеси. Также установлено, что с уменьшением размеров частиц смешиваемых компонентов обратное разделение частиц снижается, то есть получаемая при этом смесь становится более устойчивой к разделению. Таким образом, для получения однородной смеси при подготовке компонентов к смешиванию необходимо предварительно их измельчать до оптимальных размеров. Качественную смесь можно получить только при одинаковом фракционном составе смешиваемых материалов. Данные выводы подтверждаются и результатами исследований Б.А. Комарова. Им было установлено, что однородность смеси

в значительной мере зависит от физико-механических свойств смешиваемых материалов (плотности, коэффициентов трения и сопротивления сдвигу), а также от кинематических и конструктивных параметров смесителя [7].

Большой вклад в исследование процесса смешивания сыпучих материалов внес Макаров Ю.И. [11]. Он является основоположником в использовании математического аппарата случайных марковских процессов при моделировании технологического процесса смешивания, которые легко реализуются на современных ЭВМ при определении рациональных параметров и режимов работы смесителей. В развитии этого подхода также внесли свой вклад Кафаров, В.В., Бытев Д. О., Таршис М. Ю., Зайцев И. А. [4,6,16].

В большинстве случаев, в качестве показателя эффективности процесса смешивания, характеризующего завершенность процесса и его конечный результат предлагается использование параметра степени однородности смеси θ [10]. Этим вопросом занимались многие ученые в различных отраслях производства [9-19]. В результате исследований процесса смешивания компонентов в смесителе периодического действия, при определении степени однородности смеси учитывалось количество проб. Однако данная методика неприменима для приготовления органоминеральных удобрений, поскольку не учитывается расчетное количество компонента в пробе [19]:

$$\theta = \frac{1}{n} \sum_0^n i, \quad (1)$$

При этом $i = \frac{B_t}{B_0}$, если $B_t < B_0$ или $B_t = B_0$; и $i = \frac{2B_0 - B_t}{B_0}$, если $B_t > B_0$;

где, θ – степень однородности; B_0 – заданное количество компонента в удобрении; B_t – фактическое количество компонента в удобрении; n – количество проб.

В работе А.М. Семенихина и др. учтено содержание контрольного компонента. Данная работа в отличие от предыдущей работы дает более полную картину состава смеси, однако в этой работе не указывается параметр смешения, зависящий от диаметра смесителя, скорости вращения рабочих органов и от свойств смешиваемых материалов [19]:

$$\theta = \frac{\sigma_T}{S} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - p)^2 / (n-1)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}} \quad (2)$$

где, x_i – содержание контрольного компонента в i -й пробе, %; p – заданное рецептом содержание контрольного компонента, %; m – общее число отработанных проб оценки смеси; \bar{x} – среднеарифметическое значение содержания контрольного компонента во всех пробах.

При приготовлении концентрированных кормов в смесителе непрерывного действия Ф.Г. Стукалкин использовал модель процесса, в котором бесконечном горизонтальном полом цилиндре, вращающемся вокруг своей оси, разделение происходит только в направлениях, перпендикулярных оси, а смешение в направлениях перпендикулярных оси и вдоль оси [15]. Данная модель позволила автору вывести следующее уравнение для определения степени однородности (уравнение смешения):

$$\theta = \sqrt{e^{-2At} + \delta_{\infty}^2 \cdot (1 - e^{-BA t})} \quad (3)$$

где A – постоянная, характеризующая интенсивность смешения; B – постоянная, характеризующая интенсивность разделения; δ_{∞} – предельное значение степени однородности при $t = \infty$.

Заслуживает внимания работа Федоренко И.Я, Пирожкова Д.Н., Котова Р.А. [17]. Авторы предлагают использовать для определения однородности смеси, получаемой на вибрационных смесителях, зависимость:

$$\theta = \frac{N}{W} \left\{ t - (t - T) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right) \right] \right\} \quad (4)$$

где N – мощность, поглощенная материалом в процессе его смешения; W – модуль смешения, показывающий, какая работа совершается при увеличении однородности 1 кг смеси на 1 %, Дж/(кг %); T – характерное время разделения, в течение которого однородность смеси уменьшается в $e = 2,71$ раза, с; t – время смешения.

Отсутствие уточняющих параметров о свойствах смешивающих компонентов, является основным недостатком данной работы.

При определении качества смешивания многокомпонентных дисперсных материалов в работе А.Н. Веригина и др. использовано дисперсное значение компонентов и предложено однородность полученной смеси определять как:

$$\theta = \left(1 - \frac{\frac{\sum(x_i - x_{cp})^2}{n-1}}{x_{cp}} \right) \cdot 100\% \quad (5)$$

где x_u – содержание индикаторного компонента в каждой пробе (% , шт); x_{cp} – среднее количество индикаторного компонента в пробах (% , шт); n – количество проб.

Иногда применяют иную форму критерия однородности, известную как критерий Лейси [12]:

$$\theta = \frac{\sigma_{ис}^2 - \sigma^2}{\sigma_{ис}^2 - \sigma_0^2} \quad (6)$$

где $\sigma_{ис}$ – исходная дисперсия системы; σ_0 – предельное минимальное значение дисперсии; σ – среднее значение выборочной системы дисперсии.

Значение исходной дисперсии системы принимается равной:

$$\sigma_{ис}^2 = c_0(1 - c_0) \quad (7)$$

где, c_0 – среднее значение компонентов рецептуры.

Достоинством данной работы является использование минимальное и исходное значение дисперсии системы смешивания. Очевидно, что от показателей дисперсной системы смешивания зависит качество смешиваемых компонентов органоминерального удобрения. При использовании данной методики значение однородности смешивания должно изменяться в диапазоне от нуля (совершенно не смешенная система) до единицы (идеально смешанная система).

При обосновании параметров вибрационного смесителя сыпучих кормов с гибким рабочим органом Р.А. Котов в своей работе [9] однородность смеси θ связывает с неоднородностью соотношением:

$$\theta = 100 - C_x, \% \quad (8)$$

$$C_x = \frac{\sigma_x}{x_p} \cdot 100\% \quad (9)$$

где C_x – неоднородность смеси, %; σ_x – среднее значение контрольного компонента; X_p – расчетное количество компонента в каждой пробе. Чем меньше C_x и чем больше θ , тем однороднее смесь, что характеризует эффективность работы смесителей.

В исследованиях по смешиванию полипропиленовых волокон с цементной матрицей, авторами в качестве критерия однородности смеси принимается степень сепарации – величина, равная удельному среднему отклонению плотности компонентов смеси от средней плотности и характеризующая неравномерность распределения компонентов во всем

объеме смеси [1]. Изменение степени сепарации, следовательно, и процесса перемешивания во времени выражается затухающей экспонентой:

$$\theta = a + (S_{max} - a) \cdot e^{-kt} \quad (10)$$

где a , k – параметры, зависящие от природы перемешивания материалов, от конструкций смесительного оборудования, режима перемешивания и подлежащее определению методом наименьших квадратов; t – продолжительность перемешивания смеси, сек.; S_{max} – некоторая величина степени сепарации, отвечающая начальной стадии процесса перемешивания, когда компоненты занимают обособленный объем, и отклонения плотности этих компонентов на заданном участке объема от их средней плотности во всем объеме максимальны:

$$S_{max} = \left[1 - \frac{1}{V} \left(\frac{\sum m \rho_i V_i^2}{\sum m \rho_i V_i} \right) \right] \quad (11)$$

где V – полный объем компонентов смеси, м³; ρ_i – плотность i – го компонента, кг/м³; V_i – объем i -го компонента в смеси, м³; m – число компонентов в смеси.

При исследовании процесса смешивания кормов в лопастном смесителе, авторами используется коэффициент, учитывающий зону возбуждения материала [14]. Условие целесообразности применения данного показателя определяется функцией вида (1.12) и (1.13):

$$\theta = 1 - e^{-JZ} \quad (12)$$

где, J – эффективность каждого элементарного воздействия лопастей; Z – количество элементарных зон смешивания.

Эффективность силового воздействия лопастей определяется:

$$J = \frac{A}{v} \cdot k_B \cdot b_L \cdot \sin \alpha \quad (13)$$

где A – коэффициент пропорциональности, характеризующий условия процесса смешивания, свойства смешиваемых материалов, форму рабочих органов, отклонения от номинальных параметров установки и др.; v – скорость движения смешиваемой массы в смесителе, м/с; k_B – коэффициент, учитывающий зону возбуждения материала; b_L – ширина лопасти в рассматриваемом сечении, м; α – угол установки лопасти к направлению движения град.

При аналогичном исследовании авторами для определения однородности смешивания предлагается использовать эмпирический коэффициент смешивания [19].

$$\theta = 1 - e^{-kT} \quad (14)$$

где k – эмпирический коэффициент смешивания; T – длительность смешивания компонентов смеси.

$$k = K_{\text{ст.з}} \cdot K_{\text{об.с}} \cdot K_{\text{дол.к}} \quad (15)$$

$K_{\text{ст.з}}$ – эмпирический коэффициент влияния степени заполнения емкости смесителя; $K_{\text{об.с}}$ – эмпирический коэффициент объема смесительной емкости; $K_{\text{дол.к}}$ – эмпирический коэффициент доли контрольного компонента.

Достоинством такой работы, является использование коэффициентов влияния степени заполнения емкости смесителя, объема смесительной емкости, а также доли контрольного компонента.

При рассмотрении методик по обоснованию степени однородности смеси органоминерального удобрения можно сделать вывод, что каждая из методик может являться сопутствующим звеном для обоснования степени однородности смеси удобрения при сравнительном анализе показателей затрат, связанных с использованием смесителей, с учетом указанных замечаний. Анализ методик по обоснованию степени однородности смеси органоминерального удобрения показал следующее. Общими задачами при разработке методик являлись: определение продолжительности технологического процесса смешивания; в ряде методик решения были направлены на обоснование рациональных величин объема компонентов смеси, плотности компонента удобрения.

Общим несоответствием анализируемых методик современным требованиям проектирования и реализации процесса смешивания органоминеральных удобрений является отсутствие совмещения нескольких технологических операций, таких как измельчение, дозирование, смешивание. Совмещение нескольких технологических операций позволит уменьшить энергетические затраты на приготовления удобрения. Кроме того, в методиках совершенно не учитывались реологические и физико-химические параметры материала смешивания. Как показали поисковые исследования, работы смесительных установок и качество удобрения достигается при идентичном физико-механическом свойствам компонентов удобрения. Вышеизложенное свидетельствует о необходимости разработки методики проектирования процессов смешивания органических и минеральных компонентов, которые учитывают современные особенности и требования эффективности

реализации технологических процессов переработки и приготовления высокоэффективного концентрированного органоминерального удобрения.

В настоящее время известны следующие основные модели процесса смешивания сыпучих материалов:

- модели дифференциального смешивания;
- модели кинетики процесса смешивания;
- кибернетические модели процесса смешивания;
- вероятностные (стохастические) модели процесса смешивания;
- статические модели процесса смешивания.

Из анализа процессов смешивания можно установить следующее:

1) опубликованные работы, в основном, затрагивают вопросы, связанные с процессом смешивания сыпучих материалов, применяемых в химической и дорожно-строительной промышленности, а также в сельском хозяйстве при производстве комбикормов;

2) несмотря на значительное количество трудов, посвященных теории смешивания, в них имеется недостаточно рекомендаций относительно расчета центробежно-роторных смесителей непрерывного действия, применяемых для смешивания сухих органических компонентов с сыпучими минеральными компонентами. В этих работах отсутствуют указания по выбору режима работы и конструктивных параметров центробежно-роторных смесителей при смешивании данных компонентов;

3) при исследованиях процесса смешивания применялись вещества и материалы, отличающиеся по своим физико-механическим свойствам от сухого птичьего помета и сыпучих минеральных компонентов.

Список используемых источников:

1. Ахмеднабиев Р.М. Ахмеднабиев Р.Р. Равномерность смешивания полипропиленовых волокон с цементной матрицей. Технические науки - от теории к практике. 2013. № 18. С. 102-108.

2. Бакалов В.Г., Александров М.В., Михалев М.Ф., Болкунов О.А. Критерий для оценки качества смеси // Журнал прикладной химии. 1984. № 4. С. 1045-1048

3. Бранский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета. Л.: Химия, 1984. 336 с.
4. Бытев Д.О. Основы теории и методы расчета оборудования для переработки гетерогенных систем в дисперсно-пленочном состоянии: специальность 05.04.09 «Машины и агрегаты нефтеперерабатывающих и химических производств»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук; Ярославский государственный технический университет, Ярославль, 1995. 545с.
5. Веригин А.Н., Панферов А.А., Емельянов М.В., Незамаев Н.А. Качество смешивания многокомпонентных дисперсных материалов // Известия СПбГТИ (ТУ) № 31 (57) 2015 г. С. 75 – 83.
6. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешивания сыпучих материалов. Москва: Из-во Машиностроение. 1985. 440 с.
7. Комаров Б.А. Исследование работы смесителя комбикормов микроэлементами: 05.00.00 «Науки о земле»: автореферат диссертации на соискание кандидата технических наук; Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. Челябинск., 1968. 171 с.
8. Коновалов В.В., Чупшев А.В., Фомина М.В. Моделирование изменения качества смеси лопастного смесителя на основе технологических параметров. Инновационная техника и технология. 2016. № 3 (8). С. 57-66.
9. Котов Р.А. Обоснование параметров вибрационного смесителя сыпучих кормов с гибким рабочим органом: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук; Алтайский государственный аграрный университет; Барнаул, 2015 г. 164 с.
10. Лебедев А.Т. Оценка технических средств при их выборе: монография/ А. Т. Лебедев. Ставрополь: Издательство АГРУС, 2011. 42 с.
11. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. Москва: Из-во Машиностроение. 1973. 216 с.
12. Наумец Н.И. Методика расчета смесителей, применяемых в дорожном деле // Строительство дорог. 1938. № 2.
13. Раскатова Е.А. Исследование процесса образования сыпучих смесей в кормоприготовлении и его механизация: 05.00.00 «Науки о земле»:

автореферат диссертации на соискание кандидата технических наук; Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства им. В. М. Молотова. М., 1956. 15 с.

14. Рыбалкин Н.А., Лебедев А.Т., Павлюк Р.В. Совершенствование процесса смешивания кормов в лопастном смесителе. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 3 (27). С. 78-84.

15. Стукалкин, Ф. Г. Исследование кормосмесителей непрерывного действия и методика их расчета: 05.00.00 «Науки о земле»: автореферат диссертации на соискание кандидата технических наук; Ленинградский сельскохозяйственный институт. Ленинград, 1965.– 21 с.

16. Таршис, М.Ю. Теория и принципы моделирования процесса смешивания сыпучих материалов и создания устройств с гибкими элементами для его реализации/ М.Ю. Таршис, Л.В. Королев, А.И. Зайцев: монография, Ярославль: изд-во ЯГТУ, 2011. - 100 с.

17. Федоренко И.Я, Пирожков Д.Н., Котов Р.А. Использование модели лоренца для описания процесса смешивания сыпучих кормовых материалов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 9 (83), 2011. С.81 – 85.

18. Чупшев А.В. Теоретические и экспериментальные исследования смешивания сухих компонентов и микродобавок в лопастном смесителе. Теория, конструкция, расчет: монография / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 176 с.

19. Экспериментально-теоретическое исследование процесса смешивания компонентов комбикормов: методические указания к выполнению лабораторной работы / А.М. Семенихин, Н.П. Алексенко, Т.Н. Толстоухова, Е.Б. Сафиулина, В.В. Иванов, С.А. Шварц, Р.В. Копица. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. 33 с.

БИЛЛИНГОВАЯ СИСТЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Полетаев Д.А. – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры радиофизики и электроники физико-технического института ФГБУН «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Соколенко Б.В.– к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики физико-технического института ФГБУН «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Аннотация

В работе рассматривается концепция организации системы для платного подключения (биллинга) потребителей электрической энергии в виде малых торговых точек и других клиентов. Рассматриваются аспекты конструирования и функционирования разработки. Делается вывод о применимости концепции. Предлагается структурная схема.

В курортных и туристических зонах работает множество выносных малых торговых точек, экспозиционных комплексов. Большинству из них требуется электрическая энергия для производственных процессов, таких как термическая обработка, либо поддержание заданных параметров [1]. Некоторые предприниматели решают вопросы энергопоставок за счет подключения к близлежащим городским сетям, таким как жилые (хозяйственные) помещения, остальные – за счет использования электрических генераторов. Такие устройства, на которые не распространяются нормы по токсичности, кроме экологического загрязнения, ощутимо шумят, отталкивая потенциальных посетителей и гостей.

Современные системы учета электрической энергии – компактные полностью электронные устройства [2]. Их можно встраивать в элементы туристической инфраструктуры без существенных изменений. Вместе с тем, биллинговые системы и системы бесконтактной оплаты получают широкое распространение. Представляется целесообразным совместить устройство для учета и предоставления электрической энергии с терминалами оплаты.

Целью работы является предложение и анализ концепции системы для платного предоставления доступа к электрической сети предпринимателям и другим клиентам.

Требования, предъявляемые к предлагаемой системе, представляющую собой разъем для подключения потребителей электрической энергии с устройством оплаты, следующие: высокая надежность, вандалостойкость, пыле-, влагозащищенность, универсальность. Кроме того, требуется предусмотреть электронные компоненты для учета потребленной электрической энергии и электронной (бесконтактной) оплаты. Требование высокой надежности предусматривает возможность длительной безотказной работы системы. Разработка должна работать без регулировки круглосуточно и круглогодично.

В концепции системы для платного предоставления доступа к электрической сети предусматривается сочетание следующих блоков: предохранительный блок, механический контактный разъем для подключения потребителей электрической энергии (розетки), блок учета электрической энергии, блок контроля оплаты, модуль подключения к электрической сети, индикатора. Рассмотрим каждый элемент отдельно. Предохранительный блок, содержащий датчики дифференциального тока и тока, необходим для отключения электрического тока от потребителей при превышении допустимых значений и попадания жидкостей (посторонних предметов) внутрь системы. Механический контактный разъем (розетка) для подключения потребителей электрической энергии необходим для подключения 2-х фазных, 3-х фазных потребителей электрической энергии. Целесообразно реализовать функции заряда мобильных устройств, для чего предусматривается организация разъема типа usb (а также других разъемов для цифровых устройств) в комплексе с преобразователями напряжения. Блок учета электрической энергии представлен элементом контроля тока и напряжения для суммирования потребленного количества энергии. Блок контроля оплаты содержит бесконтактный блок приема платежей с банковских карт, а также интернет-модуль для оплаты через биллинговые системы. Модуль подключения к электрической сети представлен соединениями и блоками преобразования напряжений для различных устройств: постоянное (5 В, 19 В для заряда мобильных устройств), переменное (промышленные значения напряжений 220 В и 380 В). Индикаторный блок необходим для вывода информации о платежах, а также текущему энергопотреблению.

Разработка может функционировать следующим образом. При необходимости подключения к электрической сети собственник подключает необходимое устройство (таковым может быть холодильный шкаф, ларек, зарядное устройство) к системе через разъем, производит оплату через биллинговую систему либо бесконтактное устройство. При отключении потребителей электрической энергии производится пересчет переданной электроэнергии и возврат платежей на указанный счет.

Работа по данному проекту ведется в студенческом конструкторском бюро физико-технического института Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Система может применяться как в курортных регионах, так и в общественных местах.

Список используемых источников

1. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий. М.: academia, 2003. 452 с.
2. Фрике К. Курс цифровой электроники / К. Фрике. М.: техносфера: 2004. 384 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Пряшников П.Ф. – к.т.н., старший преподаватель кафедры Прикладной математики Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе

Аннотация

Рассматриваются математические модели электрических систем, заданных ненаправленными графами. Операторы ветвей графов могут быть заданы во временной, частотной и комплексной областях. Предложен метод решения уравнений установившихся режимов электрических систем в вещественной области.

Моделирование установившихся режимов является неотъемлемой частью проектирования и эксплуатации электрических систем сложной структуры. В работе рассматриваются электрические системы, математические модели которых заданы ненаправленными графами. Операторы ветвей графов могут быть заданы во временной, частотной и комплексной областях.

Перенумерованные узлы графа соответствуют потребителям и источникам электрической сети, перенумерованные ветви графа соответствуют линиям связи электрической сети. Обозначим число узлов графа – n , множество номеров ветвей, соединяющих k -й узел с одним из узлов цепи через L_k ($k = 1, \dots, n$); $L_{k+} = \{l \mid l \in L_k; k > q(k, l)\}$; $L_{k-} = \{l \mid l \in L_k; k < q(k, l)\}$, где $q(k, l)$ – номер узла, который соединен l -й ветвью с k -м узлом.

Решение уравнений установившихся режимов электрических цепей обычно находят методом Ньютона-Рафсона [3, с. 21-27], который требует задания начальных приближений, не гарантирует одновременного определения всех решений и может расходиться. Методы решения уравнений установившихся режимов электрических сетей, свободные от этих недостатков, могут быть основаны на применении результата [1, с. 55-57], достаточных или необходимых условиях отсутствия решений на заданном многомерном параллелепипеде. В статье предлагается использовать необходимые условия отсутствия решений уравнений на многомерном параллелепипеде в вещественной области.

Независимые уравнения первого закона Кирхгофа соответствуют линейным уравнениям установившегося режима операторов ветвей электрической сети в комплексной области: $I_k = \sum_{l \in L_{k+}} I_{q(k,l)} - \sum_{l \in L_{k-}} I_{q(k,l)} = \sum_{l \in L_{k+}} Y_l (U_k - U_{q(k,l)}) - \sum_{l \in L_{k-}} Y_l (U_{q(k,l)} - U_k) = \sum_{l \in L_k} Y_l U_k - \sum_{l \in L_k} Y_l U_{q(k,l)}$, где U_k – потенциал k -ого узла, I_k – ток в k -м узле; Y_l – проводимость l -й ветви; ($k = 1, \dots, n$). Последнее уравнение может быть записано в виде

$$\begin{cases} I_k = Y_k U_k + \mu_k; \\ Y_k = \sum_{l \in L_k} Y_l; \\ \mu_k = - \sum_{l \in L_k} Y_l U_{q(k,l)}; (k = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (1)$$

Система уравнений (1) в вещественной области имеет вид

$$\begin{cases} I_{(re)k} = Y_{(re)k} U_{(re)k} - Y_{(im)k} U_{(im)k} + \mu_{(re)k}; \\ I_{(im)k} = Y_{(im)k} U_{(re)k} + Y_{(re)k} U_{(im)k} + \mu_{(im)k}; \\ Y_{(re)k} = \sum_{l \in L_k} Y_{(re)l}; Y_{(im)k} = \sum_{l \in L_k} Y_{(im)l}; \\ \mu_{(re)k} = \sum_{l \in L_k} (-Y_{(re)l} U_{(re)q(l,k)} + Y_{(im)l} U_{(im)q(l,k)}); \\ \mu_{(im)k} = \sum_{l \in L_k} (-Y_{(im)l} U_{(re)q(l,k)} - Y_{(re)l} U_{(im)q(l,k)}); (k = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (2)$$

Уравнения баланса мощностей являются нелинейными: $I_k \bar{U}_k = \bar{S}_k$ или $Y_k U_k \bar{U}_k + \mu_k \bar{U}_k = \bar{S}_k \Leftrightarrow Y_k |U_k|^2 + \mu_k \bar{U}_k = \bar{S}_k$ ($k = 1, \dots, n$). Последнее уравнение в вещественной области приводится к виду

$$\begin{cases} Y_{(re)k} U_{(re)k}^2 + Y_{(re)k} U_{(im)k}^2 + \mu_{(re)k} U_{(re)k} + \mu_{(im)k} U_{(im)k} - S_{(re)k} = 0; \\ Y_{(im)k} U_{(re)k}^2 + Y_{(im)k} U_{(im)k}^2 + \mu_{(im)k} U_{(re)k} - \mu_{(re)k} U_{(im)k} + S_{(im)k} = 0; \\ (k = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (3)$$

Система (3) нелинейных уравнений операторов ветвей в вещественной области состоит из квадратичных уравнений относительно переменных $U_{(re)k}$, $U_{(im)k}$ ($k = 1, \dots, n$). В [2, с. 34-37] предложен численный метод решения систем полиномиальных уравнений, основанный на применении необходимых условий отсутствия нулей на заданном прямоугольнике полиномиальных функций двух переменных. В работе предложен метод распространения этих результатов на квадратичные функции многих переменных.

Левая часть каждого из уравнений системы (3) есть квадратичная функция $m = 2n$ переменных $f(x_1, \dots, x_m) = \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m a_{kq} x_k x_q + b$. Функция $f(x_1, \dots, x_m)$ не имеет нулей на многомерном параллелепипеде (далее – просто параллелепипеде) $P = \{(x_1, \dots, x_m) \mid \alpha_1 \leq x_1 \leq \beta_1; \dots, \alpha_m \leq x_m \leq \beta_m\}$, если выполняется хотя бы одно из условий

$$\left[\begin{array}{l} \varphi_{max} = \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m \max_{\alpha_k \leq x_k \leq \beta_k; \alpha_q \leq x_q \leq \beta_q} \{a_{kq} x_k x_q\} + b < 0; \\ \varphi_{min} = \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m \min_{\alpha_k \leq x_k \leq \beta_k; \alpha_q \leq x_q \leq \beta_q} \{a_{kq} x_k x_q\} + b > 0. \end{array} \right. \quad (4)$$

Действительно, пусть выполняется первое из неравенств совокупности (4) и максимум функции $f(x_1, \dots, x_m)$ на параллелепипеде P достигается в точке $x_{max} = (x_{1,max}, \dots, x_{m,max})$. Тогда $f_{max} = \max_{(x_1, \dots, x_m) \in P} \{f(x_1, \dots, x_m)\} = f(x_{1,max}, \dots, x_{m,max}) = \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m a_{kq} x_{k,max} x_{q,max} + b \leq \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m \max_{\alpha_k \leq x_k \leq \beta_k; \alpha_q \leq x_q \leq \beta_q} \{a_{kq} x_k x_q\} < 0$, т.е. функция $f(x_1, \dots, x_m)$ не имеет нулей на параллелепипеде P . Пусть выполняется второе из неравенств совокупности (4) и минимум функции $f(x_1, \dots, x_m)$ на параллелепипеде P достигается в точке $x_{min} = (x_{1,min}, \dots, x_{m,min})$. Тогда $f_{min} = \min_{(x_1, \dots, x_m) \in P} \{f(x_1, \dots, x_m)\} = f(x_{1,min}, \dots, x_{m,min}) = \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m a_{kq} x_{k,min} x_{q,min} + b \geq \sum_{k=1}^m \sum_{q=1}^m \min_{\alpha_k \leq x_k \leq \beta_k; \alpha_q \leq x_q \leq \beta_q} \{a_{kq} x_k x_q\} > 0$, т.е. функция $f(x_1, \dots, x_m)$ не имеет нулей на параллелепипеде P .

Максимумы и минимумы, входящие в совокупность (4) определяются легко вычисляемыми соотношениями. Если $a_{kq} > 0$, то функция $f_{kq}(x_k, x_q) = a_{kq} x_k x_q$ является возрастающей по каждому аргументу, и ее максимум находится при наибольших на параллелепипеде P значениях аргументов $x_{k,max}$ и $x_{q,max}$, а минимум находится при наименьших на параллелепипеде P значениях аргументов $x_{k,min}$ и $x_{q,min}$. Если $a_{kq} < 0$, то функция $f_{kq}(x_k, x_q) = a_{kq} x_k x_q$ является убывающей по каждому аргументу, и ее максимум находится при наименьших на параллелепипеде P значениях аргументов $x_{k,min}$ и $x_{q,min}$, а минимум находится при наибольших на параллелепипеде P значениях аргументов $x_{k,max}$ и $x_{q,max}$.

Совокупность (4) определяет достаточные условия отсутствия нулей функции $f(x_1, \dots, x_m)$ на параллелепипеде P . Применение этих условий для решения системы (3) заключается в проверке выполнения условий для каждого из уравнений системы (4). Если условия выполняются хотя бы для одного уравнения системы (4), то эта система не имеет решения на параллелепипеде P . Если условия не выполняются, то параллелепипед P следует разбить на два параллелепипеда и проверять выполнение условий (4) для каждого из них. В процессе проверок условий (4) диаметры (наибольшее расстояние между точками) параллелепипедов, содержащих решения системы (3), могут быть уменьшены до значений, обеспечивающих заданную точность вычисления решений.

Список используемых источников

1. Пряшникова П.Ф. Не итерационный метод решения нелинейных уравнений установившихся режимов электрических сетей // Электротехника. 2019. №4. С.54-58.
2. Пряшникова П.Ф. D – разбиение при полиномиальной зависимости коэффициентов многочлена от двух параметров // Автоматика и телемеханика. 2021. №3. С. 32-46.
3. Joe H. Chow, Juan J. Sanchez-Gasca. Power System Modeling, Computation, and Control. JohnWiley & Sons Ltd: USA, 2020. 608 p.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ 3-ФАЗНОЙ АСИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕТА МАГНИТНОГО НАСЫЩЕНИЯ ПОТОКАМИ РАССЕЯНИЯ

*Пустоветов М.Ю. – к.т.н., доцент, Технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
в г. Азове*

Аннотация

В статье предлагается модификация структуры компьютерной модели асинхронного двигателя, позволяющая учесть насыщение фазных индуктивностей рассеяния магнитными потоками рассеяния. Приведено графическое изображение модифицированной компьютерной модели фазы обмотки статора.

Асинхронные двигатели (АД) благодаря простоте своей конструкции, отработанной технологии изготовления, надежности в эксплуатации являются, пожалуй, самыми распространенными в мире электрическими машинами [1]. При этом АД в составе электроприводов могут использоваться в разнообразных режимах работы, для анализа и синтеза которых принято использовать компьютерное моделирование. Эта технология позволяет сократить время на разработку изделий, рассмотреть множество различных вариантов, распознать неудачные технические решения и выбрать приемлемые способы их исправления.

В работах [2, 3] подробно описана разработанная автором компьютерная модель 3-фазного асинхронного двигателя (АД) в трехфазных заторможенных координатах, базирующаяся на Т-образной схеме замещения АД [1]. Компьютерная модель позволяет, в том числе, учитывать явление насыщения магнитной цепи основным магнитным потоком [4, 5], сцепленным одновременно с магнитопроводами статора и ротора через воздушный зазор. Модуль мгновенного значения амплитуды изображающего вектора потокосцепления взаимоиндукции рассчитывается через ортогональные проекции вектора аналогично описанному в [6]. Структуры и приемы, апробированные в компьютерной модели [2–5], реализованной средствами САПР *OrCAD* [7], успешно использованы для разработки моделей АД [8 – 11] в среде *Matlab* [12]. В математических и компьютерных моделях 3-фазного АД

[8 – 11] содержатся весьма интересные и полезные наработки, позволяющие учитывать влияние межвитковых замыканий в обмотке статора на режим работы электрической машины.

Как известно, в электрических машинах кроме главного магнитного потока присутствуют магнитные потоки рассеяния [1]. При степени детализации, присущей вышеупомянутым компьютерным моделям АД [2 – 5, 8 – 11], следует говорить о магнитных потоках рассеяния фаз обмоток статора и ротора. Уточним, что, например, магнитный поток рассеяния фазы *B* статора сцеплен исключительно со статором (не проникает через воздушный зазор в ротор) и исключительно с фазой *B* обмотки статора АД. Если нелинейность кривой намагничивания от основного магнитного потока определяет непостоянство величины главной индуктивности в схеме замещения АД, то нелинейность кривой намагничивания от магнитных потоков рассеяния определяет непостоянство величин индуктивностей рассеяния фаз обмоток статора и ротора АД. Иначе говоря, индуктивность рассеяния фазы обмотки АД зависит от величины тока, протекающего в этой обмотке. В [13] описан случай, когда для одного из типов АД насыщение магнитной системы потоками рассеяния имело определяющее влияние на характеристики режимов работы электрической машины. То есть, учет этого явления может быть важен для обеспечения адекватности моделирования процессов в АД. По рекомендации [13] нелинейность, характеризующая изменение индуктивности рассеяния, должна охватывать режимы работы АД от холостого хода до короткого замыкания.

Автором в работах [5, 14] приведено подробное описание математической и компьютерной моделей электрического дросселя насыщающегося. Такой же подход предлагается использовать для учета насыщения магнитными потоками рассеяния индуктивностей обмоток фаз статора и ротора в компьютерной модели 3-фазного АД. На рисунке 1 показано графическое изображение компьютерной модели фазы А обмоток статора и ротора АД согласно [2, 3].

На рисунке 2 показано графическое изображение модифицированной компьютерной модели фазы А обмотки статора [2, 3].

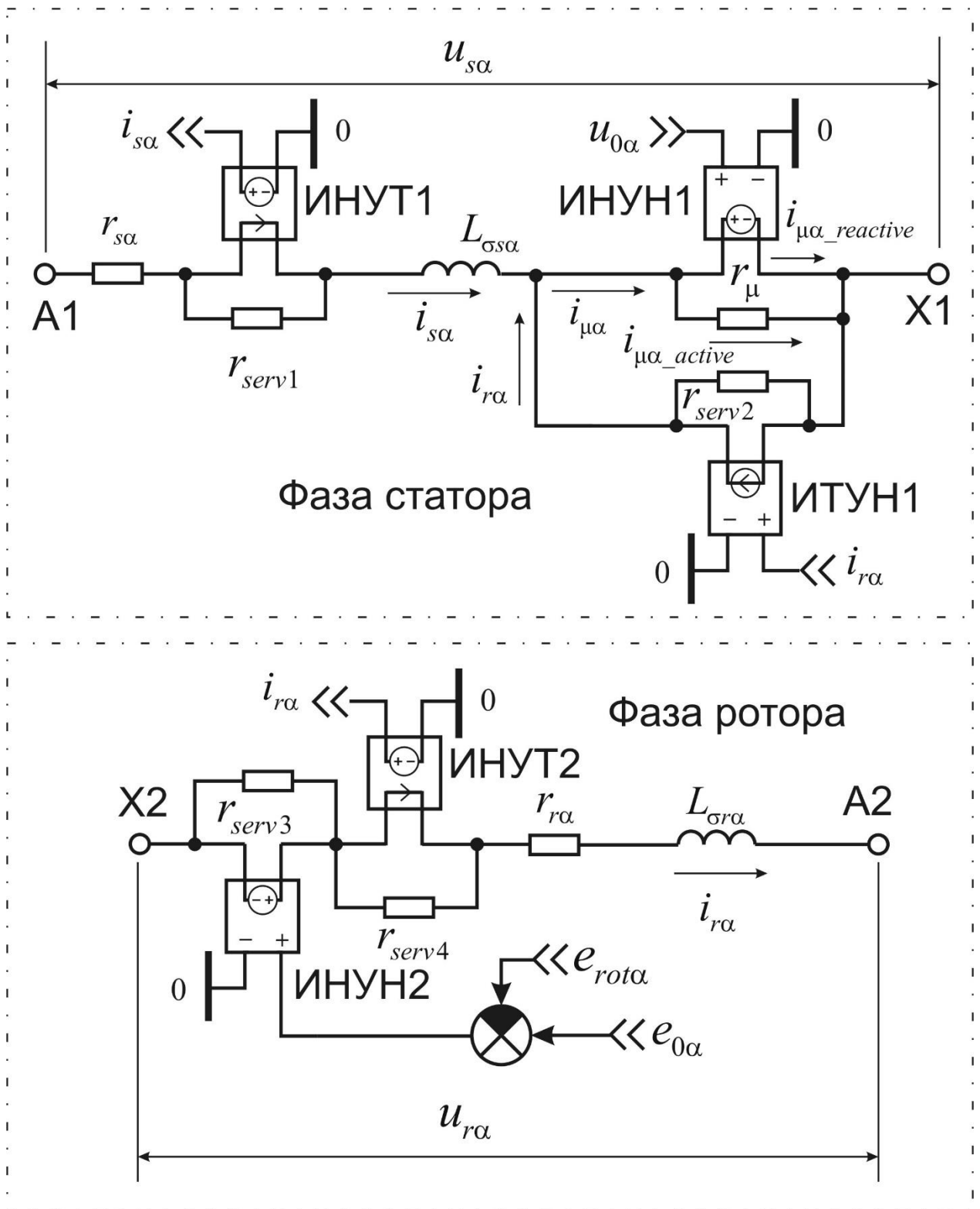


Рис. 1. Графическое изображение компьютерной модели фазы А обмоток статора и ротора АД согласно [2, 3]

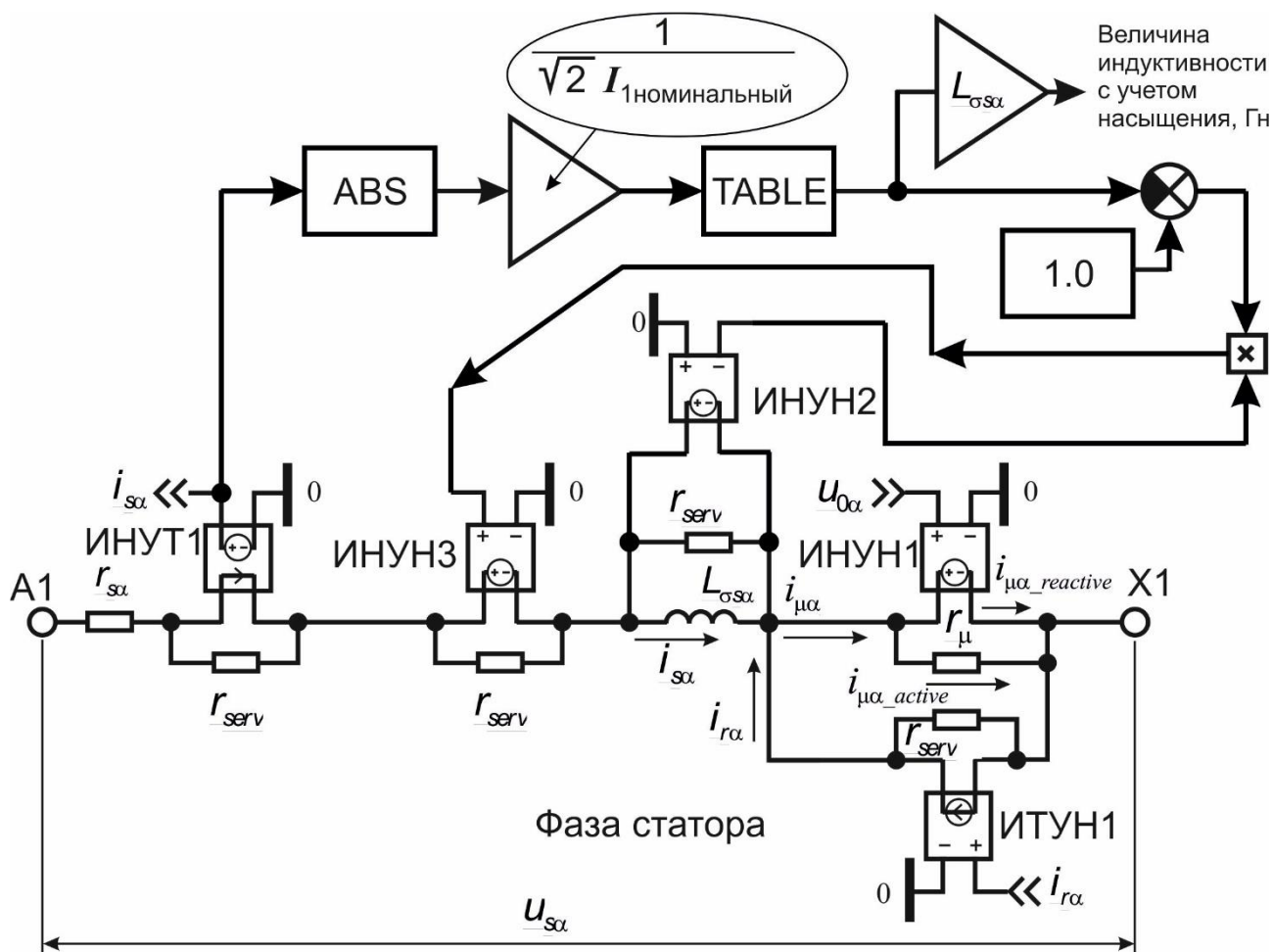


Рис. 2. Графическое изображение модифицированной компьютерной модели фазы А обмотки статора АД

На рисунках 1 и 2 в качестве датчиков и для ввода сигналов в составе модели АД использованы элементы типа ИНУН, ИНУТ, ИТУН. В этих сокращениях: И – источник; У – управляемый; Н – напряжение; Т – ток. Например, ИНУТ – источник напряжения, управляемый ток. На рисунке 2 блок *ABS* выполняет операцию взятия модуля сигнала. Блок *TABLE* представляет собой таблицу, в которой заданы значения индуктивности рассеяния (в относительных единицах) в функции мгновенного тока статора. Блок в виде прямоугольника, имеющий внутри обозначение «1.0» является источником постоянного напряжения величиной 1,0 В. Резисторы r_{serv} обладают большим сопротивлением, например 10 МОм. Практически не влияя на численные результаты моделирования, они стабилизируют ход решения за

счёт сохранения цепи протекания тока (физический смысл – путь протекания токов утечки), что особенно важно при дискретном изменении сопротивления цепей питания АД, например, при питании от полупроводникового преобразователя частоты или при обрыве фазы. Отметим, что резистивные элементы подобного назначения используются другими разработчиками компьютерных моделей электротехнических устройств [15]. Аналогичным рисунку 2 образом учитывается насыщение магнитной цепи потоками рассеяния в фазах ротора АД, преобразуя нижнюю часть рисунка 1.

Список используемых источников

1. Wildi. T. *Electrical Machines, Drives and Power Systems*. 6th edition. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005. 934 p.
2. Pustovetov M. Induction Electrical Machine Simulation at Three-Phase Stator Reference Frame: Approach and Results. Chapter 4 in: *Applied Electromechanical Devices and Machines for Electric Mobility Solutions*. Edited by A. El-Shahat and M. Ruba, 2020. Pp. 63-78. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.88906>
3. Пустоветов М.Ю. Подход к реализации на ЭВМ математической модели асинхронного двигателя, предназначенной для использования в качестве составной части моделей электротехнических комплексов и систем // *Моделирование. Теория, методы и средства: материалы 16-ой Междунар. науч.-практ. конф., посв. 110-летию Южно-Рос. гос. политехнич. ун-та (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, 6-7 дек. 2016 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Новочеркасск: Лик, 2016. С. 332–344.*
4. Pustovetov M.Yu. Method for Taking Into Account of Magnetization Curve Nonlinearity at Variable Frequency of Feeding Voltage // *2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 2018. Pp. 1-4. doi: 10.1109/ICIEAM.2018.8728613
5. Пустоветов М.Ю., Солтус К.П., Синявский И.В. *Компьютерное моделирование асинхронных двигателей и трансформаторов. Примеры взаимодействия с силовыми электронными преобразователями: монография*. Saarbrucken, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 209 с.

6. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.
7. Кеун Дж. Электронное моделирование в OrCAD (+DVD). Москва: ДМК Пресс, 2010. 628 с.
8. Goolak S., Gorobchenko O., Nezlina O., Riabov I., Yurchenko V. Improvement of the model of an asynchronous traction motor of an electric locomotive by taking into account power losses // *Przeglad Elektrotechniczny*. 2022. Vol. 98. No. 5. Pp. 1-10.
9. Goolak S., Gorobchenko O., Nevedrov O., Gubarevych O., Kamchatna-Stepanova K. Investigation of the influence of the quality of the power supply system on the characteristics of an asynchronous motor with a squirrel-cage rotor // *Przeglad Elektrotechniczny*. 2022. Vol. 98. No. 6. Pp. 142-148.
10. Goolak S., Liubarskyi B., Sapronova S., Tkachenko V., Riabov I., Glebova M. Improving a model of the induction traction motor operation involving non-symmetric stator windings // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. No. 8-112. Pp. 45-58.
11. Goolak S., Liubarskyi B., Sapronova S., Tkachenko V., Riabov Ie. Refined model of asynchronous traction electric motor of electric locomotive // *The proceedings of the 25th International Scientific Conference Transport Means 2021 - Sustainability: Research and Solutions*. - Kaunas, Lithuania, 2021. Pp. 455-460.
12. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс, 2012. 288 с.
13. Сипайлов, Г.А., Лоос А.В. Математическое моделирование электрических машин (АВМ): учебное пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа, 1980. 176 с.
14. Pustovetov M. (2021) An Inductive Coil Simulation // *International Journal of Power Systems*. 2021. №6. Pp. 90-93. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ias.org/ias/filedownloads/ijps/2021/010-0010\(2021\).pdf](https://www.ias.org/ias/filedownloads/ijps/2021/010-0010(2021).pdf) (дата обращения: 06.01.2023).
15. Zirka S.E., Moroz Yu.I., Arturi C.M. Accounting for the Influence of the Tank Walls in the Zero-Sequence Topological Model of a Three-Phase, Three-Limb Transformer // *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2014. Vol. 29, No. 5. Pp. 2172–2179.

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ПРИЕМА СИГНАЛОВ В УСТРОЙСТВАХ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Сабанцев А.В. – студент, электротехнический факультет, ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»

Хохрин А.С. – преподаватель кафедры Автоматики, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте, ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»

Чудаков Л.А. – сотрудник «Трансэнерго» – филиал ОАО «РЖД»

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы оптимального выбора метода приема сигналов в устройствах автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте. Применение различных способов приема сигнала позволяет увеличить помехоустойчивость систем, что в свою очередь позволит повысить безопасность движения поездов.

На сетях железных дорог Российской Федерации применяется различное оборудование, позволяющее обеспечить бесперебойность и безопасность движения. В частности, таким оборудованием могут быть рельсовые цепи и автоматическая локомотивная сигнализация. Для управления и выполнения команд оборудованием такого типа используются различные сигналы. Одной из актуальных задач является повышение достоверности приема сигнала в связи с высокой интенсивности в каналах передачи.

В аппаратуре возникают проблемы защиты от помех, возникающих по причине асимметрии тягового тока. Величина тягового тока может быть выше сигнальных токов на один-два порядка. Решить данную проблему можно благодаря использованию различных методов приема сигнала. Выбор оптимального метода позволяет повысить эффективность приема и как следствие повысить безопасность движения.

Для выбора подходящего метода приема сигнала нужно определить предварительные параметры сигнала. Как правило, известны: вид модуляции, частота несущей, ширина спектра и т. д. [2] Сигнал, характеристики которого заранее известны, не несет полезной информации, в свою очередь абсолютно неизвестный сигнал невозможно принять. Известные параметры сигнала используются в приемнике, чтобы лучше выделить полезный сигнал от суммы сигнала и помех. Чем больше информации есть о сигнале, тем более

эффективными могут быть методы его приема. На рисунке 1 приведены основные задачи, возникающие при приеме сигнала.

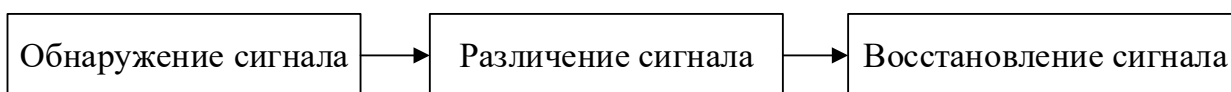


Рис. 1 Задачи, возникающие при приеме сигнала

Задача обнаружения сигнала сводится к тому, чтобы определить, присутствует ли на входе приемника полезный сигнал. При передаче двух сигналов возникает задача различения сигналов. В этом случае требуется определить, присутствует ли на входе приемника тот или иной сигнал. Ответ на этот вопрос определяется не собственными характеристиками каждого сигнала, а их различием. Для снижения числа ошибок важно стремиться, чтобы различие между сигналами было наибольшим и устойчивым к воздействию помех. На рисунке 2 приведена функциональная схема обработки и приема дискретного сигнала.

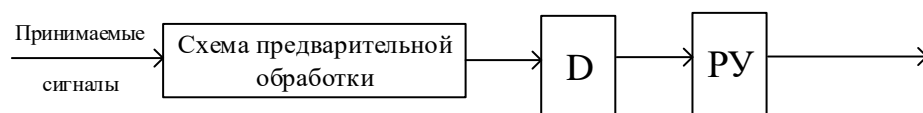


Рис. 2 Функциональная схема приема и обработки дискретного сигнала

На схеме представлены следующие обозначения:

Схема предварительной обработки - необходима для различения и восстановления сигналов;

D – детектор, который предназначен для обнаружения полезного сигнала;

РУ – решающее устройство, назначением которого является обработка принятого сигнала с целью наиболее полного извлечения из него информации.

Принятый сигнал, искаженный помехой, подвергается обработке в приемнике, а затем отправляется на решающее устройство для опознавания.

Вероятность того, что сигнал будет правильно распознан, в большей степени зависит от того, насколько большое отношение сигнал/помеха на входе решающего устройства. Поэтому основной задачей обработки сигналов в приемнике является увеличение отношения сигнал/помеха. Обработка и

прием сигналов сводятся к различным методам фильтрации. В каскадах обработки также производится усиление сигналов до величины, при которой детектор и решающее устройство могут работать правильно. В обычном приемнике непрерывных сигналов детекторная обработка сигнала осуществляется с помощью резонансных усилителей, которые фильтруют сигнал по частоте. Последетекторная обработка выполняется усилителем низкой частоты. В приемниках данного типа вместо решающего устройства имеется устройство, которое воспроизводит или записывает принятое сообщение.

В системах передачи дискретных сообщений основными видами обработки сигналов в приемнике являются фильтрация со стробированием, интегрирование и корреляция. Фильтрация со стробированием сигнала является наиболее простым видом обработки. При фильтрации данного элемента сигнала производится отсчет его текущего значения (напряжения или тока) в определенный момент времени. Последний выбирается в той части элемента, которая в наименьшей степени подвержена искажениям [5]. Поскольку статистические характеристики помех мало зависят от выбора момента времени, то фильтрацию со стробированием следует применять тогда, когда полезный сигнал имеет максимальное значение. Границы элементов сигнала могут быть искажены вследствие переходных процессов в фильтрах, поэтому максимальное значение сигнала, чаще всего, соответствует средней части элемента. Стробирование производится при помощи специальных сигналов, поступающих от системы синхронизации.

Фильтрация принимаемых сигналов может выполняться как до, так и после детектора. На практике часто применяется двойная фильтрация, то есть фильтрация сигнала как до, так и после детектора.

Процесс интегрирования может быть интерпретирован как накопление суммы значений сигнала или вычисление среднего значения сигнала. Фильтры, работающие с сигналами, частично интегрируют их, т.е. усредняют. В некоторых случаях интегрирование может быть эквивалентно фильтрации. Интегрирование, так же, как и фильтрация, может осуществляться либо до, либо после детектора.

Существует несколько способов классификации методов приема сигнала. Один из них связан с типом используемых детекторов [4]. Другой способ состоит в разделении методов на те, которые используют

додетекторную и последетекторную обработку сигнала. На рисунке 3 приведены основные методы приема сигналов.



Рис 3. Основные методы приема сигналов

Под когерентным приемом понимается способ приема сигналов, при котором используется конкретная частота и фаза сигнала, для увеличения соотношения сигнал/помеха. При когерентном приеме частота и фаза сигнала совпадают с частотой и фазой передаваемого сигнала. Это делает возможным избегание демодуляции сигнала и увеличение точности его приема. Для достижения оптимального когерентного приема требуется, чтобы следующие условия были выполнены: используемые сигналы известны и могут быть точно воспроизведены в приемном устройстве; канал связи является гауссовым с постоянными параметрами, без искажений; спектральная плотность аддитивной помехи известна; синхронизация принимаемых и опорных сигналов является идеальной. При выполнении этих условий вероятность корректной детектирования сигнала будет максимальной. Структурная схема типового когерентного приемника приведена на рисунке 4.

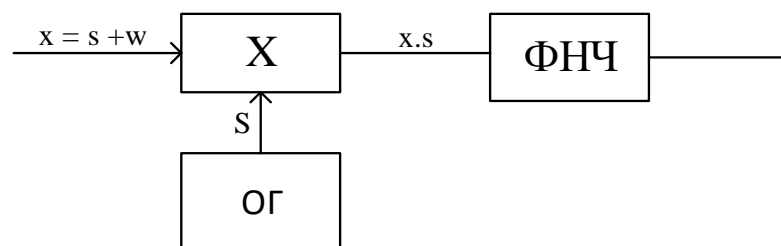


Рис. 4. Структурная схема типового когерентного приемника

На схеме представлены следующие обозначения:

X – умножитель, осуществляющий перемножение принимаемого и опорного сигналов;

ОГ – генератор опорного колебания, обеспечивающий создание колебаний необходимого диапазона с высокой стабильностью частоты.

ФНЧ – фильтр нижних частот, который пропускает сигналы с частотой ниже выбранной частоты среза и ослабляет сигналы с частотами выше частоты среза.

При когерентном приеме опорное колебание является точной копией переданного сигнала. Если сигнал имеет известную частоту и фазу, то в приемном устройстве может быть использовано синхронное детектирование. В результате работы синхронного детектора на выходе выделяется передаваемое сообщение. Такая обработка, по отношению к входному сигналу, является почти линейной. Фильтр нижних частот интегрирует входной сигнал, выделяя на выходе напряжение, которое близко к форме огибающей исходного (высокочастотного) сигнала [6].

Некогерентный прием является основным методом приема и обработки высокочастотных сигналов. Данный вид приема учитывает только амплитудные зависимости без учета фазовых соотношений. Данный метод обработки сигнала производится в нелинейной части приемника и наблюдается на выходе детектора. При условии, что шум на входе приемника имеет нормальное гауссовское распределение, входной сигнал в детекторе будет представлять узкополосный гауссовский процесс. Амплитудный детектор выделяет огибающую этого колебания.

Корреляционный прием применяется в тех случаях, когда форма сигнала известна. Основным элементом корреляционного приема является коррелятор, который вычисляет взаимно корреляционную функцию принятого и опорного сигналов. При корреляционном приеме требуется, чтобы форма опорного сигнала совпадала с формой ожидаемого принимаемого сигнала при отсутствии помех. Структурная схема типового корреляционного приемника приведена на рисунке 5.

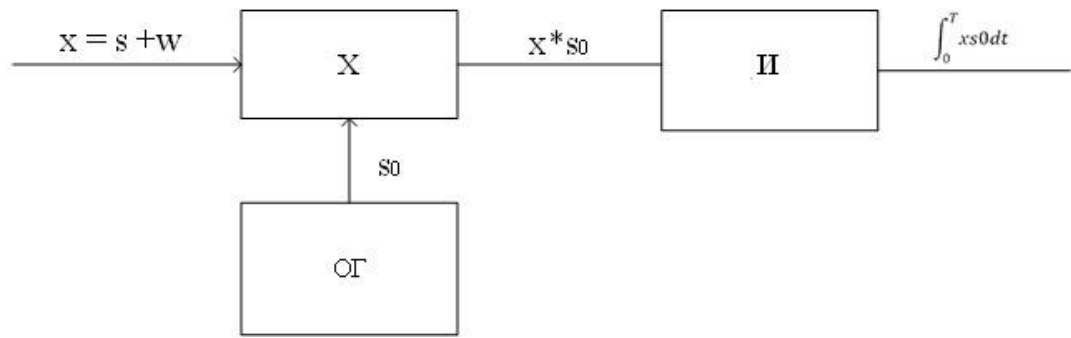


Рис. 5. Структурная схема корреляционного приемника

На схеме представлены следующие обозначения:

X – умножитель, осуществляющий перемножение принимаемого и опорного сигналов;

ОГ – генератор опорного колебания, обеспечивающий создание колебаний необходимого диапазона с высокой стабильностью частоты.

И – интегратор, складывающий между собой все приходящие отсчеты сигнала.

Корреляционный прием, в зависимости от метода регистрации сигнала, может быть когерентным и некогерентным.

Отношение сигнала к помехе на выходе корреляционного приемника при когерентном приеме вычисляется по формуле: [2]

$$q_{\text{КГ}} = \frac{T}{\Delta\tau} q_{\text{ВХ}}$$

где, $q_{\text{КГ}}$ – отношение сигнала к помехе на выходе приемника,

$\Delta\tau$, с – интервал корреляции помехи

T, с – момент времени

$q_{\text{ВХ}}$ – отношение сигнала к помехе на входе приемника

Отношение сигнала к помехе при некогерентном приеме вычисляется по формуле: [2]

$$q_{\text{НКГ}} = \frac{1}{2} \frac{T}{\Delta\tau} q_{\text{ВХ}}$$

где, $q_{\text{НКГ}}$ – отношение сигнала к помехе на выходе приемника,

$\Delta\tau$, с – интервал корреляции помехи

T, с – момент времени

$q_{\text{ВХ}}$ – отношение сигнала к помехе на входе приемника

Метод корреляционного приема можно рассматривать как обобщение метода накопления на сигналы произвольной формы [3]. При использовании метода автокорреляционного приема, фильтрация помех осуществляется исключительно на ограниченный промежуток времени, равный длительности ожидаемой посылки сигнала. На рисунке 6 изображена структурная схема автокорреляционного приемника.

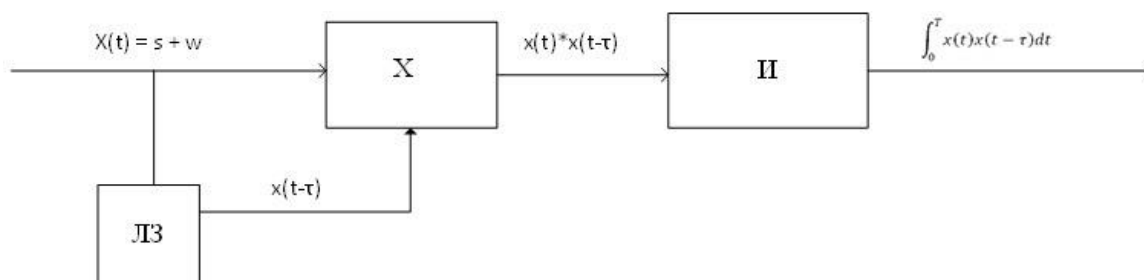


Рис. 6. Структурная схема автокорреляционного приемника

На данной схеме представлены следующие обозначения:

X – умножитель, осуществляющий перемножение принимаемого и опорного сигналов;

ЛЗ – линия задержки, осуществляющая задержку принимаемого сигнала на время τ .

И – интегратор, складывающий между собой все приходящие отсчеты сигнала.

В схеме автокорреляционного приемника отсутствует специальный генератор опорных колебаний. При низкой интенсивности помех отношение сигнал/помеха на выходе автокорреляционного приемника схоже с отношением сигнал/помеха на выходе корреляционного приемника. При высокой интенсивности помех автокорреляционный приемник имеет приблизительно такую же помехоустойчивость, как и приемник с квадратичным детектором. Автокорреляционный приемник имеет меньшую помехоустойчивость, чем корреляционный, так как опорное колебание в нем испытывает воздействие помехи. Автокорреляционный прием возможен и в том случае, когда отсутствуют сведения не только о фазе сигнала, но и о его частоте. Это осуществимо, поскольку принимаемый сигнал сам по себе вызывает опорное колебание, а не требует отдельного генератора для его создания в месте приема.

Для обеспечения бесперебойного и безопасного движения поездов необходимо обеспечить прием и обработку сигналов без ошибок. Для этого применяются различные методы приема и обработки сигналов, позволяющие повысить помехоустойчивость систем автоматики и телемеханики. Выделить максимально помехоустойчивый метод, который мог бы подойти для любой системы передачи информации практически невозможно, поскольку выбор метода приема зависит от конкретной ситуации и системы. Однако, правильно выбрав метод приема сигнала возможно максимально снизить количество ошибок, и тем самым повысить безопасность движения поездов.

Список используемых источников

1. Агеев Ф.И., Вознюк В.В. Методика расчета вероятности битовой ошибки оптимального посимвольного когерентного приема двоичных противоположных фазоманипулированных сигналов при наличии в канале радиосвязи узкополосной шумовой помехи // Труды МАИ. 2022. №. 124. С. 390-421.
2. Кловский Д.Д. Теория передачи сигналов. М.: Связь, 1973. 376.
3. Сикарев А.А. Оптимальный разнесенный когерентный и некогерентный прием в каналах с флуктуационными и сосредоточенными помехами // Проблемы передачи информации. 1973. Т. 9. №. 1. С. 57-65.
4. Фаерман В.А. Обзор методов повышения отношения сигнал/шум при решении задачи обнаружения сигналов неизвестной формы // Современные техника и технологии. 2014. С. 261-262.
5. Шаманов В.И. Помехи на аппаратуру рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. Средства защиты: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. 303 с.
6. Юсупов Р.Р. Корреляционный приемник с квадратурными каналами для автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН / Р.Р. Юсупов, А.С. Хохрин // Транспорт Урала. 2022. № 3(74). С. 49-54.

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОПЧЕНОЙ РЫБЫ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО КОПЧЕНИЯ

*Селунский В.В. – к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ
ВО «Южно-Уральский технологический университет»*

*Четошников А.А. – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Геодезия,
физика и инженерные сооружения», Алтайский государственный аграрный
университет*

Аннотация

В статье показана актуальность усовершенствования электростатической установки электростатического копчения «Москит» путем использования генератора дыма новой конструкции и внедрения устройства автоматического управления работой источника высокого управления. Предлагаемые мероприятия позволяют повысить качество готового рыбы холодного копчения, за счет улучшения свойств коптильного дыма и более равномерного осаждения коптильного препарата на поверхность обрабатываемого продукта.

Способ электростатического копчения рыбных продуктов был предложен в 50-х годах прошлого века исследователями Калитиной М.И. и Калитиным А.А. и опробован на Киевском рыбокомбинате [1]. По новой технологии производилось копчение различных видов рыбы холодным и горячим способом. При этом были получены положительные результаты, определены преимущества и недостатки нового способа производства копченой рыбы. В дальнейшем исследования по электростатическому копчению были продолжены другими исследователями [2, 3, 4, 5]. Основным преимуществом электростатического способа копчения, по сравнению с традиционным, является значительное сокращение времени обработки рыбы коптильным дымом или коптильными препаратами (при бездымном копчении) [1, 2, 5]. Кроме этого, при использовании новой технологии копчения происходит снижение энергозатрат (электрической, тепловой энергии), значительно снижаются выбросы отработанного коптильного дыма в окружающую среду. Да и самого дымообразующего сырья (щепы, опилок) требуется намного меньше. Особенно выгодно использовать электростатический способ при холодном копчении рыбы, по сравнению с обычным копчением, так как при этом особенно значима разница во времени

обработки продукта коптильными препаратами [4, 5]. В данной статье рассматривается только холодное копчение.

Однако на практике способ электростатического копчения, несмотря на очевидные преимущества, в настоящее время широкого применения не нашел из-за рядов недостатков как в конструкциях выпускаемых промышленностью установок, так и в используемых технологиях. Рассмотрим причины, сдерживающие широкое внедрение технологии электростатического копчения рыбы.

Во-первых, большим недостатком электростатических коптильных установок является относительно высокая цена при их малой разовой загрузке.

Во-вторых, при использовании существующей технологии электростатического копчения продукт не становится готовым к употреблению в пищу, сразу после окончания процесса его обработки коптильным препаратом в поле коронного разряда. Несмотря на то, что при этом поверхностные слои рыбы насыщаются достаточным количеством коптильных веществ, необходимых для копчения рыбы, но они не успевают проникнуть вглубь толщи мяса, а главное не успевают произойти автолитические процессы копчения, приводящие к кулинарной готовности рыбы [2, 5, 6]. К тому же на этом этапе приготовления рыбы способом электростатического копчения, влажность продукта, как правило, превышает значение, определяемое ГОСТом [7]. Поэтому для обеспечения дозревания рыбного полуфабриката (посоленной рыбы, покрытой коптильным препаратом) и доведения его до необходимой влажности продукт необходимо поместить в специальную камеру или помещение с невысокой температурой и влажностью.

В-третьих, среди производителей рыбных продуктов существуют укоренившиеся традиции и привычка людей к традиционному способу копчения, что сдерживает внедрение новых технологий. Производители просто боятся вкладывать деньги в новые технологии электростатического копчения и первым делом интересуются, где уже работает подобное производство.

Кроме того, к недостаткам практически всех существующих установок электростатического копчения следует отнести неравномерное осаждение частиц коптильного препарата на поверхность продукта копчения. Это может

привести к таким порокам готового продукта, как непрокопченость, белобочка (непрокопченные места), невыраженный запах копчености [7].

Нами был проведен анализ оборудования для электростатического холодного копчения, которое может быть приобретено на региональном рынке пищевого оборудования. Эти установки отличаются друг от друга по функциональным возможностям, производительности, цене. К ним относятся: электростатические коптильные установки (УЭК) фирмы «Москит», установки «Ижица» различных модификаций производства Санкт-Петербургской одноименной компании, установки быстрого копчения (УБК) торгово-производственной компании Royal Smoke и другие.

Технические характеристики электростатических установок, предназначенных для холодного копчения рыбы, представлены в таблице 1.

Табл. 1

Данные установок электростатического копчения

Марка	Цена, руб.	Средняя разовая загрузка (паспортные данные), кг
УЭК-1/1	69970	4-10
УЭК-2	93900	25
УЭК-2/50	114600	50
УЭК-2/100	129800	100
УЭК-2/200	183750	200
Ижица-1200М2	210400	80
Ижица-1200М3	275200	80
Ижица-1200М4	465200	80
Ижица-1200М4-А	1 110 000	85
Ижица-Z115-А	1271000	100
Royal Smoke УБК-1	75400	20-25
Royal Smoke УБК-2	99500	40-45
Royal Smoke УБК-MINI	65800	5-8

На основе проведенного анализа было установлено, что наиболее востребованной являются установки электростатического копчения небольшой производительности и цены.

С учетом проведенного анализа нами была приобретена установка электростатического копчения фирмы «Москит» УЭК-1 (раньше подобная установка выпускалась под названием «Идиллия») [5]. На данной установке производилось опытное копчение мойвы и скумбрии холодным способом [6]. При этом были выявлены недостатки указанной конструкции, которые

отрицательно влияют на качество готовой продукции. Первый и главный недостаток устройства УЭК-1 «Москит» заключается в том, что дымогенератор (устройство для производства коптильного дыма) располагается в непосредственной близости от коптильной камеры, непосредственно под ней. Это приводит к тому, что температура дымовоздушной смеси в камере для копчения, как правило, превышает допустимое значение, рекомендованное ГОСТом для холодного копчения рыбы (+40 °С) [2, 3].

Второй недостаток установки «Москит» заключается в неравномерном осаждении частиц коптильного препарата (дыма) на поверхность рыбы, размещенной в камере для копчения. Конструкция установки предполагает подачу дыма в нижнюю часть камеры, поэтому большая часть коптильных веществ оседает на продукте, расположенном ближе к дымогенератору. Особенно это заметно при непрерывном режиме работы источника высокого напряжения.

К тому же необходимо отметить, что реальная разовая загрузка коптильной камеры при использовании рыбы любых сортов не соответствует паспортным данным установки. Попытки увеличения количества рыбы, размещенной в коптильной камере, приводили к пробоем воздушного промежутка высоким напряжением и срабатыванию защиты, либо значительно ухудшали качество копчения, а также слишком увеличивалось время загрузки камеры.

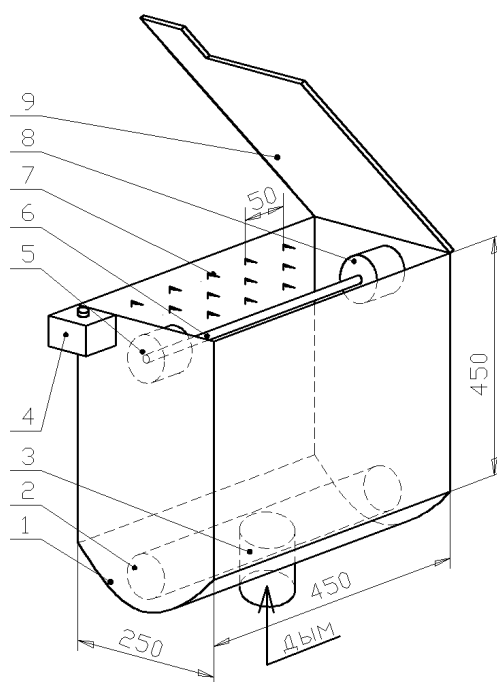
С учетом выявленных недостатков нами была произведена модернизация серийной установки электростатического копчения УЭК-1 «Москит» [8]. Модернизация заключалась в переделке коптильной камеры, изготовлении нового дымогенератора и внедрения системы автоматического управления работой высоковольтного источника напряжения.

На рисунке 1 представлена модернизированная коптильная камера электрокоптильной установки.

При усовершенствовании серийной электрокоптильной установки «Москит» УЭК-1 был демонтирован встроенный дымогенератор, который первоначально находился в нижней части установки. Вместо удаленного дымогенератора установлено устройство для подачи дыма в коптильную камеру (рисунок 1, позиция 2). В верхней части этого устройства (труба диаметром 80 мм) располагаются отверстия для истечения и распределения

копильного дыма по всему объёму копильной камеры. Диаметр этих отверстий увеличивается от более мелких в центре до более крупных к краям устройства (2). Это повышает равномерность подачи дыма в копильную камеру. В середине трубы, снизу, вварен патрубок (3) для подачи дыма.

Копильный дым в усовершенствованной установке электростатического копчения производится в генераторе дыма новой конструкции. Это устройство располагается на определенном расстоянии от камеры копчения и соединяется с ней дымопроводом достаточной длины. За счет этого обеспечивается охлаждение копильного дыма до значения, позволяющего проводить копчение рыбы холодным способом (не выше +40 °С). Дымогенератор (рис. 2) изготовлен из металла толщиной 2 мм и представляет собой ящик размерами 150×300×150 мм. С передней стороны генератора дыма находится крышка (4), через которую производится загрузка дымообразующего сырья и выгрузка золы. Положение крышки (заслонки) обеспечивает регулирование доступа воздуха в зону образования дыма. На верхней поверхности устройства закреплен патрубок (5) для передачи дымовой смеси от дымогенератора в копильную камеру.

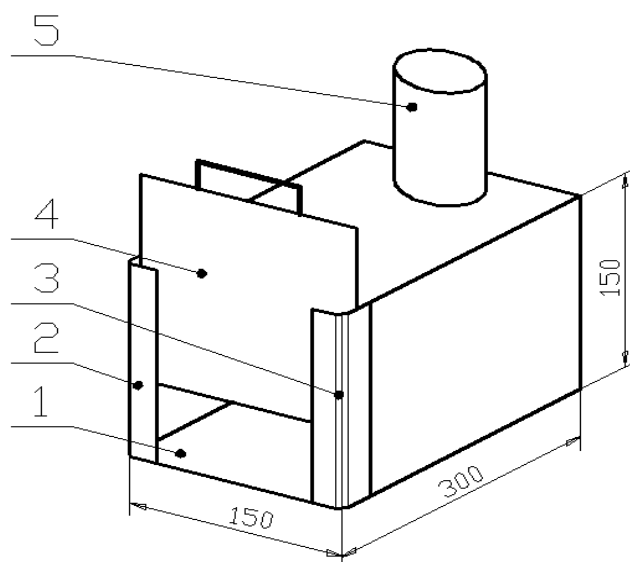


1 – корпус коптильной камеры; 2 – труба для равномерной подачи дыма в коптильную камеру; 3 – патрубок для подвода дыма; 4 – блокировочное устройство; 5, 8 – изоляторы высокого напряжения; 6 – рабочий, положительный электрод; 7 – коронирующий, отрицательный электрод; 9 – крышка коптильной камеры

Рис. 1. Модернизированная коптильная камера установки электростатического копчения

Начальное образование дыма происходит за счет косвенного подогрева дымообразующего сырья с помощью трубчатого электронагревательного элемента (ТЭНа) закрепленного на дне устройства. Температура поверхности ТЭНа отрегулирована на значение 350...400 °С, которая считается наиболее благоприятной температурой, для образования коптильного дыма высокого качества [2, 3].

От дымогенератора коптильный дым подается в дымопровод, где происходит его охлаждение во время транспортировки к коптильной камере.



1 – корпус дымогенератора; 2, 3 – уголки, для крепления заслонки;
4 – заслонка; 5 – патрубок для отвода коптильного дыма

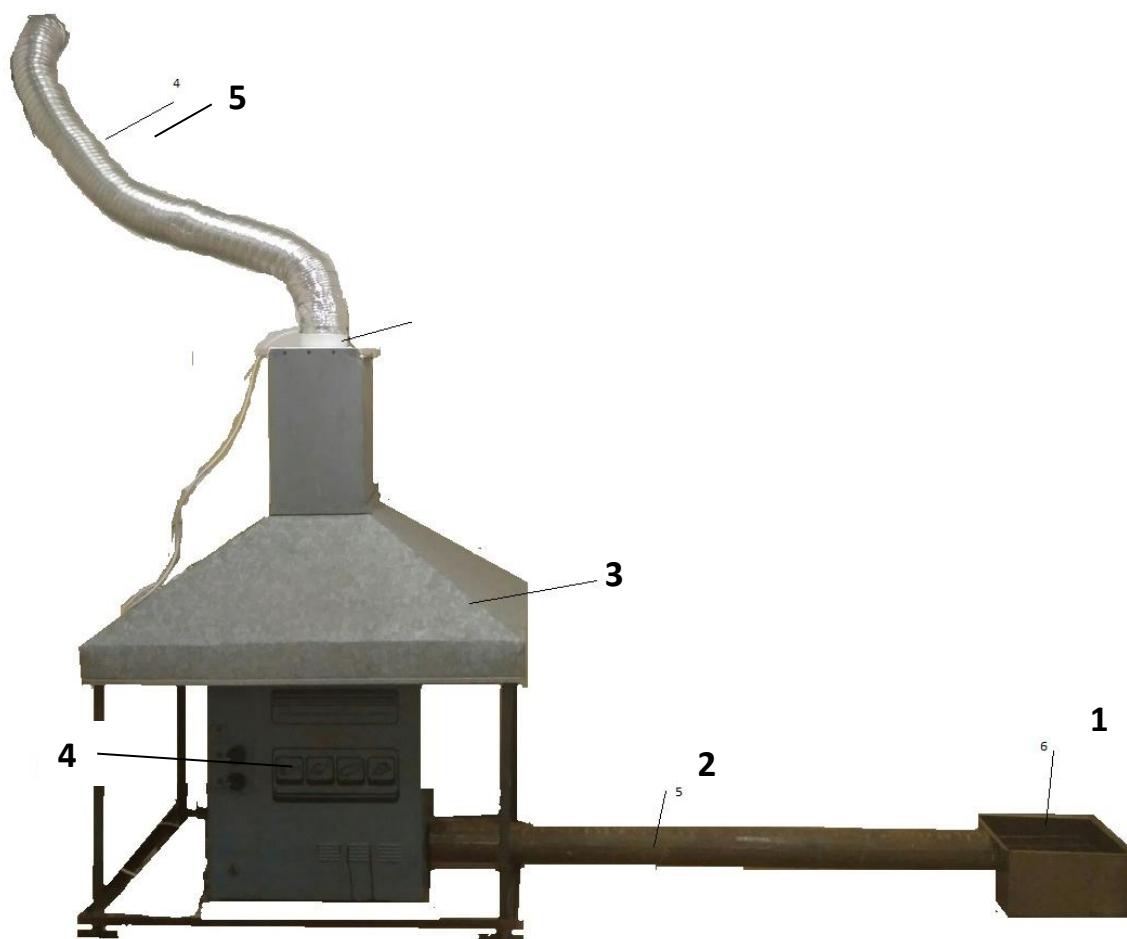
Рис. 2. Конструкция дымогенератора

Дымопровод изготовлен из металлической трубы диаметром 60 мм, толщина стенок составляет 2 мм. Дымопровод обеспечивает снижение температуры дымовоздушной смеси в коптильной камере до приемлемых для холодного копчения значений температур, не превышающих + 40 °С.

Температура дыма на входе в коптильную камеру напрямую зависит от многих условий: конструкции дымопровода (длины, формы сечения, толщины стенок, шероховатостей поверхностей, угла наклона), скорости перемещения дыма и его концентрации, микроклимата в помещении.

В этих условиях теоретически рассчитать процесс охлаждения дыма довольно сложно. Для решения указанной задачи нами была изготовлена экспериментальная установка (рис. 3). Основными узлами которой являются: 1) выносной дымогенератор; 2) дымопровод; 4) установка электростатического копчения.

Были проведены опыты, во время которых производились измерения температуры дыма в коптильной камере, в месте нахождения обрабатываемого продукта (рыбы). При проведении исследований поддерживалась оптимальная температура пиролиза в дымогенераторе, равная 350...400 °С. В ходе испытаний менялась длина дымопровода путем установки отрезков трубы диаметром 60 мм различной длины.



1 – выносной дымогенератор; 2 – дымопровод (труба); 3 – зонд для сбора отработанного дыма; 4 – установка электростатического копчения;
5 – воздуховод для отвода дыма

Рис. 3. Внешний вид экспериментальной установки

Экспериментальное соотношение между температурой дымовоздушной смеси в камере для копчения и длиной дымопровода изображено на рисунке 4. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что для обеспечения режима холодного копчения рыбы на модернизированной электрокопильной установке, изготовленной на базе устройства «Москит» УЭК-1 необходимо использовать выносной дымогенератор и дымопровод длиной не менее 2,5 метров. В качестве дымопровода можно использовать металлическую трубу диаметром 60 мм с толщиной стенок равной 1,5...2 мм.

Заводская серийная электрокопильная установка «Москит» УЭК-1 имеет режим непрерывного копчения (источник высокого напряжения при копчении постоянно включен). Это приводит к тому, что рыба прокапчивается неравномерно, больше копильных веществ оседает на продукте,

находящемся в нижней части коптильной камеры, ближе к источнику подачи дыма.

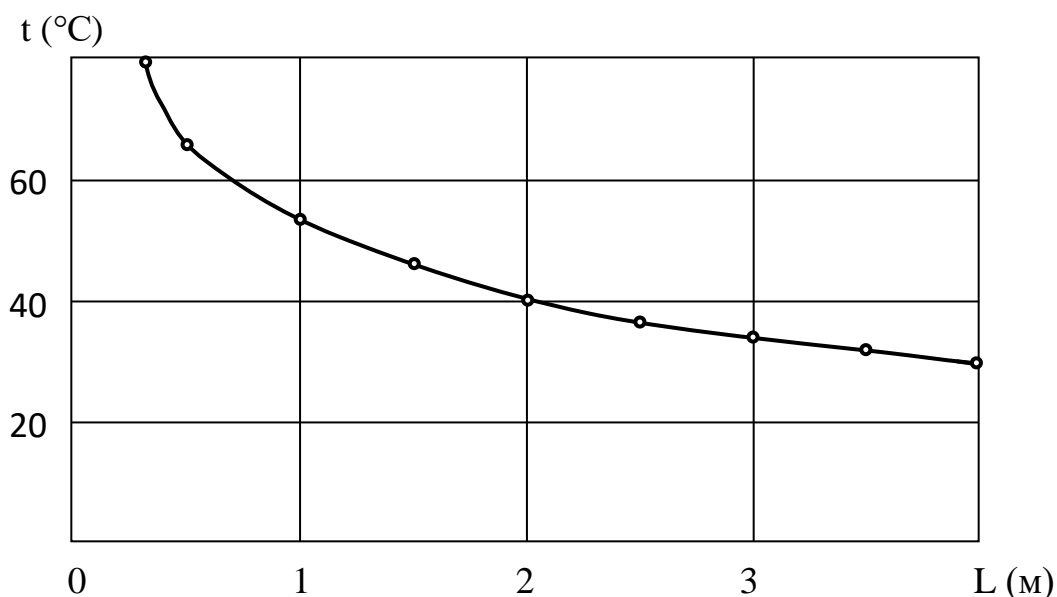
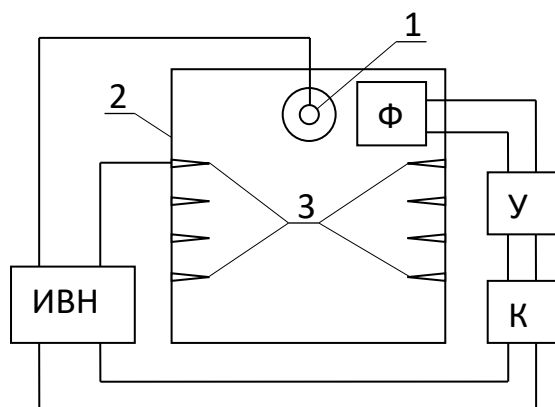


Рис. 4. Зависимость температуры дыма (t) от длины дымопровода (L)

Для того, чтобы обеспечить равномерное прокапчивание рыбы при эксплуатации электростатической установки «Москит» УЭК-1 рекомендуется подавать высокое напряжение на коронирующие электроды устройства не постоянно, а периодически по мере заполнения дымом коптильной камеры. На серийной установке «Москит» УЭК-1 делать это предполагается вручную, визуально определяя заполнение коптильной камеры дымом через её прозрачную верхнюю крышку.



1 – положительный электрод; 2 – коптильная камера; 3 – отрицательный коронирующий электрод; ИВН – источник высокого напряжения; Ф – фотореле; У – усилитель; К – коммутационный аппарат
Рис. 5. Схема управления электростатической коптильной установки

Нами предлагается к внедрению схема управления работой модернизированной коптильной камеры, позволяющая автоматически подавать напряжение на коронирующие электроды установки. За счет этого обеспечивается повышение равномерности осаждения частиц коптильного дыма на поверхность продукта, что значительно улучшает качество рыбы холодного копчения.

Включение источника высокого напряжения (ИВН) происходит только после полного заполнения коптильной камеры дымом и выравнивания его концентрации по всему объёму. В этом случае фотореле (Ф) формирует команду, запускающую процесс электрокопчения, который продолжается порядка 2...3 секунд. После чего (ИВН) отключается, камера снова заполняется дымом, далее процесс повторяется. Общая продолжительность обработки продукта дымом составляет для мойвы 5...7 минут, для скумбрии и сельди весом 300 грамм – 20 минут [5, 6], после чего он направляется на созревание.

Выводы

1. Обоснована целесообразность использования в современных условиях технологии электростатического способа копчения рыбы холодным способом.

2. Обоснован выбор базовой установки: устройства электростатического копчения «Москит» УЭК-1 и произведена модернизация камеры для

копчения, внедрен новый дымогенератор и схема автоматического управления.

3. Произведены испытания усовершенствованной электрокопильной установки и оптимизированы её конструкция и режимы работы.

Список используемых источников

1. Воскресенский Н.А. Посол, копчение и сушка рыбы. М.: Пищевая промышленность, 1966. 548 с.
2. Воскресенский Н.А., Логунов Л.Л. Технология рыбных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1968. 424 с.
3. Мезенова О.Я., Ким И.Н., Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. М.: Колос, 2001. 208 с.
4. Варфоломеев Ю.Н. Перспективы использования ЭИТ в процессах копчения сельскохозяйственной продукции // Вестник ТГСХА. 2006. № С. 37-39.
5. Селунский В.В. Модернизация электростатической копильной установки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005, № 8.
6. Буторин В.А., Селунский В.В., Банин Р.В., Ябыков К.Ж. Оптимизация электростатического способа копчения рыбы // АПК России. 2018. Т. 25. № 1. С. 89-96.
7. Рыба и рыбные продукты. Рыба копченая, вяленая и сушеная // Государственные стандарты. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. 154 с.
8. Устройство электростатического копчения УЭК-1 «Москит». Руководство по эксплуатации. Северодвинск: завод «Полярная звезда», 2015. 64 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

*Тельманова Е.Д. – к.п.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный горный университет»*

*Чернеев П.П. – аспирант, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
горный университет»*

Аннотация

В статье представлен сравнительный анализ различных подходов к определению оптимального проектного решения. Выполнена систематизация основных и дополнительных критериев эффективности. Сформирована особая группа критериев, позволяющих решать задачи выбора наилучшего проекта распределительной городской сети.

Сложность принятия оптимальных проектных решений в распределительных городских сетях обусловлена большим количеством ограничивающих факторов и критериев эффективности. От правильности таких решений зависит надежность и эффективность электроснабжения потребителей, достаточная гибкость электрической сети, которая должна обеспечивать планирование перерывов для обслуживания и ее реконфигурацию при возникновении необходимости, а также, возможность модернизации системы электроснабжения населенного пункта. Поэтому усовершенствование алгоритмов и методов принятия проектных решений является актуальной задачей для любой электросетевой компании, осуществляющей передачу электроэнергии и технологическое присоединение потребителей к городским электросетям.

Маркерами правильности принятого проектного решения могут стать различные основания.

Экономическим основанием, по мнению ученых Туран Г., Окада М., Онуши Т., Обара Ш., является решение, отвечающее всем техническим характеристикам и прочим имеющимся требованиям, при которых затраты на реализацию проекта будут наименьшими [10, 11].

С позиций системной инженерии исследователь Уильям С. Кроссли предлагает оптимальное проектное решение, обеспечивающее достижение

максимальных или минимальных установленных целевых параметров, при этом соблюдаются определенные ограничения [12].

П. Каримян и Д. Херрман в своем научном исследовании утверждают, что оптимизация определяет значения переменных проекта таким образом, чтобы с учетом ограничений было оптимизировано его целевое назначение, а производительность осталась на требуемом уровне [6].

Новый многокритериальный алгоритм оптимизации большого количества компонентов предложено использовать учеными Р. Лиагати, Т. Маццуки и Ш. Саркани. Предлагаемый многоцелевой алгоритм оптимизации основан на методе MaxMin, ранее предложенном для оптимизации набора эталонных функций и для проектирования ПИД-регуляторов, нацеленных на отслеживание заданных значений и подавление выходных помех. Исследователи предлагают рассматривать оптимизацию как максимизацию функции, описывающей производительность системы, с учетом ограничений [7].

По результатам углубленного анализа контента различных источников, посвященных методам и стратегиям оптимизации Мачлев Р. и Заргари Н. сделали вывод, что оптимизацию надо понимать, как максимизацию эффективности и надежности энергосистемы [8].

Немецкие исследователи Вилке К., Бенсманн А., Мартин С., в результате анализа методов оптимизации моделей районных энергетических систем пришли к выводу, что оптимальным является такое решение, при котором конфигурация системы соответствует набору эталонных параметров и характеристик [13].

Существует множество факторов, влияющих на принятие оптимального решения в ходе проектирования распределительных городских сетей. Обусловлены они большим количеством технических, экономических, экологических, социальных критериев, а также критериев надежности, качества электроэнергии и перспектив развития сети. При этом в проектной практике все критерии, за исключением экономических учитываются в форме ограничений. В результате, на практике, задача проектирования электрических сетей сводится к принятию решения только по одному экономическому критерию [5]. Тем не менее решить задачу выбора оптимальной конфигурации электрической сети по единственному экономическому критерию не представляется возможным, ввиду

динамического характера нагрузок, а также ее нелинейности и дискретности [1]. В этих условиях задача оптимизации проектного решения преимущественно заменяется сравнением технико-экономической эффективности двух-трех вариантов проектных решений.

Рассмотрим технические, экономические, экологические и социальные критерии, которые учитываются при проектировании распределительных электрических сетей в целом.

Критерии технической эффективности следующие:

- номинальное напряжение сети максимальный ток в нормальном режиме;
- максимальный ток в послеаварийном режиме;
- максимальная мощность в нормальном режиме (активная, реактивная, полная);
- максимальная мощность в послеаварийном режиме (активная, реактивная, полная);
- коэффициент мощности (активной и реактивной);
- сопротивление участка сети (полное, активное и реактивное);
- проводимость участка сети (полное, активное и реактивное);
- сечение проводов и жил кабелей;
- удельное активное и реактивное сопротивление проводов и жил кабелей;
- протяженность участка сети;
- сопротивления электрооборудования.

Актуальные технические критерии, которые необходимо учитывать при проектировании городской электрической сети:

- техническое обслуживание;
- эксплуатационная гибкость;
- оборудование системами релейной защиты;
- оборудование системами автоматизации технологического процесса (автоматизированные системы учета, телемеханики, сигнализации и т. д.).

Критерий экономической эффективности

В качестве экономического критерия до настоящего времени используют функцию приведенных затрат. При этом сравниваются следующие показатели: продолжительность расчетного периода, капитальные вложения, издержки и приведенные затраты. Жесткой методики по определению данного экономического критерия не существуют [1]. В качестве продолжительности расчетного периода принимают физический срок службы объекта или полезной службы – 5-15 лет, а это намного меньше предположительного срока службы.

Динамические приведенные затраты рассчитываются для выбора варианта развития электрической сети [1, 5, 6].

Статические приведенные затраты рассчитываются, если капитальные вложения в электрическую сеть вкладываются в первый год единовременно, после чего дополнительные капиталовложения не вносятся. При этом система электроснабжения выходит на стационарный режим с неизменными ежегодными показателями [1, 5, 6]. Использовать статические приведенные затраты в качестве экономического критерия при проектировании распределительной городской сети не целесообразно, т. к. городское строительство проходит в несколько этапов, и капитальные вложения используются в течении всех эти этапов. Кроме того, ежегодные эксплуатационные расходы не будут постоянными в течение всего рассматриваемого периода эксплуатации сети.

Наиболее актуально при оценке экономического критерия городской сети – это определять абсолютную эффективность капиталовложений, для расчета которой можно использовать метод интегральных приведенных затрат [1, 4].

Критерий надежности

Надежность распределительных электрических сетей определяется нормативно-технической документацией, содержащей требования, предъявляемые к резервированию, количеству цепей и трансформаторов на подстанциях, схемам присоединения подстанции к сети [1,9]. В целом при проектировании электрических сетей учитываются только аварийные отключения потребителей. При этом предусматривается одновременность вывода в ремонт оборудования электрических сетей и потребителей. Если согласование сроков ремонтов оборудования невозможно, то критерий

надежности определяется как сумма расчетных затрат и математических ожиданий ущербов от перерывов в электроснабжении из-за вынужденных и плановых простоев [1].

Критерий качества электроэнергии

Для оценки критерия качества учитывают те технико-экономические показатели, которые учитывают ущерб, возникающий вследствие поставок и потребления некачественной электроэнергии [1, 3, 9]. Показатели качества электроэнергии нормируются ГОСТ 32144-2013 [2]. Но при необходимости, дополнительно, показатели качества нормируются договорами между электроснабжающими предприятиями и потребителями электроэнергии. На практике при проектировании электрических сетей учитывают только показатель отклонения напряжения.

Экологические критерии

Экологический критерий нормируется санитарными нормами и правилами по эксплуатации электросетевых объектов. На основе этих правил осуществляется нормирование выбросов с электростанций, разрабатываются правила сооружения трасс и площадок для сооружения подстанций [1].

Исследования Турана Г. показали, что для минимального влияния объектов электроэнергетики на окружающую среду экологический критерий должен содержать такие факторы, как минимальное влияние электромагнитного поля, конструкция и местоположение энергетического объекта [11]. Такое содержание критерия позволяет учесть экологические аспекты проектируемой городской сети.

Социальные критерии

С помощью социального критерия учитывается влияние политики государства на установление тарифов на электроэнергию, факторы риска для населения от строящихся объектов, качественное обеспечение электроэнергией удаленных сельскохозяйственных потребителей.

Тем не менее для принятия наилучшего решения при проектировании городских электрических сетей необходимо учитывать:

- повышенные архитектурно-эстетические требования при строительстве энергетических объектов на территории городов;
- численность населения вблизи действия объекта;
- объем строительства и сноса строений;

- уровень социального обеспечения населения [1].

Дополнительно можно учесть следующие критерии:

- критерий перспективы развития сети;
- критерий технического перевооружения;
- критерий удобства и безопасности эксплуатации.

Анализ вышеприведенных критериев позволяет выделить особую группу критериев, позволяющих принять оптимальное решение при проектировании распределительных городских сетей (табл.1).

Табл. 1

Критерии для проектирования распределительных городских сетей

№	Группа	Составляющие критерии
1.	Критерии технической эффективности	<ul style="list-style-type: none"> – техническое обслуживание; – эксплуатационная гибкость; – оборудование системами релейной защиты; – оборудование системами автоматизации технологического процесса (автоматизированные системы учета, телемеханики, сигнализации и т. д.).
2.	Критерий экономической эффективности	абсолютная эффективность капиталовложений
3.	Экологические критерии	<ul style="list-style-type: none"> – минимальное влияние электромагнитного поля; – оптимальные конструкция и местоположение энергетического объекта
4.	Социальные критерии	<ul style="list-style-type: none"> – повышенные архитектурно-эстетические требования при строительстве энергетических объектов на территории городов; – численность населения вблизи действия объекта; – объем строительства и сноса строений; – уровень социального обеспечения населения.

Сформированная группа критериев расширяет широко используемые критерии эффективности для проектирования распределительных сетей. Поэтому многокритериальный алгоритм оптимизации большого количества компонентов, основанный на методе MaxMin можно применить для дальнейшей разработки алгоритма оценки проектных решений, выбора топологии городских электрических сетей, режимов работы, характеристик кабельно-проводниковой продукции и электрооборудования, а также для прогнозирования результатов реализации проекта.

Список используемых источников

1. Ананичева С.С., Мезенцев П.Е., Мызин А.Л. Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2014. 148 с.
2. ГОСТ 21128-83. Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической сети. Номинальные напряжения до 1000 В: дата введения с 1984-07-01. / Государственный комитет СССР по стандартам. Изд. официальное. Москва: Стандартинформ, 1983.
3. Макарова Е. Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ: справочник / Е. Ф. Макарова. М.: Папирус ПРО, 2003. 622 с.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК РФ по стр-ву, архит. и жил. политике. М.: ОАО «НПО» Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
5. Hulett J. P. Transthetics // Journal of Power Division (American Society of Civil Engineers). 1972. Vol. 98. No. 1. P.901-912.
6. Karimian P., Herrman J. W. Separating Design Optimization Problems into Decision-Based Design Processes // ISR Technical report. 2009. Vol. 131. [Электронный ресурс]. URL: https://user.eng.umd.edu/~jwh2/papers/detc2009/DETC_2009-86462.pdf (дата обращения: 24.12.2022).
7. Liaghati H. R. Utilizing a maximin optimization approach to maximize system resiliency // Wiley Periodicals, Inc. – System Engineering. 2021. Vol. 24. P. 144-157.
8. Machlev R, Zargari N., Chowdhury N. R., Belikov J., Levron Y. A review of optimal control methods for energy storage systems – energy trading, energy balancing and electric vehicles // Energy Storage. 2020. Vol. 32. P. 101-117.
9. Meckiff, C., J. T. Boardman, I. Richards, J. R. Green. Comparative analysis of heuristic synthesis methods for electricity transmission networks // IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. 1978. Vol. 98. P. 187-196.
10. Okada M., Onishi T., Obara S. A design algorithm for an electric power system using wide-area interconnection of renewable energy // Journal Energy. 2020. Vol. 193. P. 447-461.
11. Turan G. Electrical power transmission system engineering: analysis and design. Turan Gönen 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009. 878 p.

12. William A. Crossley. Optimization problem formulation framework with application to engineering systems // Wiley Periodicals, Inc. System Engineering. 2018. Vol. 20. – P. 512-528.

13. Wilke C., Bensmann A., Martin S., Utz A., Hanke-Raschenbach R. Optimal design of a district energy system including supply for fuel cell electric vehicles // Applied Energy. 2018. Vol. 226. P. 129-144.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

*Федорова Г.С. – магистрант, преподаватель, ФГБОУ ВО
«Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»*

Аннотация

В статье рассматриваются общие сведения светоизлучающего диода и его применение в различных областях, преимущества и недостатки. Также показано применение светодиодов в качестве источников искусственного освещения. Разработанная установка, состоящая из 112 светодиодов, позволяет в короткие сроки получить высокий урожай зеленных культур.

Светоизлучающий диод (LED) – это полупроводниковый прибор, который излучает свет, когда через него проходит электрический ток. Светодиоды позволяют току течь в прямом направлении и блокируют ток в обратном направлении [1]/

Светодиоды имеют широкий спектр применений, начиная от мобильного телефона и заканчивая большими рекламными щитами. В основном они находят применение в устройствах, которые показывают время и отображают различные типы данных.

Светодиоды представляют собой диоды с p-n переходом. В зависимости от используемого полупроводникового материала и количества легирования светодиод будет излучать цветной свет с определенной спектральной длиной волны при прямом смещении. Не все светодиоды изготавливаются с куполом полусферической формы для их эпоксидной оболочки. Некоторые индикаторные светодиоды имеют прямоугольную или цилиндрическую форму, которая имеет плоскую поверхность сверху, или их корпус имеет

форму полосы или стрелки. Как правило, все светодиоды изготавливаются с двумя ножками, выступающими из нижней части корпуса.

Обозначение светодиода является стандартным символом диода с добавлением двух маленьких стрелок, обозначающих излучение света (рис.1).

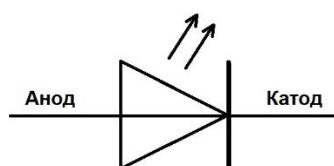


Рис. 1. Обозначение светодиода

На рисунке 2 представлена простая схема светодиода. Она состоит из светодиода, источника напряжения и резистора для регулирования тока и напряжения. Светоизлучающий диод включает в себя две клеммы, где длинный вывод должен быть подключен к положительной клемме аккумулятора, чтобы ток подавался от длинного к короткому выводу по всему светодиоду.

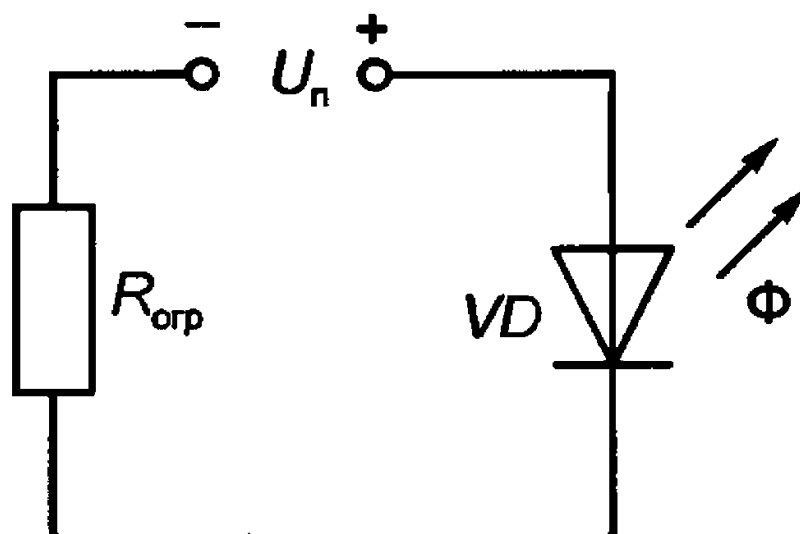


Рис. 2. Схема подключения светодиода

Поскольку светодиод должен подключаться к источнику питания в режиме прямого смещения, его ток должен быть ограничен с помощью последовательного резистора для защиты от чрезмерного протекания тока. Поэтому ни в коем случае не стоит подключать светодиод непосредственно к батарее или источнику питания, так как он почти мгновенно выйдет из строя, поскольку через него пройдет слишком много тока и он погаснет.

Когда диод смещен в прямом направлении, неосновные электроны отправляются из $p \rightarrow n$, а неосновные отправляются из $n \rightarrow p$. На границе перехода концентрация неосновных носителей увеличивается. Избыточные неосновные носители на стыке комбинируют с основными носителями заряда (рис. 3).

Энергия выделяется в виде фотонов при рекомбинации. В стандартных диодах энергия выделяется в виде тепла. Но в светодиодах энергия выделяется в виде фотонов. Это оптическое и электрическое явление называется электролюминесценцией, при которой материал излучает свет в ответ на проходящий через него электрический ток. По мере увеличения прямого напряжения интенсивность света увеличивается и достигает максимума (рис. 3).

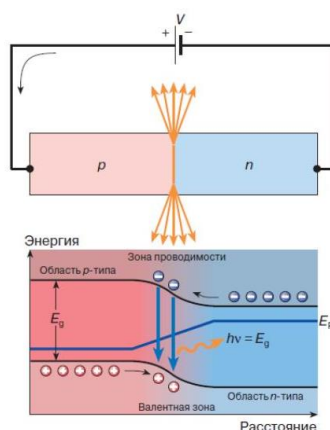


Рис. 3. Принцип работы светодиодов

Цвет светодиода определяется материалом, из которого изготовлен полупроводниковый элемент. Двумя основными материалами, используемыми в светодиодах, являются сплавы алюминия, галлия, фосфида индия и сплавы нитрида индия, галлия. Алюминиевые сплавы используются для получения красного, оранжевого и желтого света, а сплавы индия используются для получения зеленого, синего и белого света. Незначительные изменения в составе этих сплавов меняют цвет излучаемого света.

Фактический цвет светоизлучающего диода определяется длиной волны излучаемого света, которая, в свою очередь, определяется фактическим полупроводниковым соединением, используемым при формировании p-n-перехода во время изготовления.

Поэтому цвет света, излучаемого светодиодом, не определяется цветом пластикового корпуса светодиода, хотя они слегка окрашены как для усиления

светового потока, так и для обозначения его цвета, когда он не освещается от источника питания.

Недавно разработанные светодиоды синего и белого цветов также доступны, но они, как правило, намного дороже обычных стандартных цветов из-за производственных затрат на смешивание двух или более дополнительных цветов в точном соотношении внутри полупроводникового соединения, а также путем введения атомов азота в кристаллическую структуру во время процесса легирования.

Светоизлучающие диоды чрезвычайно чувствительны, и поток тока через этот диод очень значителен. Яркость светодиода в основном зависит от тока, проходящего через светодиод. Интенсивность света в основном зависит от протекания тока, когда этот ток будет максимальным, тогда интенсивность выходного света будет высокой.

Каждый светодиод может быть рассчитан на максимальный прямой ток, который надежно подается по всему нему, не повреждая диод. Например, номинальный ток 5-миллиметровых светодиодов составляет 20 мА-30 мА, тогда как 8-миллиметровые светодиоды включают 150 мА.

Светодиоды находят применение в различных областях, включая оптическую связь, системы сигнализации и безопасности, операции с дистанционным управлением, робототехнику и т. д. Они находят применение во многих областях благодаря своей долговечности, низкому энергопотреблению, быстрому времени отклика и быстрому переключению. возможности.

Благодаря своим преимуществам таким, как потребление меньше энергии по сравнению с другими лампами, монохроматический испускаемый свет, долговечность и прочность, особое применение светодиоды нашли в дополнительном освещении растений.

При искусственном освещении (досвечивании) растений стоит учитывать, что каждый тип любых культур требует различного сочетания интенсивностей и продолжительностей излучений. Поэтому для получения максимального урожая необходимо тщательно подбирать интенсивность и режим освещения (досвечивания) для каждого вида растений.

На рисунке 4 представлена установка, состоящая из 112 светодиодов (64 красного спектра и 48 синего спектра излучения). Мощность одного светодиода составляет 3 Вт. Подобное соотношение между количествами

указанных светодиодов выбрано для обеспечения равенства их суммарных световых потоков, так как мощность каждого из красных светодиодов меньше, чем у каждого из синих светодиодов [2]. Научная новизна разработки подтверждается патентом [5].

Возможны следующие режимы установки, которые переключаются вручную с помощью кнопок на панели управления:

- 1) совместное включение всех светодиодов на полную мощность;
- 2) включение только красных светодиодов с возможностью регулирования светового потока;
- 3) включение только синих светодиодов с возможностью регулирования светового потока;
- 4) совместное включение всех светодиодов с отрегулированными во втором и третьем режимах световыми потоками.



Рис. 4. Установка с регулятором световых потоков светодиодов

Выяснилось, что при первом режиме установка имеет мощность 65 Вт, а при втором – 31Вт. За счет оптимизации параметров светодиодов снизились затраты на электроэнергию в 2 раза.

Например, по сравнению с люминесцентной лампой FotokvantBFL-45 мощностью 45 Вт потребляет за месяц 1620 рублей, а светодиодная установка за такое же время – 1116 рублей. Причем применение люминесцентной лампы не даст такого урожая, как при светодиодном досвечивании, даже если установить больше одной такой лампы при выращивании растений [4].

Излучающая характеристика светодиода – это эффективность работы светодиода, которая определяется зависимостью параметров оптического излучения от прямого тока через элемент от длины волны излучения [1], а зависимость силы света от прямого тока называют световой характеристикой.

Не смотря на явные преимущества, светодиод имеет недостатков:

- высокая стоимость;
- чувствительность к напряжению;
- зависимость от температуры;
- тепловые эффекты;
- большое расхождение луча.

Подводя итог, замечу, что регулирование интенсивности и спектрального состава светодиодов до сих пор остается актуальным. Также несмотря на то, что светодиоды относят к малоопасным отходам, некорректное обращение к утилизации светодиодных ламп может нанести вред человеку и окружающей среде. Поэтому строго запрещено данные лампы утилизировать в простые мусорные контейнеры, а при установке и применения светодиодов необходимо четко соблюдать правила эксплуатации светодиодных изделий.

Список использованных источников

1. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие Санкт-Петербург: Лань, 2020. 596 с.
2. Корнилова Г.С., Егоров М.Ю. Влияние интенсивности света на продуктивность зеленных культур при смешанном спектре (на примере кресс-салата) // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(40). С. 55-61.
3. Корнилова Г.С. Герасимова О.А. Экспериментальная установка для выращивания рассады в домашних условиях // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. 2020. С. 102-104.
4. Корнилова Г.С., Карасева Т.Н., Герасимова О.А. Влияние светодиодного досвечивания на рост и развитие зеленых культур // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса. 2020. С. 242-245.

5. Устройство для досвечивания рассады // Патент России № 201154. 2020 / В.А. Шилин, О.А. Герасимова, С.В. Соловьев [и др.].

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Шубина В.А. – магистрант, ФГБОУ ВО «СамГТУ»

Добросотских А.С. – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «СамГТУ»

Аннотация

Данная статья посвящена исследованию токов короткого замыкания, возникающих в электроэнергетических системах, и устройству по их ограничению. Оно включает в себя токоограничивающий реактор, первичная обмотка которого последовательно включена в защищаемую сеть, тиристорный ключ, управляющий вход которого соединен через блок управления с измерительным блоком. Также для предотвращения самопроизвольного включения тиристоров, параллельно тиристорам подключаются снабберные конденсаторы и ограничитель перенапряжений. Первичная и вторичная обмотка токоограничивающего реактора электрически не связаны. В работе описывается принцип работы данного устройства. Предназначение данного устройства заключается в ограничении токов короткого замыкания в электроэнергетических системах и как следствие, в повышении надежности их работы.

Электроэнергетическая система может находиться в различных режимах работы: нормальном, аварийном, послеаварийном, ремонтном. Аварийный режим, как правило, является кратковременным, а остальные режимы могут быть продолжительными. Короткое замыкание в электроэнергетических системах является причиной, по которой состояние энергосистемы становится аварийным.

Существует четыре вида коротких замыканий: однофазное, двухфазное, двухфазное на землю и трехфазное. Самый распространённый вид короткого замыкания- однофазное КЗ.

Вероятность короткого замыкания зависит от класса напряжения сети и вида короткого замыкания.

На рисунке 1 [1, с. 9] представлена диаграмма, на которой приведены данные ПАО «ФСК ЕЭС» за 2019 г. по коротким замыканиям, происходившим на подстанциях 220 кВ и 500 кВ. Эти данные были получены с регистраторов

аварийных событий. По этим данным можно установить, что короткие замыкания происходят в среднем каждые 56 часов в год.

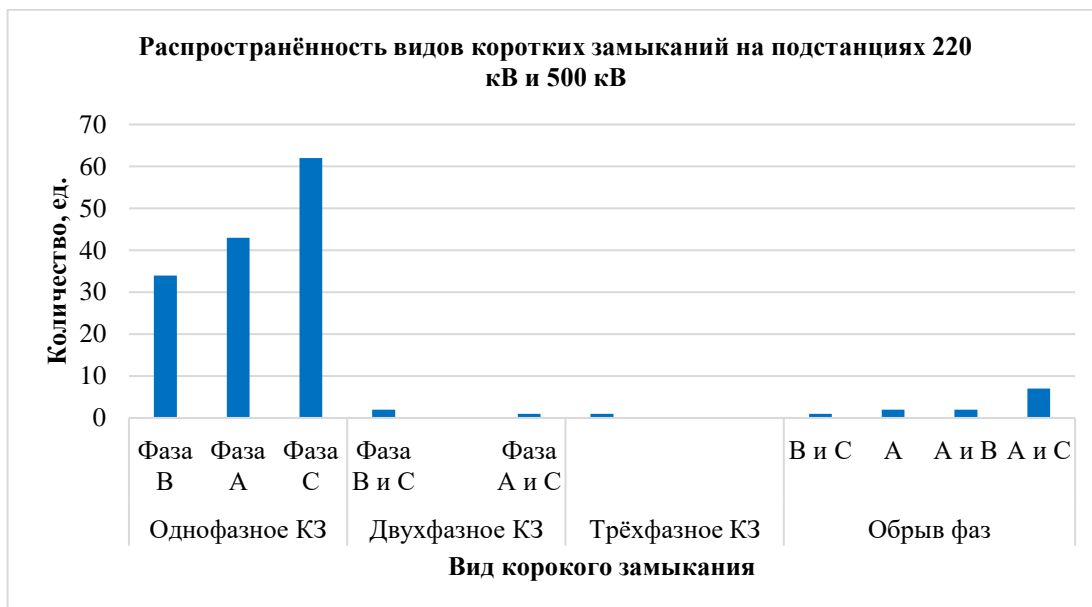


Рис. 1. Диаграмма распространённости видов коротких замыканий на подстанциях 220 и 500 кВ

Анализируя данную диаграмму, можно прийти к выводу, что самый распространённый вид короткого замыкания является однофазное КЗ (как указывалось выше).

Причины, по которым возникают короткие замыкания, могут быть различные. Например, нарушения изоляции электрооборудования, неправильные действия персонала при работах в электроустановках, перекрытия изоляции из-за перенапряжений и другие. Короткие замыкания влияют не только на работу электротехнического оборудования, но и на электроэнергетическую систему в целом. Поэтому короткие замыкания должны ликвидироваться.

В настоящее время известно большое количество устройств, предназначенных для ограничения токов короткого замыкания в электрических сетях. Одним из таких устройств является устройство, описанное в [2]. На рисунке 2 представлена схема этого устройства, и оно включает в себя: токоограничивающий реактор – 1, первичная обмотка которого включается в линию, а вторичная обмотка подключается к встречно-параллельно включенным тиристорам – 2. Тиристоры подключаются к блоку

управления – 3, вход которого соединен с выходом измерительного блока, который представлен трансформатором тока – 4. В нормальном режиме работы тиристоры заперты. При появлении в линии коротких замыканий происходит срабатывание блока управления, который контролирует ток при помощи измерительного блока, и подаёт отпирающие сигналы на тиристоры. Тиристоры отпираются и включают в линию вторичную обмотку. В результате этого индуктивное сопротивление первичной обмотки увеличивается и ограничивает короткое замыкание [2].

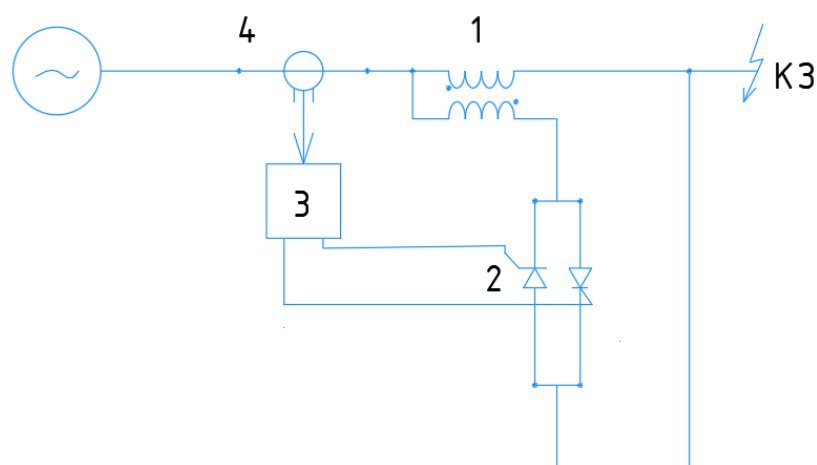


Рис. 2. Устройство для ограничения токов короткого замыкания в сети переменного тока): 1 - токоограничивающий реактор, 2 – тиристоры, 3 – блок управления, 4 – трансформатор тока

На рисунке 3 представлено данное устройство, но дополненное и усовершенствованное.

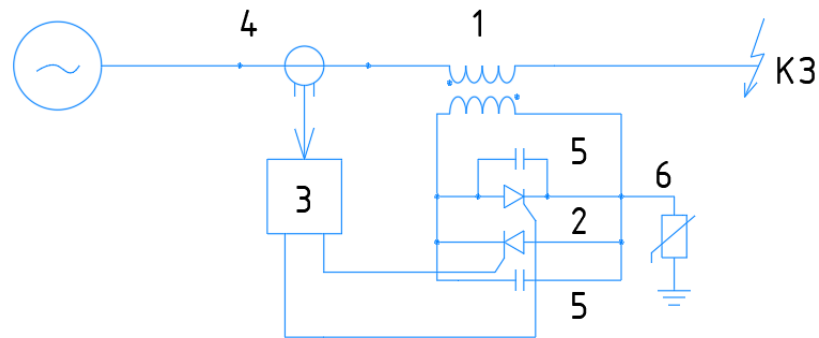


Рис. 3. Схема модели устройства для ограничения токов короткого замыкания в сети переменного тока: 1 - токоограничивающий реактор, 2 – тиристоры, 3 – блок управления, 4 – трансформатор тока, 5 – снабберные конденсаторы, 6 – ограничитель перенапряжений

Главная цель работы заключается в повышении надёжности работы устройства для ограничения токов короткого замыкания в сети переменного тока. Увеличение надёжности достигается путём развязки электрически высоковольтной части и вторичной обмотки токоограничивающий реактор, а также установкой снабберных конденсаторов и ограничителя перенапряжений.

Данное устройство предназначено для защиты электрических сетей от коротких замыканий и включает в себя: токоограничивающий реактор 1 (трансформатор), первичная обмотка которого включена в линию, а вторичная обмотка подключена к первичной обмотке через ячейку 2 встречно-параллельных включенных тиристора. Управляющие электроды тиристоров соединены с выходом блока управления 3. Блок 3 может состоять из ключевого порогового устройства или генератора отпирающих импульсов. Вход блока управления соединен с выходом измерительного блока 4. Блок представлен трансформатором тока. Параллельно тиристорам подключаются снабберные конденсаторы 5. Во вторичном контуре устанавливается ограничитель перенапряжений 6. Первичная и вторичная обмотка не связаны электрической связью.

В нормальном режиме работы (не короткое замыкание) тиристоры ячейки 2 включены и в замкнутом контуре циркулирует ток. Это приводит к возникновению размагничивающего потока в реакторе 1. Таким образом,

индуктивное сопротивление реактора стремится к нулю. Электрический ток проходит по первичной обмотке реактора 1 практически без потерь.

При появлении короткого замыкания на линии, измерительный блок 4 подаёт сигнал на блок управления 3, который подаёт сигнал на отключение тиристоров ячейки 2. В замкнутом контуре прекращает циркулировать ток, что приводит к резкому увеличению индуктивного сопротивления, в первичной обмотке реактора 1 и способствует уменьшению тока короткого замыкания.

Для предотвращения самопроизвольного включения тиристоров, при возникновении ЭДС во вторичной обмотке реактора 1, (во время отключения ячейки 2 тиристоров), параллельно тиристорам подключены снабберные конденсаторы 5, а также во вторичном контуре устанавливается ограничитель перенапряжений 6.

При восстановлении нормального режима, блок управления 3 подаёт сигнал на включение тиристоров ячейки 2.

Заключение: устройство, рассматриваемое в данной работе, выполняет функцию ограничения токов короткого замыкания в электроэнергетических системах, что, в свою очередь, приводит к повышению надежности их работы.

Список используемых источников

1. Ерошенко С.А., Егоров А.О., Сенюк М.Д., Загидулин М.Р., Зиновьев К.А., Хальясмаа А.И. Расчет токов коротких замыканий в энергосистемах: учебное пособие. Урал. фед. ун-т. Екатеринбург, 2019. 104 с.
2. Патент 630704, М.Кл. Н 02Н К 9/02 СССР. Устройство для ограничения тока короткого замыкания в сети переменного тока / С.М. Рожавский, И.В. Гуревич. – № 2427630/24-07; заявл. 09.12.1976; опубл. 30.10.78, Бюл. №40.

ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ И ЭКОЛОГИЯ. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Бессонов Б.А. – студент ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Аннотация

Исчерпаемость запасов углеводородов приводит человечество к необходимости поиска замены двигателям внутреннего сгорания. И данная задача должна быть решена с возможной минимальной экологической нагрузкой. В данной статье рассмотрены основные причины неэкологичности электромобилей. Отдельное внимание уделено сравнению уровня загрязнения окружающей среды между двигателем внутреннего сгорания и электродвигателем.

Ни для кого не секрет, что наша страна является одним из мировых лидеров по объемам добычи нефти (рис. 1). На данный момент насчитывается около 107,2 млрд баррелей разведанной нефти, которая находится преимущественно на Дальнем Востоке, Поволжье и Сибири. Всего насчитывается около 3000 месторождений, из которых используются только 1300, остальные являются резервом или не используются из-за нехватки новых технологий, необходимых для выгодной разработки.

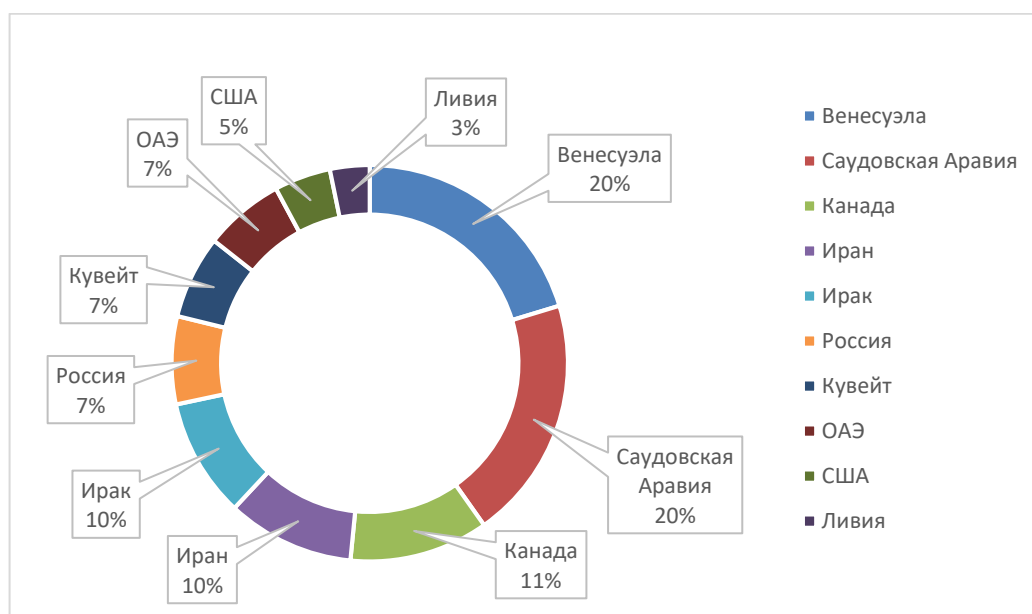


Рис. 1. Мировые запасы нефти, %

По некоторым оценкам [5], многие из этих запасов исчерпали себя на 59%. На основе этих данных глава Минприроды Александр Козлов в 2021 г. сделал заявление о том, что при сохранении текущих темпов добычи нефтяных резервов России хватит от 40 до 100 лет.

Нефть является важным сырьем, поскольку из нее изготавливается бензин, который в свою очередь является топливом для автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). И что же делать автомобилистам через 100 лет? Технологии не стоят на месте и на замену старому бензиновому двигателю пришли автомобили, оборудованные электродвигателями.

Электромобиль по своей сути является транспортным средством, которое работает при помощи электрической тяги [6]. Принцип его работы заключается в том, что электричество от аккумуляторной батареи подается в электродвигатель, который в свою очередь вращает колеса.

Рассмотрим некоторые плюсы электромобилей:

- отсутствие выхлопных газов, что несомненно положительно влияет на чистоту воздуха;
- низкий уровень шума, что увеличивает комфорт жизни в крупных городах;
- безопасность, поскольку центр тяжести автомобиля смещен вниз из-за батареи, что уменьшает шанс перевернуться и дает лучшее управление при резких маневрах;
- динамика электромобиля на порядок выше, поскольку максимальный крутящий момент двигателя достигается на малых оборотах;
- из-за простоты конструкции дешевле становится и ремонт автомобиля и занимает меньше времени.

Выделим также некоторые недостатки:

- ограниченность запаса хода. В среднем у электромобиля он составляет от 200 до 400 километров;
- высокая цена. Средняя стоимость электромобиля на 2021 г. составляла 2-2,5 млн рублей, что в 1,5 раза превосходит среднюю стоимость недорогих автомобилей с ДВС;
- слабая инфраструктура. На данный момент в нашей стране электрозаправки для электромобилей представлены только в крупнейших городах, в остальной же ее части владельцам приходится заряжаться от

собственной розетки в гараже. На трассах заправки представлены только в центральной части России;

– высокая чувствительность аккумуляторов к температуре воздуха. В среднем при 5 градусах емкость батареи снижается на 20%, а уже при -5 градусов – на 40%.

Во многих странах в ближайшем будущем хотят отказаться от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. К примеру, в странах Европейского союза к 2035 году вступит в силу закон о запрете продажи новых автомобилей с ДВС [2]. И если анализировать объем продаж по всему миру, то можно заметить, что количество проданных электромобилей за 2012 г. на текущий период расходятся за неделю. На основании данных Международного Энергетического Агентства (IEA), к концу 2021 г. на дорогах общего пользования находится около 16 млн. электромобилей и подзаряжаемых гибридов, которые в совокупности расходуют 30 ТВт*ч энергии в год, что равняется годовой выработке электроэнергии Ирландии [3].

Как видно из рис.2, крупнейшим потребителем электромобилей во всем мире является Китай. В 2021 г. там было продано около 3,4 млн электрокаров, что больше количества электромобилей, проданных в 2020 г. во всем мире.

На втором месте по объему рынка электромобилей идет Европа. Здесь за 2021 г. было продано около 2,3 млн машин и рост рынка составляет 70%.

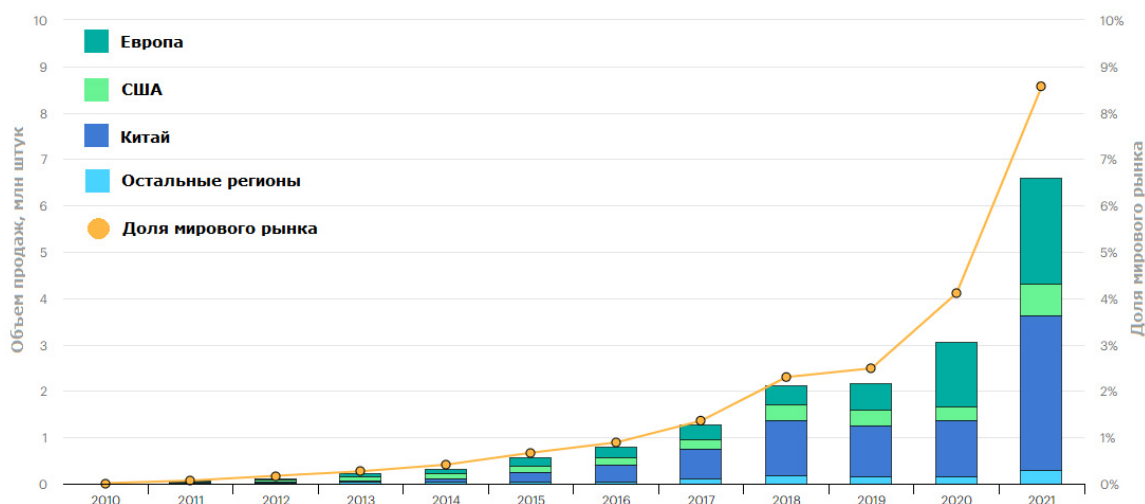


Рис. 2. Мировые продажи электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2010-2021 гг.

Видя такие показатели и рассматривая рекламное описание электромобилей, может создаться впечатление, что они являются «панацеей» для экологии, поскольку не загрязняют окружающую среду. Этот фактор производители данных автомобилей используют для того, чтобы привлечь покупателей и убедить правительство различных стран работать над «озеленением» транспорта. Однако вопрос экологичности данных автомобилей требуют серьезного исследования.

Как уже было упомянуто выше, главным отличием обычного автомобиля от электромобиля является электрический тип двигателя, который работает на энергии от батарей. И как утверждают современные производители электрокаров, важнейшим плюсом такого вида двигателей является высокая экологичность поскольку при его работе не используются технические жидкости, необходимые для работы ДВС и трансмиссии и отсутствуют вредные выхлопные газы. Это несомненно является правдой, однако при оценке экологичности автомобиля следует отмечать не только последствия использования данного транспорта, но и ряд других факторов. Необходимо учитывать весь жизненный цикл электромобиля – от самого производства до его утилизации, а также зарядку данного автомобиля и его обслуживание.

Если анализировать количество выбросов газов и ядовитых соединений в воздух при переходе на электромобили, то они нисколько не уменьшаются, а все, потому что воздух уже загрязняют не автомобили, а ТЭЦ, которые производят электроэнергию для зарядки аккумуляторов электрокаров. На данный момент главным источником электроэнергии являются ТЭЦ, из которых 40% работают на угле, 22% на газе и 5% на фракциях нефти. И кроме углекислого газа, от тепловых станций в атмосферу попадают и зола, оксид азота, мышьяк, соли натрия и т. д. Кроме этого, объемом воды, потребляемым угольными станциями, за аналогичный промежуток времени можно удовлетворить около 5 млрд человек. То есть, если рассчитывать степень экологического загрязнения от получения единицы энергии, то она больше, нежели при работе современного бензинового двигателя, поскольку современное законодательство устанавливает жесткие требования для них.

Но гораздо большей экологической опасностью в электрокарах является даже не загрязнение воздуха ТЭЦ, а процесс производства и использования мощных аккумуляторов [1]. Данным вопросом занялись представители

Норвежского университета наук и технологий. Они изучили производственные процессы, связанные с созданием электромобилей, и пришли к выводу о том, что предприятия по производству данных автомобилей выбрасывают в окружающую среду больше токсических отходов, нежели обычные автомобильные заводы. По расчётам исследователей, на производство одного электромобиля расходуется энергия, равная сжиганию 10 тыс. л. бензина, что составляет средний расход бензинового автомобиля за всю его эксплуатацию.

Средний вес одного аккумулятора для электромобиля составляет около 400 кг. и большая его часть состава – это высокотоксичные компоненты, среди которых литий, соединения меди, никеля и алюминия. Данные соединения намного опаснее выхлопных газов. Поскольку средний срок службы такого аккумулятора составляет 5 лет, то остро стоит вопрос его утилизации. Данная процедура является сложной и очень дорогой и даже при соблюдении всех норм при утилизации существует риск загрязнения окружающей среды.

Как было отмечено выше, при использовании электромобилей не выделяются выхлопные газы, однако следует понимать, что это не единственный источник загрязнения окружающей среды.

Многие владельцы электромобилей жалуются на то, что им необходимо чаще менять шины по сравнению с обычными автомобилями. Исследователи Эдинбургского университета выяснили, что причина быстрого износа покрышек заключается в большом весе электрокара. Если сравнивать модели с электродвигателем и бензиновым, то электрический транспорт в среднем на 24% тяжелее аналога. К примеру, самый популярный электромобиль Tesla Model S весит 2,1 тонны, однако автомобиль того же класса BMW 7-Series с двигателем внутреннего сгорания весит всего 1,7 тонны. Причина такой разницы в весе происходит из-за большой массы аккумуляторной батареи [4].

В 2013 г. ученые из Хартфордширского университета провели эксперимент. Они установили датчики твердых частиц в тоннеле, через который ежедневно проезжает около 50000 автомобилей [7]. Результат эксперимента показал то, что в среднем один автомобиль выбрасывает около 50 микрограммов таких частиц и доля выхлопных газов от этого объема составляет только треть. Оставшаяся часть состояла из частиц битума от асфальта, пылью с тормозных колодок и отслоившейся резины с покрышек. Данные частицы в первую очередь поглощаются дыхательной системой

человека и приводят к возникновению сердечно-сосудистых заболеваний и риску возникновения астматических заболеваний. Таким образом, из-за большего износа покрышек электромобилем он вызывает больший риск угроз здоровью человека, нежели бензиновые автомобили.

На сегодняшний день двигатель внутреннего сгорания превосходит электродвигатель по многим факторам. Однако бензиновый двигатель со временем теряет свое лидерство, поскольку большинство стран планируют запретить его в угоду экологии. Также не стоит забывать о том, что нефть является природным ресурсом и рано или поздно она закончится и возникнет необходимость перехода с ДВС на новый аналог. Однако, как было указано выше, на данном этапе своего развития электродвигатели представляют куда большую опасность по сравнению со своим предшественником. Но если же научный прогресс позволит нам использовать альтернативные, менее загрязняющие источники электроэнергии, новые методы утилизации аккумуляторов и облегчение веса, а может быть и решение вопроса с выбросом твердых частиц, то за электромобилями будет стоять будущее, и они станут отличной заменой ДВС.

Список используемых источников

1. Бесшумное зло: экологичность электромобилей – это миф / drive2.ru [Электронный ресурс]. URL: www.drive2.ru/b/548104348496822418/ (дата обращения: 14.11.2022).
2. Европарламент поддержал переход на «чистые» автомобили к 2035 г. / РБК [Электронный ресурс]. URL: www.rbc.ru/economics/09/06/2022/62a14e1d9a7947493e229d0e (дата обращения: 14.11.2022).
3. Сколько электромобилей в мире: сводная аналитика на конец 2021 г. / E-CARS.TECH [Электронный ресурс]. URL: e-cars.tech/analitika/skolko-elektromobiley-v-mire-svodnaya-analitika-na-konets-2021-goda/ (дата обращения: 14.11.2022).
4. Сравнение электромобиля и бензинового автомобиля: кто победит? / AvtoDigitals [Электронный ресурс]. URL: avtodigitals.ru/sravnenie-elektromobilya-i-benzinovogo/ (дата обращения: 14.11.2022).
5. Мировая статистика-2021: электромобили и подзаряжаемые гибриды / Авто ревью [Электронный ресурс]. URL:

autoreview.ru/news/mirovaya-statistika-2021-elektromobili-i-podzaryazhaemye-gibridy (дата обращения: 14.11.2022).

6. Что собой представляет современный электромобиль / Электрокары [Электронный ресурс]. URL: 1electrocar.ru/princip/elektromobil.html (дата обращения: 14.11.2022).

7. Электромобили и экология: мифы и реальность 21 века / AvtoDigitals [Электронный ресурс]. URL: avtodigitals.ru/elektromobili-i-ekologiya/ (дата обращения: 14.11.2022).

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА НА КОЛЁСНЫХ ВИДАХ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Бешенцев И.Д. – студент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Аннотация

Применение альтернативных видов топлива, таких как водород, метан и другие во все времена интересовали человечество. Многие изобретатели придумывали механизмы использования различных видов топлива, предназначенных для транспорта. В последнее время энергетики разрабатывают варианты применения водородного топлива на личном автотранспорте. Автор уделяет внимание общественному транспорту, так как он перевозиткратно большее число пассажиров, и, так как колёсный общественный транспорт является основным во многих городах мира, он и был выбран для исследований такой возможности.

Автором статьи в 8 –10 классах средней школы проводились научные исследования в области использования водородного топлива для движения транспортных средств [1]. Выбрав метод электролиза – получение водорода из воды, что является наиболее доступным способом заправки транспортных средств – автор собрал экспериментальный образец ВТ ячейки, которая должна была стать прообразом промышленного образца ВТ ячейки. ВТ ячейка – основная часть системы питания ДВС водородом и кислородом, с помощью которой и происходит данный процесс. Экспериментальных образцов было 3, однако последний стал той самой инновационной установкой-электролизёром, перерабатывающей воду в водород и кислород – водородная топливная ячейка «Ладога-Премьер». Данный образец лучше всех показал себя в процессе лабораторных испытаний в условиях школьного кабинета

технологии, с системами вентиляции и системой сбора и подсчёта газа. Экспериментальный образец данной установки показал следующие результаты (табл. 1).

Табл. 1

Результаты эксперимента, проведённого над экспериментальным образцом ВТ Ячейки «Ладога-Премьер»

Подтверждение (счётчик)		Показатели:	
Водород			
	Ток	13 А, 12 В	
	Полюс	- (отрицательный)	
	Цвет провода		
	Кол-во газа/мин	4, 036≈4	
Кислород			
	Ток	13 А, 12 В	
	Полюс	+ (положительный)	
	Цвет провода		
	Кол-во газа/мин	2,016≈2	

Практические выводы показали совпадение с теоретическими, сформированными по результатам расчётов. [1] Сравнение теоретических и практических выводов представлено ниже (табл. 2).

Табл. 2

Сравнение теоретических и опытных результатов

Критерий	Опытные результаты	Теоретические результаты
Источник питания	ЛБП	АКБ
Показатели тока	13 А 12 В	150 А 12 В
Зарядка источника питания	От сети 220 В	От солнечной панели SDM 300
Количество водорода, мин	4	3,6
Количество кислорода, мин	2	1,8

Эксперимент удался. Однако, рассматривая реальное применение установки по её прямому назначению – на транспорте, мы сталкиваемся со следующими нерешёнными задачами, фактически определяющими развитие водородного транспорта:

1. Уменьшение расхода электроэнергии на получение водорода

В настоящий момент электролиз требует существенных энергетических затрат на производство водорода. [4] Это основной недостаток, так как данное количество энергии сопоставимо с энергетическими затратами электробуса, что делает предложенную систему питания малоэффективной. Но сейчас над этим ведутся работы: в Германии, к примеру, проектируются различные электролизёры с небольшой тратой энергии.

2. Сжигание водорода в ДВС

Так как температура сгорания водорода превосходит температуру сгорания других видов топлива почти в 2 раза (3200°C), двигатель, предназначенный для сжигания водорода, должен быть целиком сделан, например, из вольфрама или молибдена, с целью выдержать высокие температуры. Однако это довольно дорого, поэтому за основу водородным двигателям используются бензиновые, которые адаптируются под водород. Соответственно, ресурс подобных двигателей составляет 2 дня, так как если дальше использовать высокие температуры в таком двигателе, то двигатель расплавится. Однако, компания BMW ведёт работы по увеличению ресурса двигателей.

Мы видим, что ведутся различные работы по повышению безопасности и энергоэффективности установки. Эти два показателя являются основными и определяющими в распространении данной технологии. В промышленный образец установки мы добавили следующие средства повышения безопасности и энергоэффективности:

- теплообменник – перевод тепла от выработки газов на нагревание бака для воды (в случае температуры ниже $+5^{\circ}\text{C}$), отвод тепла от ячейки (в случае температуры ниже $+5^{\circ}\text{C}$);
- фильтр-осушитель газов – предотвращение воспламенения газов на пути к ДВС;
- система подачи фреона – предотвращение воспламенения ДВС.

В результате был получен промышленный образец системы питания ДВС, соответствующий критериям безопасности и энергоэффективности.

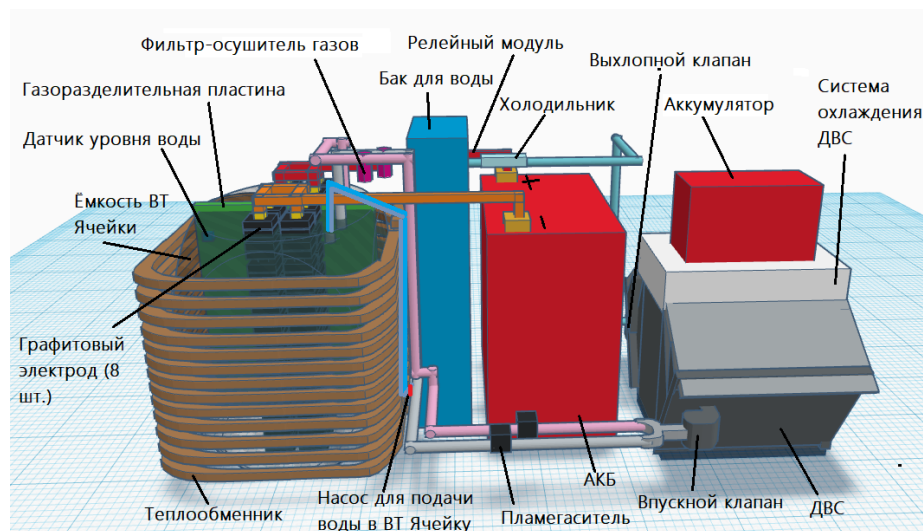


Рис. 1. Чертёж системы питания

Предположительная экономия от перехода на водород и кислород по прогнозам автора может составить до 50%. [6] Однако, применение системы питания ДВС водородом и кислородом с помощью ВТ ячейки «Ладога-Премьер», обозначает основную задачу для успешной перевозки пассажиров – минимизация размеров системы питания на борту транспортного средства. В противном случае, эксплуатация данной системы может вылиться в ряд проблем:

- громоздкость системы в салоне;
- нарушение комфорта пассажиров;
- наличие стеснённости в салоне;
- наличие шума от работы компонентов системы.

Во избежание вышеперечисленных проблем был разработан вариант размещения системы питания в заднем свесе гидробуса. За основу был взят автобус особо-большого класса вместимости Volgabus-6271.05 (класс вместимости не принципиален, автор выбрал наиболее подходящий вариант для наиболее эффективного использования системы питания). В условиях растущей автомобилизации городов, установка данной системы питания на колёсный автотранспорт является наиболее перспективным как экономически, так и экологически. [5] Чертёж автобуса со всеми размерами представлен ниже (рис. 2).

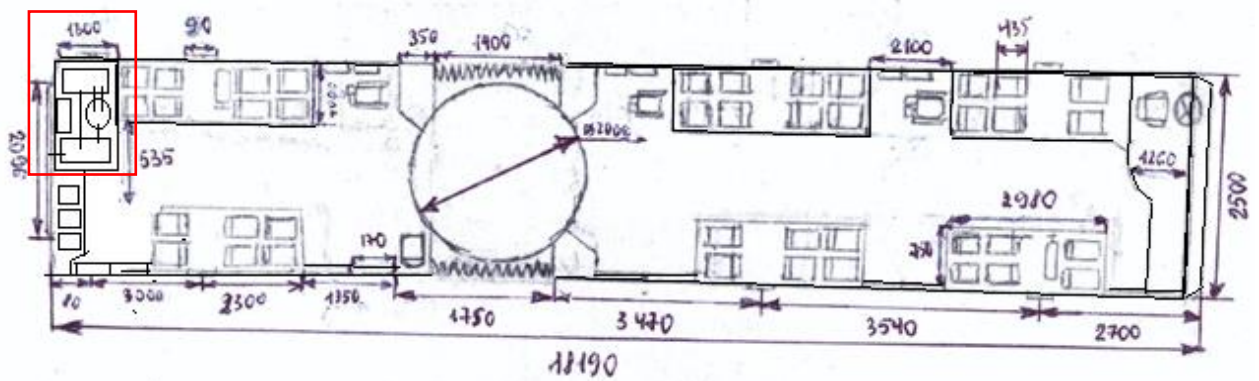


Рис. 2. Схема размещения системы питания на борту автобуса
(вид сверху, разрез через салон)

Структурная схема автобуса, работающего на водяном топливе – гидробуса (рис. 3).

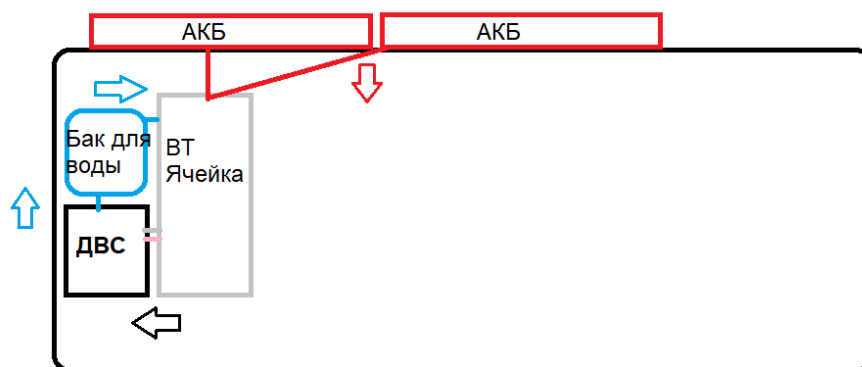


Рис. 3. Структурная схема системы питания гидробуса

На рис. 3 представлена общая система, однако могут быть различные вариации при разных условиях эксплуатации. В качестве примера приведены три различные вариации:

- метод «Баллоны» (оптимален для городов без электротранспорта – троллейбусов/трамваев);
- метод «Штанги + баллоны» (самый эффективный);
- метод «Штанги + ВТ ячейка» (самый неэффективный).

Разберём каждый из них и сделаем выводы.

При разработке различных методов система питания ДВС водородом и кислородом с помощью ВТ ячейки сравнивалась с системой подпитки ДВС

водородом с помощью электролизной установки АП №1 «Спецтранс» (её разрабатывают Воробьёв С. А. и Лаврентьев Е. В.) [2, 3].

Рассмотрим первый метод.

ВТ ячейка Ладога-Премьер остаётся на конечной станции маршрута и вырабатывает водород. Так как система питания ДВС от АП №1 «Спецтранс» при одинаковых параметрах тока выдаёт 6 л/мин, то можем предположить, что при увеличении объёма ВТ ячейки вчетверо мы получаем $6 \times 4 = 24$ л/мин. [2] Далее газы закачиваются в баллоны: когда гидробус приезжает в конце дня, его баллоны снимаются, и накачиваются в течение $(6 \times 60) / 24 = 360 / 24 = 15$ минут. Для оптимальной работы на городских маршрутах (1 день езды без заправки) гидробусам, как и газовым автобусам, необходимо обеспечить автономный ход до 300 км. У газовых автобусов установлены метановые баллоны в количестве 6 штук.

Также необходимо учитывать энергопотери при движении. Например, для движения по трассе 100 км, автобусу необходимо 12 литров дизельного топлива. А для движения по городскому маршруту – до 60 литров на 100 км пробега. С водородом точно также. На гидробус установлено 6 водородных баллонов ёмкостью 60 л каждый. Соответственно:

$$6 \times 60 = 360 \text{ л, потери на перевозку } \sim 50 \text{ л} \Rightarrow 310 \text{ л.}$$

Режим работы: Баллоны -> электрохимический генератор (далее – ЭХГ) -> электродвигатель (далее – ЭД). Водород из баллонов подаётся в ЭХГ, в котором химическая энергия водорода превращается в электрическую => вырабатывается электричество и отправляется в ЭД.

Побочным продуктом будет являться вода, автономно система сможет работать до 310 км. Схема работы данного метода представлена ниже (рис. 4).



Рис. 4. Схема работы метода «Баллоны»

Рассмотрим второй метод.

ВТ ячейка, по аналогии с первым методом, остаётся на конечной станции. При первом методе использование баллонов позволит увеличить автономный ход гидробуса до 310 км. Так как в городах, использующих данный метод на гидробусах, имеется электротранспорт, а значит и инфраструктура для них – контактная сеть (для троллейбусов, далее – КС). Ею мы и воспользуемся. Установим на гидробус троллейбусные штанги вместе с накопителем (аккумуляторные батареи (далее – АКБ)), что позволяет увеличить автономный ход. Энергия через штанги идёт в накопитель, а затем у неё 2 пути – либо – в АКБ на хранение, либо – в электродвигатель (далее – ЭД) на обеспечение движения (режим работы троллейбуса).

Режимы работы:

1 режим: Баллоны -> ЭХГ -> ЭД

Водород из баллонов подаётся в ЭХГ, и там химическая энергия водорода превращается в электрическую => вырабатывается электричество, которое отправляется в ЭД.

2 режим: Штанги -> АКБ/Суперконденсаторы -> ЭД

Создан в поддержку 1 режима. Для увеличения автономного хода к ЭД подключаются АКБ/Суперконденсаторам.

3 режим: Штанги -> ЭД

Создан в поддержку 1 режима и получения энергии (заправки) для 2 режима. Для обеспечения процесса заправки штанги подключаются к КС, и

заправляют АКБ энергией. Далее система работает по 2 режиму. Также может включиться 3 режим: штанги обеспечивают ЭД энергией. Тогда необходимо отключить 1 и 2 режим, так как совместная работа первых двух режимов с третьим небезопасна (сгорит КС/отключится энергетическая подстанция. Оба случая могут произойти от перепада напряжения).

Побочным продуктом будет являться вода, автономный ход в зависимости от режимов работы разный:

1 режим: 310 км

1 режим + 2 режим: 310 км + 35 км = 345 км

2 режим + 3 режим: 35 км + ∞ км (при КС) = (35 + ∞) км

3 режим: ∞ км (при КС)

В данном случае знак бесконечности (∞) показывает, что система может работать сколько угодно под КС. Схема работы данного метода представлена ниже (рис. 5).

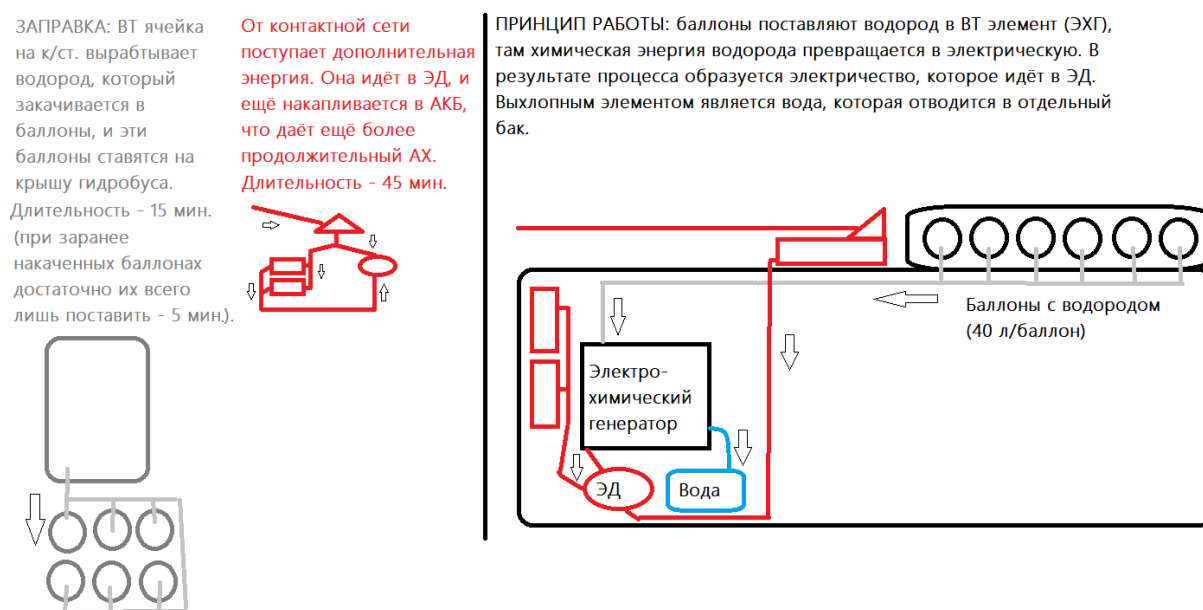


Рис. 5. Схема работы метода «Штанги + баллоны»

Рассмотрим третий метод.

На этот раз VT ячейка устанавливается в салоне транспортного средства и непосредственно участвует в работе гидробуса. Она осуществляет процесс электролиза – разделения воды на водород и кислород посредством подключения электроэнергии. По аналогии со вторым методом, на гидробус устанавливаются троллейбусные штанги вместе с накопителем, из которого

энергия уходит в АКБ, а оттуда – в ВТ ячейку, полностью истрачиваясь на получение водорода и кислорода из ВТ ячейки – подача должна осуществляться непрерывно. Также становится возможной ночная зарядка АКБ, для чего необходим зарядный аппарат и мощный энергоисточник. Энергия через специальную розетку идёт напрямую в АКБ на хранение. Однако, при работе с помощью такого режима система питания становится неэффективной – фактически гидробус превращается в электробус с ночной зарядкой.

Водород и кислород производятся методом электролиза в ВТ ячейке, и сразу же направляются в ДВС на сжигание. Для обеспечения процесса электролиза необходимо большое количество энергии, которое и будут давать АКБ/суперконденсаторы. Соответственно, их тоже необходимо заправлять: энергия от КС через штанги и накопитель идёт в АКБ на хранение. Однако, хранение энергии в АКБ при данном процессе невозможно, так как вся энергия сразу уходит в ВТ ячейку. Подключить штанги + накопитель к ВТ ячейке небезопасно (сгорит КС/отключится энергетическая подстанция), и к тому же ВТ ячейка будет отключаться, когда транспортное средство не работает. Поэтому, при отсутствии КС данная система неэффективна, так как если АКБ не будет постоянно заряжаться – энергии в нём не останется. Для этого в данном автобусе предусмотрена ночная зарядка АКБ.

Побочным продуктом является вода, запас автономного хода может быть различным, опять же ∞ (в зависимости от количества воды и электроэнергии). Схема работы данного метода представлена ниже (рис. 6).



Рис. 6. Схема работы метода «Штанги + ВТ ячейка»

Итак, по итогам исследования, самым эффективным вариантом применения водородного топлива является второй – «Штанги + баллоны». Основные технические характеристики данного вида транспорта представлены ниже (табл. 3).

Табл. 3.

Основные технические характеристики гидробуса

Показатель	Параметр
Вид топлива	Электричество, водород
Энергетические составляющие (основное составляющее – АКБ, так как использование суперконденсаторов менее эффективно)	АКБ (GraphenANO – 2 шт.), баллоны с водородом (6 шт.), ЭХГ (ЦНИИ СЭТ им. Крылова – 1 шт.)
Ёмкость АКБ, Вт/ч	1000
Объём баллона с водородом, л	6
Запас хода, км	400 (эл.)+350 (вод.) = 750 км.
Время для эл. подзарядки, мин.	30
Время для заправки водородом, мин	15
Вид и уровень автоматизации	V2I, 4



Рис. 7. Внешний вид гидротроллейбуса

Данная статья является практическим выводом исследований, связанных с системой питания ДВС водородом и кислородом по авторской технологии – с помощью ВТ ячейки «Ладога-Премьер». Однако не всегда она может стоять в транспортном средстве, более безопасно было бы размещать её на конечной станции. Для эффективной передачи водорода и кислорода в транспортное средство необходимо использовать баллоны, что не всегда возможно по условиям комплектации баллонов на конечной станции и их транспортировки по маршруту. Поэтому для достижения наибольшей эффективности в гидробус также была введена электротяга. Использование

штанг, накопителя и АКБ (или, как вариант, суперконденсаторов) позволяет существенно уменьшить цикл перестановки баллонов до 2 раз в день: перед первым рейсом, а также перед послеобеденным рейсом.

Использование ВТ ячейки на борту транспортного средства не всегда рационально. Однако, в городах без электротранспорта вариант с баллонами или ВТ ячейкой на борту – довольно неплохая идея, позволяющая повысить энергоэффективность транспортной системы, а также уровень жизни граждан – экологическая чистота окружающей среды может быть поднята на новый уровень. Также могут быть улучшены пригородные перевозки – автономный ход до 310 км позволит расширить доступность всех населённых пунктов в радиусе до 150 км от города. Таким образом мы достигнем углеродной нейтральности и замедлим глобальное потепление, что является одними из наиболее глобальных задач всего человечества.

Список используемых источников

1. Бешенцев И.Д., Козлов В.Ю. Система питания двигателя внутреннего сгорания с помощью водородной топливной ячейки «Ладога-Премьер» // Актуальные проблемы современного строительства: материалы LXXIV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых [5–9 апреля 2021 года]: в 2 ч. Ч. 2. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. СПб: СПбГАСУ, 2021. С. 187-192.

2. Воробьёв С.А., Разумов П.А. Алгоритм применения водородного топлива на колёсных транспортных средствах // Вестник гражданских инженеров. 2020 №3 (80) С. 168-172.

3. Воробьёв С.А., Сибирёв Д.И. Перспективность эксплуатации двухтопливных автобусов в условиях переходного периода на территории города Санкт-Петербурга // Материалы 71-й научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Актуальные проблемы современного строительства». 2018 С. 158-163.

4. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей. Киев: Наук. думка, 1984. 141 с.

5. Петров В.Ю. Конкурентоспособность водорода как моторного топлива на автомобильном транспорте. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentosposobnost-vodoroda-kak-motornogo-topliva-na-avtomobilnom-transporte>

(дата обращения: 16.02.2021).

6. Раменский А.Ю. Исследование рабочих процессов автомобильного двигателя на бензино-водородных топливных композициях: дисс. канд. техн. наук. М., 1982. 204 с.

РАЗВИТИЕ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА

Громовенко Д.А. – аспирант БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»

Ширинкина Е.В. – заведующий кафедрой менеджмента и бизнеса, д.э.н., доцент, БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»

Аннотация

Актуальность исследования подтверждает полифункциональную значимость автотранспортной отрасли, что обуславливает необходимость совершенствования регулирования ее развитием в условиях технологического суверенитета национальной экономики, ориентируясь при этом на прогрессивные глобальные тренды экологизации транспорта и непрерывных инновационных усовершенствований. В статье рассматриваются источники финансирования автотранспортной отрасли в направлении технологического суверенитета. Полученные результаты позволяют усовершенствовать механизм регулирования автотранспортной отрасли в условиях трансформационных изменений в экономике. Представленные рекомендации определяют приоритетные направления регулирования автотранспорта, значение автомобильного транспорта в структуре национальной экономики в условиях технологического суверенитета.

В условиях новых реалий технологический суверенитет предприятия является самым существенным фактором, который позволяет предприятию занимать устойчивые рыночные позиции и получать преимущество над конкурентами в той отрасли, которая является сферой его коммерческих интересов.

Характеризуя транспортные услуги, следует подчеркнуть, что они имеют ряд особенностей и значительно отличаются от продукции деятельности других отраслей материального и нематериального производства [3,5]:

1. В широком смысле деятельность транспорта, направленная на преодоление пространства для перемещения людей и грузов. Продуктом производственной деятельности транспортных предприятий являются

транспортные услуги, полезный эффект от которых создает их потребительскую стоимость.

2. Нематериальная форма транспортной продукции сочетает место, время, объемы производства и потребления транспортных услуг. То есть, транспортные услуги потребляются во время производственного процесса.

3. Несмотря на нематериальную форму транспортных услуг, как и они любая другая продукция характеризуется качественными характеристиками для удовлетворения потребностей потребителя: своевременностью, доступностью, удобством, безопасностью и тому подобное.

4. Деятельность транспорта обусловлена появлением вторичного спроса. То есть спрос на транспортные услуги зависит от спроса на продукцию других отраслей, потребность в перемещении которой (или до которой» в случае пассажирских перевозок) он удовлетворяет. Транспортные услуги увеличивают конечную стоимость желаемого продукта для потребителя, создавая так называемую добавленную стоимость.

5. Структура расходов транспортных предприятий значительно отличается от отраслей материального производства – отсутствуют затраты на сырье, используются только средства труда, топливо и материалы. Причем существует прямая зависимость между расходом материально-технических ресурсов и дорожными и природно-климатическими условиями. Кроме того, деятельность транспортных предприятий характеризуются высокой капиталоемкостью, ведь для осуществления перевозок необходимы соответствующие транспортные средства.

6. Каждая транспортная услуга носит индивидуальный характер-многосложность подвижного состава определяет их качественную неоднородность, а разнообразие пожеланий клиентов приводит к значительным различиям в себестоимости и рентабельности.

Считается, что, находясь внутри цепи поставок транспортные предприятия совмещают промышленность и сферу услуг. Глобализация экономики и повышение конкурентного давления заставили предпринимателей искать новые методы снижения затрат и улучшения обслуживания потребителей, в том числе за счет логистики [2, 6]. Таким образом логистика стала рассматриваться как важный инструмент в конкурентной борьбе, что в свою очередь оживило конкуренцию между

транспортными предприятиями и их стремление к технологическому суверенитету, как основного фактора успеха.

Одним из самых основательных исследований в этом направлении считается труд [7], в котором авторы с использованием математического моделирования и бинарных регрессионных моделей анализировали статистические данные транспортно-экспедиционных и логистических предприятий Турции. Они доказали, что следующие факторы оказывают положительное влияние на инновации: открытость внешних источников информации, эффективное использование собственных источников информации, затраты на научные исследования и разработки (в т. ч. внутренние), сотрудничество в развитии логистической сети, использование финансовой поддержки, количество сотрудников и размер рынка.

Технологический суверенитет в транспортной отрасли призваны решить проблему растущих потребностей транспортных предприятий в условиях ограниченных ресурсов (материальных, финансовых, производственных, человеческих и др). Для этих целей технологии могут быть направлены как на улучшение уже существующего потенциала предприятия, так и на формирование нового. Однако лучше ориентироваться на уже существующий потенциал. Для более эффективного использования уже существующего транспортного потенциала технологии должны быть направлены на улучшение транспортных средств, логистики, организационных и управленческих методов, маркетинговой деятельности, системы финансирования деятельности предприятия и тому подобное.

На основе проведенного исследования [1,4], считаем возможным дать собственное определение технологическим инновациям в сфере транспортных услуг. Под технологическими инновациями в сфере транспортных услуг авторы понимают новые действия, направленные на внедрение новых или усовершенствование уже существующих процессов, приводящих к улучшению всех аспектов (экономических, финансовых, технических, технологических и др.) деятельности транспортных предприятий для максимального повышения экономических или социальных результатов их функционирования.

Как было сказано выше, продуктом деятельности в сфере услуг является процесс, согласно с мнением [8], что продуктовой инновацией в сфере услуг является внедрение принципиально новых услуг, совершенствование

существующих услуг путем добавления новых функций или характеристик, значительные улучшения в обеспечении услуг. К процессным инновациям сферы услуг ученый включает разработку и внедрение производства, и оказание услуг.

Считается, что под продуктовыми инновациями транспортного предприятия следует понимать принципиально новые или усовершенствованные процессы перевозок пассажиров или перемещения грузов, которые могут обеспечить потребителю объективно новые преимущества или возможности.

Процессными инновациями на транспортном предприятии можно считать разработку и внедрение новых или значительно усовершенствованных методов в различных аспектах транспортных услуг, которые приведут к улучшению их качества и эффективности, то есть к внедрению продуктовых инноваций. Они могут быть связаны с изменениями в организации и технологии перевозок, логистикой, человеческими ресурсами, методами работы, подвижным составом, оборудованием, обслуживанием и комбинацией таких изменений.

Для экономики страны необходимо, чтобы отрасль автомобильного транспорта побуждала к развитию технологического суверенитета. В то же время, в центр должно относиться качество услуг перевозок, детерминированное потребностями человека. Их инновационная составляющая должна усиливать свойства скорости, комфортности, безопасности перевозок.

Учитывая цели устойчивого развития повышается значение экологической составляющей. Определены наукоемкие виды деятельности с присутствием автомобильного транспорта формируют общее видение его базовой функциональной роли. Вместе с тем вариативность технологических инноваций может быть более широкой. Результатом распространения автоматических транспортных устройств и формирования интеллектуальных транспортных систем является достаточная инновационная активность в области автомобильного транспорта. При этом могут продуцироваться и внедряться инновации различного характера и способов использования. Ниже наведем авторский взгляд на их систематизацию:

- производственные инновации:

- совершенствование транспортных средств с целью усиления их безопасности, комфортности, скорости;
- применение автоматизированных и роботизированных (беспилотных) транспортных устройств и средств в целом;
- инфраструктурные инновации:
- новые подходы к развитию сети дорог, обеспечения качества их покрытия (дороги поверхностные vs мостовые развязки (практика азиатских и американских метрополий) vs тоннели (проектные инициативы А. Маска));
- интеллектуальные транспортные системы в пространственном планировании (городов, в частности, агломерационного статуса, «Smart City»);
- логистические инновации:
- информационные базы данных по отгрузке, перемещение, хранение грузов / перемещение пассажиров, в том числе при интермодальных перевозках;
- информационные базы данных по таможенному контролю;
- услуги инновации:
- электронные билеты;
- электронные платежи за грузовые и иные услуги;
- инклюзивные технологии в услугах перевозок (для лиц с ограниченными возможностями);
- информационные инновации:
- общественного транспорта – информирование о графике движения;
- навигационные системы и доступ к ним через сеть Интернет, специальное программное обеспечение и мобильные приложения;
- web-ресурсы бронирования и оплаты билетов;
- безопасности инновации:
- видеонаблюдение, автоматизация контроля за дорожной ситуацией (нагрузка на дороги и инфраструктурные объекты, ДТП);
- устранение последствий (повреждений) ДТП, погодных условий;
- прогноз погодных условий;
- экологические инновации - применение электротранспорта на автономном ходу;

- применение электрокаров и инфраструктуры для их перемещения и обслуживания;
- развитие автотранспортной инфраструктуры, что генерирует энергию (например, дорог).

Определенные виды инноваций в области автомобильного транспорта имеют исключительное значение технологического суверенитета и улучшения организации перевозок.

Список используемых источников

1. Анисимова А.И., Лебедева А.С. Исследование инноваций в сфере экологической безопасности транспорта мегаполиса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2020. № 3. С. 11-21.
2. Духно Н.А. Экологическая безопасность и транспорт // Транспортное право и безопасность. 2019. № 2 (30). С. 63-76.
3. Подгорнова Н.А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый. 2016. № 22-2 (126). С. 48-50.
4. Ширинкина Е.В. Многофакторная модель развития цифровизации бизнес-процессов предприятий // Теоретическая и прикладная экономика. 2021. № 2. С. 1-10.
5. Ширинкина Е.В. Практика управления предприятиями при переходе на новые цифровые технологии // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 6. С. 817-828.
6. Шишкина А.А. Рост количества автомобильного транспорта как угроза экологической безопасности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 3. С. 178-181.
7. Determinants of Logistic Sector Innovation Creating Common Value Nodes in Supply Chain // LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi. 2015. Vol. 6. №. 2. P. 37-58.
8. Organisation for Economic Cooperation and Development. Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. – OECD Publishing, 2015. 402 p.

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Дорошев А.М. – студент бакалавриата, «Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого»

Абушова Е.Е. – к.э.н., доцент «Высшая школа производственного менеджмента», «Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого»

Аннотация

В настоящее время огромное число сфер сталкиваются с огромнейшими изменениями в мире, и транспортное развитие не является исключением. На данный момент существует несколько тысяч логистических центров, которые постоянно сталкиваются с растущими требованиями клиентов, что в свою очередь, заставляет компании улучшать и развивать транспортную инфраструктуру. В статье рассмотрены проблемы развития транспортной инфраструктуры в логистической отрасли и пути их решений.

Разработка современных технологий в логистических центрах – это сложный процесс принятия решений. В настоящее время наблюдается растущая конкуренция на рынке логистических услуг. На это влияют множество факторов, такие как растущие требования клиентов, которые намерены получать комплексное обслуживание своевременно с минимально возможными затратами; адаптация к требованиям клиентов, которые являются ключевым фактором, влияющим на успех логистического центра и всей цепочки поставок в целом, а также способность мотивировать логистические центры путем внедрения современных и инновационных технологий с целью повышения их эффективности. Несмотря на то, что на данный момент выпущено множество публикаций о развитии логистики в компаниях, логистические центры сталкиваются с различными проблемами при развитии технических и технологических возможностей. С одной стороны, внедрение новых решений дает ряд преимуществ. С другой стороны, логистические центры сталкиваются с угрозами, которые могут помешать внедрению современных технологий. Более того, технологическое развитие транспорта в логистической отрасли может отличаться, а области внедрения новых решений могут варьироваться в зависимости от географического региона и экономической среды.

Изучение фактической стадии развития современных транспортных технологий, используемые в логистических центрах, а также выявить преимущества и угрозы, связанные с внедрением этих технологий.

Результаты показали, что в определенных логистических центрах внедрены различные виды систем, которые помогают упрощать действия работы машин и механизмов, а также упорядочивать отправку и транспортировку грузовых логистических потоков. Таким образом, был сделан вывод, что большая часть обследованных логистических центров внедряет современные системы идентификации грузов для более быстрой перевозки в дальнейшем. Также, было проанализировано, что логистические центры внедрили современные технологии, направленные на улучшение технической и исполнительской деятельности, связанной с обработкой грузов, ее передвижением и транспортировкой с минимальными издержками. Таким образом, сочетание искусственного интеллекта, машинного обучения и автоматизации создало для индустрии грузоперевозок мощное средство, которое способно к почти полностью независимой транспортировке грузов и использованию самоуправляемых или автономных транспортных средств для доставки груза. В связи с пандемией в 2020 году, требующей более безопасных операций, быстрая разработка бесконтактных решений стала неотложной задачей для многих производителей. Так, началась реализация серийно выпускаемых автоматизированных транспортных средств. И с момента его зарождения все больше и больше компаний понимают потенциал и необходимость использования автономных транспортных средств. От сокращения трудозатрат и бесперебойных сроков доставки до оптимального планирования маршрутов и точности операций – все предприятия отрасли видят преимущества этой интеграции. Более того, следует отметить, что представители этих центров заявили о необходимости модернизации ИТ-технологий и систем передачи данных. Скорее всего, это связано с тем, что руководители анализируемых центров отметили необходимость внедрения цифровых решений для оптимизации потока данных и коммуникации между сотрудниками, работающими в разных подразделениях конкретного предприятия, а также между самим центром и другими участниками цепочек поставок [1].

Система «Блокчейн» является одной из самых современных технологий, которая связана с логистической отраслью. За последние несколько лет

популярность блокчейна в логистической отрасли возросла в несколько раз. Система способна обеспечивать операционную безопасность и прозрачность благодаря своей способности записывать и шифровать большие объемы ценной информации. Эта цифровая система учета транзакций продолжает обеспечивать безопасность логистических операций. Наиболее успешно применяемая голландскими компаниями, такими как DHL, эта тенденция помогает предотвратить подделку документации, взлом информационных систем и даже кражу продуктов. Используя автоматизированное оборудование для управления грузом, эффективно сокращая нормативную продолжительность работы вдвое, и построив более сотни автоматизированных логистических баз для быстрой обработки и сортировки посылок в Германии, DHL демонстрирует, как эта технология оказывается незаменимой для быстрорастущих грузовых компаний. Другим же методом, который помогает развитию транспортно-логистических операций является автоматизированные складские решения. По мере того, как элементарная работа становится все более повторяющейся в складских операциях, все больше компаний сосредотачиваются на автоматизации ручной работы. Все больше и больше компаний стремятся к автоматизации повседневных процессов, чтобы увеличить экономию ручного труда, а также улучшить мониторинг, прием и отправку продукции на складе [5].

Еще одно нововведение, которое является новшеством в транспортной индустрии – это «Логистика 4.0». Она используется для обозначения сочетания использования логистики с инновациями и приложениями, добавленными CPS. Логистика 4.0 связана с теми же условиями, что интеллектуальные услуги и интеллектуальные продукты. Другими же словами, «Умная логистика» – это логистическая система, которая может повысить гибкость, приспособиться к изменениям рынка и позволит компании быть ближе к потребностям клиентов. Это позволит повысить уровень обслуживания клиентов, оптимизировать производство и снизить цены на хранение и производство. Эффективная и сильная логистика 4.0 должна опираться на следующие технологические приложения: 1) Планирование ресурсов, 2) Системы управления складом, 3) Системы управления транспортировкой, 4) Интеллектуальные транспортные системы и 5) Информационная безопасность [2].

Система управления транспортировкой (TMS) является частью системы управления цепочками поставок (SCM), сосредоточенной на транспортной логистике. TMS обеспечивает взаимодействие между системой управления заказами (OMS) и распределительным центром (DC) или складом. По мере развития TMS эти системы были призваны помогать компаниям контролировать и управлять постоянно растущими затратами на перевозку; интегрироваться с другими технологиями цепочки поставок (такими как системы управления складом и глобальные системы управления торговлей); и осуществлять электронные коммуникации с клиентами, торговыми партнерами и перевозчиками.

В условиях массового использования Интернета вещей и неизбежного перехода к индустрии 4.0 система TMS, безусловно, является важным элементом концепции логистики 4.0. Логистика 4.0 использует данные в режиме реального времени и встроенные данные для достижения большей эффективности в логистическом процессе. Система TMS важна для компании, чтобы иметь возможность использовать технологию GPS для точного определения местоположения своих транспортных средств, пока они находятся в пути, отслеживать движение грузов, вести переговоры с перевозчиками, консолидировать грузы, а также использовать расширенные функциональные возможности платформы и взаимодействовать с интеллектуальными транспортными системами (ITS). Функциональные возможности TMS продолжают расширяться с каждым годом, и ожидается, что в ближайшем будущем все больше компаний будут внедрять эти системы в целях улучшения общего управления перевозками и обслуживания клиентов [6].

IoT и TMS будут играть все более важную роль в транспортной и логистической отраслях. Поскольку все больше и больше физических объектов оснащаются штрих-кодами, RFID-метками или датчиками, транспортные и логистические компании могут осуществлять мониторинг перемещения физических объектов от места происхождения до места назначения в режиме реального времени по всей цепочке поставок, включая производство, доставку и распределение [3].

Таким образом, можно сделать вывод о преимуществах внедрения современных технологий (рис.1).



Рис. 1. Преимущества внедрения современных технологий в логистическую отрасль

На данной диаграмме критерий «1» означает наименее важную выгоду, а примечание «5» означает очень важную. Все результаты, представленные на диаграмме 1 приведены после вычисления средних значений каждого конкретного вида льгот. Можно отметить, что наиболее важными преимуществами являются повышение удовлетворенности клиентов и сокращение времени обработки заказов. Меньше внимания уделялось повышению производительности и лучшему использованию складских помещений, хотя пространственный аспект дизайна логистического центра, несомненно, влияет на операционную деятельность. Преимущества использования современных технологий – это одна сторона медали. С другой стороны, среди анализируемой группы предпринимателей можно наблюдать некоторые опасения.

Эксперты имели возможность ранжировать выбранные угрозы, которые могут возникнуть при использовании или планировании использования современных технологий. Конкретные варианты могут быть указаны по шкале от «1» до «5», где примечание «1» означает наименее важный вопрос и примечание «5» означают очень важные. Угрозы и риски, указанные представителями логистических центров (рис.2).



Рис 2. Угрозы и риски внедрения современных технологий в логистическую отрасль

Как и в случае анализа выгод, также все результаты, представленные на диаграмме 1, приведены после вычисления средних значений каждого конкретного вида угрозы. Эксперты считают, что длительные сроки внедрения той или иной современной технологии и связанные с ней заморозки капитала являются наиболее неудобными вариантами, которые могут возникнуть при внедрении новых технологических решений в логистических центрах. Более того, неудача с внедрением технологии, по-видимому, также является одной из самых больших проблем представителей логистических центров. Эксперты в равной степени обеспокоены ненадежностью технических систем и устройств, а также быстрым подражанием в разработке современных технологий их конкурирующими предпринимателями [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что тенденции в отрасли продолжают появляться и развиваться, эти шесть технологий и их преобразующее применение предлагают многообещающие выгоды и перспективу процветания в рамках Индустрии 4.0 [7].

В результате проведенного исследования, можно сделать вывод, что транспортная логистика развивает современные технологии, используемых в анализируемых логистических центрах. Современные технологии, реализованные до настоящего времени, в первую очередь направлены на

улучшение обработки, эксплуатации и транспортировки грузов с использованием систем идентификации грузов и технологий комплектации заказов. Текущие области будущего развития связаны главным образом с внедрением ИТ-систем и систем передачи данных. Результаты показывают новый взгляд на стадию технологического развития логистических центров и транспорта в целом. Были также изучены преимущества и угрозы внедрения современных технологий. Преимущества и недостатки данных нововведений помогут компаниям конкретно представлять интерес для транспортных и логистических заказчиков, а также для директивных органов, планирующих инвестиции в развитие новых технологий.

Список используемых источников

1. Development Of Transportation And Logistics Systems In Digitalization And Intellectualization. Gleb Savin. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/350929824_Development_Of_Transportation_And_Logistics_Systems_In_Digitalization_And_Intellectualization (дата обращения: 5.01.2023)
2. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. L. Barreto, A. Amaral, T. Pereira. [Электронный ресурс] URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917306807> (дата обращения: 5.01.2023)
3. Liu Q., 2020. Automated logistics management and distribution based on RFID positioning technology. Telecommunications and Radio Engineering (Elektrosvyaz and Radiotekhnika) 79.1, 17–27. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1615/telecomradeng.v79.i1.20>. (дата обращения: 5.01.2023)
4. Modern technologies development in logistics centers: the case study of Poland. Mariusz Kostrzewski, Ludmiła Filina-Dawidowicz, Szymon Walusiak. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521003781?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=784e1e5d1c1a84f8 (дата обращения: 5.01.2023)
5. Semenov I.N., Filina-Dawidowicz L., 2017. Topology-based approach to the modernization of transport and logistics systems with hybrid architecture. Part 1. Proof-of-concept study. Archives of Transport 43.3, 105–124. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.4229>. (дата обращения: 5.01.2023)

6. Sutawijaya A.H., Nawangsari L.C., 2020. What is the impact of industry 4.0 to green supply chain? / Journal of Environmental Treatment (дата обращения: 5.01.2023)

7. Technologies Driving Change in the Transport & Logistics Industry. Andrea Nalupa. [Электронный ресурс]. URL: <https://monstar-lab.com/global/blog/technology-driving-change-in-the-transport-logistics-industry/> (дата обращения: 5.01.2023)

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО КОЛЬЦА

Кочетова А.О. – студент, Самарский государственный университета путей сообщения

Сарычева С.А. – студент, Самарский государственный университет путей сообщения

Уткин А.П. – студент, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация

В статье рассмотрено приоритетное направление развития технологий железнодорожного комплекса – беспилотной системы движения поездными составами. Выделены основные этапы разработки беспилотных технологий в холдинге ОАО «Российские Железные Дороги». Приведены основные преимущества и угрозы при внедрении беспилотной системы. Рассмотрено решение проблемы перегруженности линий на Московском Центральном кольце, а также проведен расчет эффективности внедрения беспилотных технологий на МЦК.

Цифровая трансформация холдинга ОАО «Российские Железные Дороги» реализуется посредством внедрения проектов «Цифровая железная дорога». Приоритетным направлением в развитии инновационных технологий, применяемых в железнодорожном комплексе с целью цифровизации, является разработка и внедрение беспилотной системы движения поездов [1].

Беспилотные технологии – совокупность технологических систем, применяемых с целью автоматизации соответствующих процессов.

Разработка технологий в области беспилотного управления поездными составами в России началась в 2015 г. В 2019 г. было проведено тестовое испытание первого беспилотного электропоезда «Ласточка». В 2024 г. ОАО «РЖД» планирует запустить полностью беспилотное движение поездных составов на Центральном кольце в Москве [2]. Однако необходимо учитывать, что внедрение беспилотных электропоездов реализуется путем оснащения соответствующими технологиями Московского Центрального кольца.

Основными преимуществами компании «РЖД» по итогу внедрения беспилотной системы управления локомотивами являются:

- увеличение уровня спроса на перевозочный процесс железнодорожного комплекса;
- увеличение уровня эффективности процесса перевозки груза и пассажиров;
- повышение экономических показателей комплекса железных дорог;
- повышение конкурентоспособности страны.

Угрозами при реализации систем беспилотного управления электропоездами являются:

- возникновение внештатных ошибок;
- сложный уровень обучения сотрудников беспилотным технологиям;
- долгий срок реализации проекта;
- высокий уровень инвестиционных вложений в разработку технологий;
- автоматизация производства, в следствие чего сотрудники будут заменены новейшими технологиями.

Также необходимо отметить высокую значимость внедрения проекта беспилотной системы движения поездов, в результате которого повышается эффективность работы железнодорожного комплекса. К примеру, на Московском Центральном кольце (МЦК) изначально интервал между электропоездами составлял ровно 6 минут. В дальнейшем интервал сократили до 4 минут, в следствие чего повысился объем движения поездных составов в будние дни на 35% (количество рейсов возросло с 353 до 480 за сутки), в выходные дни – на 41% (количество рейсов возросло с 301 до 423). В

результате сокращения интервала между электропоездами «Ласточка» позволило создать около 570 тыс. мест для пассажиров. Кроме того, в дальнейшем планируется сократить интервал до трёх минут благодаря внедрению беспилотных технологий в железнодорожный комплекс, так как пассажиропоток постоянно возрастает [3].

Когда интервал между электропоездами составлял пять минут, то на центральном кольце курсировало 35 поездных составов. При четырехминутном интервале количество электропоездов увеличилось до 45, а продолжительность поездки сократилась с 89 до 87 минут. Таким образом сокращение интервала между электропоездами до трех минут позволит увеличить количество поездных составов и мест для пассажиров. Однако, на данный момент максимальная скорость электропоезда «Ласточка» составляет 120 км/ч на МЦК. При применении беспилотных технологий скорость электропоезда может быть значительно увеличена, в следствии чего, продолжительность поездки может быть значительно сокращена. Таким образом, увеличение количества электропоездов может не потребоваться, что приведёт к повышению экономической эффективности железнодорожного комплекса.

Московское центральное кольцо состоит из 31 станции. Электропоезд должен осуществлять посадку и высадку на каждой станции не менее одной минуты в соответствии с нормативными документами. Таким образом, в независимости от интервала движения поездов каждый состав тратит ровно 31 минуту на высадку и посадку пассажиров [4]. На основании полученных данных проведём расчёт времени движения электропоездов. При пятиминутном интервале продолжительность поездки составляет 89 минут, следовательно, электропоезд находится в движении 58 минут. При четырехминутном интервале продолжительность поездки составляет 87 минут, 56 минут из которых электропоезд находится в движении.

Линия Московского центрального кольца имеет расстояние 54 км. Отсюда следует, что при пятиминутном интервале средняя скорость электропоезда составляет 55,86 км/ч, при четырехминутном интервале скорость движения – 57,87 км/ч. При внедрении беспилотных технологий планируется сократить интервал между поездами до трех минут, следовательно, продолжительность поездки будет составлять 82 минуты, время движения – 51 минуту. Таким образом, скорость движения

электропоезда будет равна 63,53 км/ч. При данном увеличении скорости и сокращении интервала между электропоездами, увеличение количества составов, курсируемых на МЦК, не требуется [5].

Исходя из вышеперечисленных расчётов, сокращение интервала между электропоездами с пяти до трех минут сокращает продолжительность поездки с 89 до 82 минут, время движения поездов сократится с 58 до 51, в следствии чего средняя скорость электропоезда увеличится с 55,86 до 63,53 км/ч, что при количестве курсирующих составов в размере 44 и длины кольца 54 км, позволяет каждому электропоезду совершить дополнительный рейс. Вместимость электропоезда «Ласточка» составляет 1700 человек. Следовательно, при трехминутном интервале среднесуточное количество пассажиров увеличится до 570 тыс. человек, относительно 475 тыс. человек при пятиминутном интервале. Информация о результатах сокращения интервала между электропоездами представлена на рисунке 1.

Показатели	Интервал 5 минут	Интервал 4 минуты	Интервал 3 минуты
Время на остановку, мин	31	31	31
Общее время поездки, мин	89	87	82
Время на движение, мин	58	56	51
Количество рейсов, осуществляемое одним локомотивом	16	16,3	17,2
Среднесуточное количество пассажиров, тыс. чел	475	510	570

Рис.1. Итоговые показатели при сокращении интервала между электропоездами

На данный момент существует актуальная проблема перегруженности линий на Московском центральном кольце. Данную проблему позволяет решить внедрение беспилотных электропоездов, которые расширяют границы возможностей железнодорожного комплекса [6]. Однако также необходимо учитывать, что внедрение беспилотных систем реализуется путем применения совокупности дорогостоящих новейших технологий.

Вывод: в настоящее время Московское центральное кольцо функционирует на грани своих возможностей, то есть темпы прироста почти равны нулю. В связи с этим, внедрение и развитие беспилотной системы движения поездов позволит значительно увеличить пассажиропоток на Московском центральном кольце и в последствии в Российской Федерации. Таким образом, развитие технологий беспилотного движения в железнодорожном комплексе имеет большие перспективы и дает возможность повысить конкурентоспособность страны, увеличить спрос на перевозки грузов и пассажиров, а также улучшить экономические показатели холдинга ОАО «Российские Железные Дороги».

Список использованной литературы

1. Харнас А.В., Замуруева И.В., Левченко К.И. Цифровизация как источник конкурентного преимущества РЖД в долгосрочной перспективе / Пульт управления. Журнал для руководителей компании транспортной отрасли // АО «Издательский дом «Гудок». 2019. 35 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.pult.gudok.ru/upload/iblock/a18/pu_3_41_2019.pdf (дата обращения: 28.12.2022).
2. Кочетова А.О., Климова В.В. Определение экономически эффективного способа производства // Дни студенческой науки: Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. С. 54-58.
3. Тарасов Е.М., Тарасова А.Е. Разработка математической модели комплексной передаточной функции по напряжению в рельсовых линиях с распределенными параметрами // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2022): Труды Международной научно-технической конференции, Самара, 18–21 апреля 2022 года / Под редакцией С.А. Прохорова. Самара: Самарский научный центр РАН, 2022. С. 363-366.
4. Сарычева С.А., Особенности Европейской системы управления железнодорожным движением (ERTMS) в развитии инновационной инфраструктуры / С.А. Сарычева, В.А. Надежкин, А.О. Кочетова // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок: Сборник статей III Международной научно-практической конференции, Казань, 21–24 сентября 2022 года. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2022. С. 133-138.

5. Ковалёв Д.В., Косолапова Н.А., Лихацкая Е.А. Стратегии, инструменты и технологии цифровизации экономики: монография. Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2020. 226 с.

6. Комарова О.М. Перспективы и риски стратегического управления инновациями в условиях цифровизации экономики: монография / Государственный гуманитарно-технологический университет. Орехово-Зуево: Директ-Медиа, 2018. 102 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МОДУЛЬНЫХ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЕЙ НА МОРСКИХ СУДАХ

Лавриков В.А. – студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Аннотация

В статье рассматриваются основные преимущества применения современных модульных ядерных технологий расплавленных солей на морском транспорте. Представлены основные аспекты экономичности, надежности и безопасности использования малых модульных реакторов на морских судах. Выявлены причины, по которым технологии расплавленных солей больше всего подходят для внедрения в морской транспорт как военного, так и гражданского пользования.

Текущее развитие ММР (малых модульных реакторов) позволяет использовать их ядерную энергию в отдаленных регионах, в которых проблематично построить обычные, традиционные АЭС, в небольших поселениях, с населением около 100 тыс. человек, а также в транспортной отрасли, в частности, на подводных и надводных судах для военных и гражданских целей.

По сравнению с судами, использующими обычное судовое топливо, главное преимущество суден с ММР заключается в том, что они не нуждаются в частой дозаправке. Судно загружается топливом раз в 25 лет, что обеспечивает его безопасную эксплуатацию и большую автономность.

Обычно на судах с ЯЭУ (ядерными энергетическими установками) используют водо-водяные энергетические реакторы с водой под давлением (PWR), так как они достаточно компактны, устойчивы к морской качке,

отработаны и просты в управлении; помимо них также применяются реакторы на быстрых нейтронах и высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы. Но, несмотря на это, существует еще один тип реакторов, качества и характеристики которого в будущем могут позволить использовать его на морских судах; и это ЖСР (жидкосолевой реактор).

Основные преимущества ЖСР перед другими используемыми в этой области реакторами заключается в том, что:

Во-первых, реактор способен работать без охлаждающей его воды под высоким давлением при базовой работе реактора. В случае повышенного уровня нагрузки вода для охлаждения конденсаторов, конечно, нужна, но не в таких количествах.

Во-вторых, в отличие от более ранних разработок ММР, предназначенных для морского транспорта, выходная мощность ЖСР можно быстро и легко регулировать для конкретных условий, что добавляет судну маневренности.

В-третьих, эффективность использования топлива ЖСР в среднем на 30% больше, чем на водо-водяных реакторах.

Идея создания подобного рода реакторов появилась в 1950-х годах. Первый экспериментальный жидкосолевой реактор типа ARE (Aircraft Reactor Experiment) был запущен в 1954 году в США. Целью постройки ARE было создание высокотемпературного ядерного реактора с циркулирующим топливом для авиационного двигателя. За время эксперимента (девять дней) реактор выработал 96 МВт-ч тепла, топливная система проработала 462 ч, натриевая система – 635 ч. Реактор проработал 221 ч, из них 71 ч в режиме повышенной нагрузки. Успешное осуществление программы экспериментов на ARE показало, что жидкосолевой реактор с циркулирующим топливом обладает устойчивостью и саморегулированием. Во время работы ARE никаких проблем, связанных с механическими или химическими повреждениями материалов, не возникало. Однако ARE работал очень короткий период времени, и поэтому проблемы коррозии и совместимости материалов на нем и не могли быть исследованы. Тем не менее опыт работы ARE показал, что ЖСР с циркулирующим топливом могут представлять интерес и для стационарной энергетической установки.

В 1960-х годах американцы спроектировали ядерную энергетическую установку с жидкосолевым реактором MSBR-1000 (Molten-Salt Reactor

Experiment, 1000 МВт эл. мощности). МСРЭ проработал 5 лет. Соль была загружена в 1964 г., а ядерная эксплуатация закончилась в декабре 1969 г., и все цели эксперимента были достигнуты в этот период. Самый общий и, возможно, самый важный вывод из опыта MSRE заключался в том, что концепция реактора, работающего на жидком солевом топливе, жизнеспособна. Он работал в течение значительных периодов времени, предоставляя ценную информацию, а техническое обслуживание выполнялось безопасно и без чрезмерных задержек. MSRE подтвердил ожидания и прогнозы. Например, было продемонстрировано, что: топливная соль была невосприимчива к радиационному повреждению, графит не подвергался воздействию топливной соли, а коррозия Hastelloy-N (сплав на основе никеля) была незначительной. Основная часть элементов продуктов деления оставалась стабильной в соли. Добавление урана и плутония к соли во время работы происходило быстро и без происшествий, а извлечение урана фторированием было эффективным. Нейтронно-физические параметры, включая критическую нагрузку, коэффициенты реактивности, динамику и долговременные изменения реактивности, согласуются с предыдущими расчетами. Одним из неожиданных открытий было межкристаллическое растрескивание на всех металлических поверхностях, подвергшихся воздействию топливной соли. Причиной охрупчивания стал теллур – продукт деления, образующийся в топливе. Впервые это было отмечено на образцах, периодически извлекавшихся из активной зоны во время работы реактора. Послеэксплуатационное обследование кусков наконечника регулирующего стержня, трубок теплообменника и деталей стакана насоса выявило повсеместное распространение трещин и подчеркнуло их важность для концепции MSR. Рост трещины был достаточно быстрым, чтобы стать проблемой в течение запланированного тридцатилетнего срока службы последующего реактора-размножителя тория. Это растрескивание можно было бы на короткое время уменьшить, добавив небольшое количество ниобия к Hastelloy-N. Для оборудования этими реакторами морских судов требовалось решение этой проблемы, но после окончания данного эксперимента дальнейшие исследования технологии расплавленной соли прекратились. Тем не менее на сегодняшний день ведутся активные разработки в области ЖСР. Так к 2026 г. в США собираются представить жидкосолевой реактор KR-FHR электрической мощностью 140 МВт, КПД

45% и необычным для подобных реакторов топливом в виде сферических твэлов TRISO.

Важным достоинством жидкосолевого реактора для мореплавания является его высокая безопасность, которая, с одной стороны, опирается на пассивные системы безопасности, работа которых не требует каких-либо действий со стороны человека, а с другой стороны, на естественных системах безопасности (благодаря отрицательному температурному эффекту и пустотному эффекту, при нагревании или потере теплоносителя выработка тепла в активной зоне постепенно прекращается, то есть реактор самопроизвольно выключается, не позволяя теплоносителю и реакторному оборудованию перегреться и выйти из строя). Также стоит отметить, что схема с ЖСР является двухконтурной, а значит не подвергает экипаж корабля облучению.

Еще одна примечательная особенность ЖСР заключается в его теплоносителе. Оно представляет из себя смесь твердого уранового топлива с, как правило, хлоридной солью. Когда температура в реакторе достигает 400 градусов по Цельсию, данная смесь плавится без давления. Если эта смесь по причине аварии покинет пределы реактора, то никакого взрыва не последует, смесь просто остынет и кристаллизуется. Так как данная смесь практически не взаимодействует с водой и не горит, это поможет предотвратить крупные аварии на морском судне. Данная проблема особо актуальна для реакторов на быстрых нейтронах, так как в качестве теплоносителя для них используют жидкий натрий, который при взаимодействии с водой способен породить взрыв и принести значительный ущерб морскому судну.

Несмотря на все вышеперечисленные преимущества, многих по-прежнему волнует вопрос о том, что будет, если по каким-то причинам морское судно с таким реактором потонет; не случится ли так, что наличие на морском или океаническом дне реактора вызовет различные экологические проблемы, вплоть до уничтожения местной флоры и фауны в окрестности крушения? Опасения по поводу того, что произойдет с реактором, если судно затонет, преувеличены. Из 9 аварийно затонувших в открытом океане атомных подводных лодок (две американские, 7 советских/российских) как минимум 6 из них проходят регулярные проверки и не показали повышенного уровня радиации в районе. Вода является отличным радиационным щитом и быстро рассеивает любые небольшие количества радиоактивного материала, которые

могут покинуть активную зону. Кроме того, следует отметить, что PWR, которыми питаются подводные лодки, крупнее, сложнее и имеют больше шансов дать течь после затопления, чем рассматриваемые здесь жидкосолевые реакторы. Да и сами по себе PWR уже достаточно безопасны. Что касается кораблей, ВМС США запрещено швартовывать атомные суда в большинстве портов по всему миру из-за (ошибочных) соображений безопасности и позиции правительства. Насколько вероятно, что порты, которые не допустят судов с таким же строгим контролем и с такой долгой историей безопасной эксплуатации, как USN, допустят торговые суда с ядерными двигателями?

Помимо всего вышеперечисленного, ЖСР обладают еще одним интересным качеством, которое наверняка сделает их крайне востребованными в будущем. Прежде всего, технологии расплавленных солей позволяют повторно использовать ОЯТ (отработавшее ядерное топливо). При помощи данного реактора можно утилизировать наработанные другими реакторами радионуклиды, многие из которых имеют очень большой период полураспада (вплоть до 1 миллиона лет), что, несомненно, является важным фактором в развитии современной ядерной энергетики.

Список используемых источников

1. Валентайн, Г. Малая ядерная энергетика для коммерческих судов / The Maritime [Электронный ресурс]. URL: <https://maritime-executive.com/> (дата обращения: 06.01.2023).
2. Горчаков Д. Малые АЭС и зачем они нужны / Д. Горчаков. – Текст : электронный / Хабр. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/timeweb/blog/674834/> (дата обращения: 06.01.2023).
3. Модульная атомная электростанция на расплавленной соли для морских двигателей / The Maritime Executive. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.maritime-executive.com/> (дата обращения: 06.01.2023).
4. Ядерные реакторы 4-го поколения: можно ли решить оставшиеся проблемы ядерной энергетики? / ClimateScience. [Электронный ресурс]. URL: <https://climatescience.org/ru> (дата обращения: 06.01.2023).
5. Решетникова М. Почти вечный движок на энергии атома: вызовы ядерной энергетики / РБК Тренды [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/> (дата обращения: 06.01.2023).

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

Мухамадеев Э.З. - к.т.н., доцент кафедры механики и технологии машиностроения, Институт нефти и газа ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (филиал в г. Октябрьском)

Мухамадеев Э.Э. – студент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. Акмуллы»

Аннотация

В статье рассматриваются преимущества и недостатки автомобильного транспорта с водородным топливом. Отдельное внимание авторы уделяют последствиям значительного увеличения доли такого транспорта с точки зрения развития энергетической инфраструктуры и добычи полезных ископаемых.

В связи с ограниченным объёмом горючих полезных ископаемых энергетические потребности человечества всё в большей степени удовлетворяются за счёт т.н. нетрадиционных (альтернативных) источников топлива для автомобилей и энергетических установок. Одним из самых перспективных видов топлива является водород, который при окислении не образует парниковые газы в качестве продуктов сгорания, запасы водорода (в виде различных соединений) практически безграничны, у молекулярного водорода очень высокая энергоёмкость.

Актуальность работы обусловлена тем, что во всём мире успешно развиваются технологии в сфере возобновляемой энергетики и водород рассматривается как наиболее экологически чистая альтернатива. Правительства Российской Федерации 5 августа 2021 приняло Концепцию развития водородной энергетики в Российской Федерации, направленную на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту.

В качестве рабочей гипотезы примем тезис, что замена традиционных видов автомобильного топлива на водород позволяет уменьшить вредное воздействие на окружающую среду и является экономически эффективным способом использовать природные ресурсы.

Преимущества и недостатки водородного топлива

Основным преимуществом водорода является факт, что при горении он не выделяет никаких загрязняющих веществ.



При сгорании традиционного топлива - угля, нефтепродуктов, природного газа или дров - всегда возможно возникновение не только относительно безопасного углекислого газа (CO_2), но и ядовитого угарного газа (CO), а также частиц сажи или различных углеводородных соединений:



Но даже если горение организовано так, что образуется только CO_2 , остаётся проблема увеличения парникового эффекта, так как углекислый газ является наиболее опасным парниковым газом. При окислении водорода образуется только вода.

При сгорании 1 кг водорода выделяется больше тепла, чем у любого вида традиционного ископаемого топлива (табл. 1).

Табл. 1

Удельная теплота сгорания различных веществ в воздухе

№	Вещество	Удельная теплота сгорания, МДж/кг
1	Водород	140,9
2	Метан	50,1
3	Бензин	44
4	Дизельное топливо	42,7
5	Мазут	39,2
6	Каменный уголь	22
7	Дрова (берёзовые, сосновые)	10,2
8	Торф	8,1

Водород не может служить первичным источником энергии, так как не встречается на Земле в чистом виде (хотя согласно некоторым гипотезам, добывать водород теоретически возможно [6,7,8]). Его роль в энергетике – вторичное топливо, средство накопления и хранения химической энергии из других источников. Следовательно, сам процесс производства водорода сопровождается определенным воздействием на окружающую среду, которое будет определяться технологическими особенностями этого процесса. Даже наиболее экологически чистый способ извлечения водорода – электролиз воды – требует больше электрической энергии, чем потом выделится при окислении

полученного водорода, а большая часть электроэнергии сейчас получается из невозобновляемых углеводорода.

Существенным недостатком водорода является также взрывоопасность и высокая коррозионная активность (воздействие на металлы). В качестве водородопроводов предполагается использовать имеющуюся сеть трубопроводов природного газа, в основном из углеродистых сталей. Но такие трубопроводы при повышенных концентрациях водорода и высоких давлениях начинают ускоренно разрушаться [13].

Таким образом, при имеющемся сейчас уровне развития науки и технологии ни экологически, ни экономически водородное топливо не является более рентабельным, чем традиционные источники энергии.

Для промышленного получения водорода было предложено большое количество различных способов [2,3,5]. Основные методы получения водорода в промышленности можно сгруппировать в следующие:

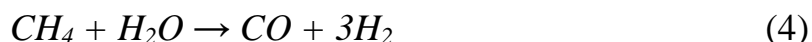
- а) химические методы;
- б) электрохимические методы;

Химическими методами водород можно получить из водяного пара, газообразных или жидких углеводородов (природные и попутные газы; газы нефтепереработки и т.д.).

Например, в результате так называемой газопаровой конверсии угля, над раскаленным углем пропускают водяной пар. При высокой температуре атомы водорода в воде замещаются на атомы углерода. В результате реакции образуется угарный газ и водород:



Вместо угля можно использовать газ метан, тогда водорода получается больше:



Эта реакция также протекает при высокой температуре (около 1000 °С) и включает несколько стадий.

При высокой температуре водород можно получить из метана без участия воды. Вместо угарного газа тогда получается технический углерод, который можно использовать в промышленности:



Из электрохимических способов самым известным является гидролиз воды:



Водород и кислород выделяются на электродах, через которые в воде проходит электрический ток.

Преимущества и недостатки водородных двигателей для автомобилей

Использовать водород в обычных двигателях внутреннего сгорания, где топливо смешивается с воздухом и воспламеняется в поршневых камерах, нецелесообразно из-за высокой детонационной способности и низкого КПД.

На серийных автомобилях с водородными баками используются топливные элементы, где химическая энергия водорода превращается сначала в электрическую с помощью специальной мембраны, которая разделяет собой камеры с анодом и катодом. В первую поступает водород, а во вторую – кислород из воздухозаборника. Каждый из электродов мембраны покрывают слоем катализатора, в результате чего водород начинает терять электроны – отрицательно заряженные частицы. В это время через мембрану к катоду проходят протоны – положительно заряженные частицы. Они соединяются с электронами и на выходе образуют водяной пар и электричество.

Таким образом, водородный автомобиль является разновидностью электромобиля, у которого вместо аккумулятора используется комплекс «водородный бак - топливный элемент». Его основные преимущества по сравнению с ДВС те же, что у всех электромобилей:

1. Простая конструкция двигателя.
2. Бесшумность.
3. КПД электродвигателя на водородном топливе намного выше, чем у ДВС.

По сравнению с другими электромобилями у водородных выше запас хода, потому что водород хранит намного больше энергии, чем литий-ионный аккумулятор той же массы. Однако есть у водородных электромобилей и существенные недостатки:

1. Дорогой и сложный способ получения топлива в промышленных объемах.
2. Отсутствие водородной инфраструктуры заправок автотранспорта.
3. Не разработаны стандарты транспортировки, хранения и применения водородного топлива.

4. Несовершенство технологий хранения водорода, который легко улетучивается и разрушает металлы.
5. Дорогие водородные элементы.
6. Большой вес транспорта. Топливные элементы и баки с водородом весят немало и обладают внушительными габаритами.

Расчёт производства водородного топлива электролизом воды

Среди всех известных промышленных способов получения водорода наиболее экологически чистым традиционно считается электролиз воды. Если водород получен из электроэнергии от возобновляемых источников, он условно называется «зелёным», если из других источников – «оранжевым» [10]. Если мы предположим, что произошёл переход всего автомобильного транспорта на водородное топливо, то для производства необходимого количества водорода необходимо генерировать дополнительное количество электроэнергии.

Потребление нефти в 2017 г. составило для Российской Федерации 153 млн т.н.э., при этом для транспорта используется в среднем 46% добываемой нефти [11]. Если принять 1 т.н.э. за 42 ГДж, общее годовое потребление нефти для транспортных сопровождается выделением энергии

$$153 \times 10^6 \text{ т.н.э.} \times 0,46 \times 42 \times 10^9 \text{ Дж/т.н.э.} = 2,96 \times 10^{18} \text{ Дж,}$$

что соответствует 824 млрд кВтч. За тот же 2017 г. валовая выработка электроэнергии в России на всех электростанциях составила 1094,2 млрд кВтч [12]. КПД процесса электролиза не превышает 70%, поэтому для полной замены ископаемого топлива «зелёным» и «оранжевым» водородом в России придётся создавать сопоставимую с существующей отдельную систему электрогенерации, состоящую только из атомных, солнечных, ветряных и гидроэлектростанций.

Расчёт производства водородного топлива пиролизом метана

Из всех химических способов производства водорода мы рассмотрим только пиролиз метана, который не сопровождается выделением парниковых газов (включая водяной пар), так как водород является единственным газообразным продуктом реакции.



Реакция эндотермическая, тепловой эффект составляет 74,86 кДж/моль, протекает при температуре выше 1000°C. Из каждых 16 г метана получается 4 г водорода, которые при сгорании могут выделить до 241,82 кДж тепловой энергии. Для замены нефтяного топлива в количестве, рассчитанном в п. 2.1, необходимо произвести 244 млн т водорода, для чего потребуется добыть 976 млн т природного газа, что соответствует объёму в 1,381 трлн м³. Валовая добыча природного газа в России за 2020 г. составила 599 млрд м³. Следовательно, для обеспечения только сырьевых потребностей производства водорода методом пиролиза метана потребуется увеличить объем добычи природного газа более чем в два раза. Затраты энергии на нагрев метана также потребуют дополнительных затрат того же метана или другого топлива, что может привести к выбросам парниковых газов и сведёт на нет экологический эффект от использования водородного топлива [1]. Кроме того, продуктом реакции является твёрдый технический углерод, масса которого в три раза больше массы полученного водорода и составит при заданных условиях 732 млн т.

Выводы:

- использование водорода в качестве топлива для автомобилей на топливных элементах снижает выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ в процессе эксплуатации автомобиля;
- инфраструктура производства водорода в зависимости от используемых источников химической или электрической энергии является источником выбросов и других отходов;
- эксплуатация автомобилей на водороде требует увеличения энергетических затрат по сравнению с двигателями на ДВС;
- если значительная часть автомобильного транспорта будет использовать водородное топливо, то потребуется производить намного больше электроэнергии и добывать полезных ископаемых, чем сейчас, при том же количестве транспорта.

Список используемых источников

1. Мухамадеев Э.З. Термохимические ограничения развития водородной энергетики / Э.З. Мухамадеев, Э.Э. Мухамадеев // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2022: Сборник трудов международной

научно-технической конференции, Октябрьский, 25 марта 2022 года. Октябрьский: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Октябрьском, 2022. С. 661-665.

2. Кузнецов О.А. Сравнительная оценка методов производства водорода / О.А. Кузнецов, А.С. Балугев, А.И. Вальцева / Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений, Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2017. С. 822-827.

3. Козлов С.И. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы / С.И. Козлов; С.И. Козлов, В.Н. Фатеев; под ред. Е. П. Велихова; Открытое АО «Газпром», О-во с ограниченной ответственностью «Газпром ВНИИГАЗ». М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. 518 с.

4. Хамидуллина А.С. Экологические стратегии человечества / А.С. Хамидуллина, Э.З. Мухаммадеев / Материалы 48-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, Октябрьский, 23 апреля 2021 года. Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. С. 1245-1248.

5. Арсланов И.Г. Проблемы экологизации в химической технологии и их решение при интенсификации технологических процессов / И.Г. Арсланов, Р.Ш. Муфазалов, Р.И. Арсланов // Современные технологии нефтегазового дела: Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции, Октябрьский, 30 ноября 2007 года. Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2007. С. 36-37.

6. Сабитова, Л.Р. Основы теории происхождения нефти В.И. Вернадского / Л.Р. Сабитова, Х.Н. Ягафарова, А.Н. Зайдуллина // Материалы 47-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, Октябрьский, 24 апреля

2020 года. Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2020. С. 888-891.

7. Патент № 2244817 С1 Российская Федерация, МПК С01В 3/04, С01В 3/06, С01В 3/08. Способ использования вещества мантии земли для получения водорода: № 2003130407/03: заявл. 15.10.2003: опубл. 20.01.2005 / В. Н. Ларин.

8. Колбина Т.Ю. Водородная энергетика как новый этап мировой энергетики / Т.Ю. Колбина, И.К. Набиева, А.Н. Абдысадыкова // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 40. С. 266-269.

9. Чугунов Д.Н. Анализ стоимости водорода при централизованном производстве // Теория и практика приоритетных научных исследований: сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Смоленск, 13 августа 2019 года. Смоленск: МНИЦ «Наукосфера», 2019. С. 63-65.

10. «Зеленый» и/или «голубой» водород / М.Х. Сосна, М.В. Крючков, М.В. Масленникова, М.В. Пустовалов // Нефтегазохимия. 2020. № 3-4. С. 21-23. DOI 10.24412/2310-8266-2020-3-4-21-23.

11. Голубева А.С. Повышение эколого-экономической безопасности применением альтернативных видов топлива и энергии автотранспортом России: проблемы и перспективы / А.С. Голубева, Е.Р. Магарил // Инновационное развитие экономики. 2019. № 5-2(53). С. 85-94.

12. Крюков С.В. Анализ объема производства электрической энергии: динамика и прогноз / С.В. Крюков, О.М. Фаттахова // Концепции устойчивого развития науки в современных условиях: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 6 частях, Казань, 14 декабря 2017 года. Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2017. С. 4-8.

13. Сурков Д.К. Роль водорода в стресс-коррозии / Д.К. Сурков, Д.Р. Амельченко, А.Р. Хасанова / Современные технологии в нефтегазовом деле – 2021: сборник трудов международной научно-технической конференции / коллектив авторов. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2021. С. 700-706.

КОНТРОЛЬ ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ТРАНСПОРТА

Писарева А.С. – студент, Белорусский государственный университет транспорта

Кравченко А.В. – магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Учетные системы и технологии бизнес-менеджмента»; Белорусский государственный университет транспорта

Аннотация

В статье раскрывается сущность и значение материальных ценностей через их классификацию и формирование аналитического учета, а также рассматривается контроль как возможность достичь полного и своевременного обеспечения предприятия всеми видами необходимых затрат, в частности топливом и материалами, которые выступают обязательным условием организации производства.

Любое предприятие в своей деятельности основывается на потреблении материальных ресурсов, при этом являющиеся одной из статей формирования себестоимости продукции, что говорит об непосредственной взаимосвязи с конечным результатом деятельности. И для того, чтобы способствовать непрерывному производству продукции, оказанию услуг и выполнению работ необходимо иметь на предприятии совокупность материально-вещественных благ.

В обеспечении рациональной организации системы учета, контроля и анализа за материальными ресурсами нужна их четкая классификация (табл. 1).

Табл. 1

Классификация материальных ресурсов

<i>Критерий</i>	<i>Типы материалов и сырья</i>
Целевое назначение	– специализированные (ресурсы, которые направлены на изготовление конкретного вида продукции); – общие (ресурсы для производства всей номенклатуры готовой продукции).
Использование в производственном цикле	– готовая продукция; – незавершенное производство; – материальные запасы.
Особенности происхождения	– первичные; – вторичные.

Значимость для производственного процесса	<ul style="list-style-type: none"> – незаменимые (обязательное наличие, и замена невозможна или приводит к существенному снижению качества готовой продукции); – заменимые (возможна замена аналогами без изменения качества продукции).
Потребление в процессе производства	<ul style="list-style-type: none"> – накопительные (формирование запасов ресурсов, предназначенные для обеспечения ритмичного производства, или в случае ожидаемого повышения цен на ресурсы); – текущие (необходимы для обеспечения текущих производственных нужд).
Предложение (наличие)	<ul style="list-style-type: none"> – дефицитные (при закупке (использовании) которых спрос (потребность) превышает предложение (имеется остаток)); – избыточные (при закупке или использовании ресурсов наблюдается избыточное предложение (имеется остаток, превышающий текущую потребность); – стабильные (спрос (потребность) соответствует предложению (остатку)).
Прочие характеристики	<ul style="list-style-type: none"> – отходы (обрубки, обрезки, стружка и т.п.) – изношенные (утильная резина и изношенные шины и т.п.) – неподлежащие использованию (металлолом, утильсырье)

Представленная классификация материально-технических ресурсов не является исчерпывающей, однако может облегчить, например, выбор транспортных средств для их доставки (автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный, специализированный транспорт) в зависимости от грузов (их габаритов, веса, агрегатного состояния), также позволит конструкторам и строителям учитывать при строительстве складских комплексов и терминалов особенности складываемых и накапливаемых материально-технических ресурсов (сыпучие, жидкие, газообразные и другие продукты) и т. д. [3].

Для непрерывной работы предприятия, нужно целиком удовлетворить потребность в материальных ресурсах источниками покрытия. Ритмичная и бесперебойная работа предприятия должна обеспечиваться своевременным поступлением необходимых ресурсов из соответствующих источников, как внешних, так и внутренних:

- внутренние: уменьшение отходов производства, собственное изготовление материалов, использование вторичного сырья, экономия материальных ресурсов с помощью внедрения в производство достижений научно-технического прогресса;

– внешние: поступление материальных ресурсов от поставщиков в соответствии с договорами.

Классификация по железнодорожному транспорту имеет свои отличия (рис. 1). В силу того, что «производство» продукции транспортом не имеет вещественной формы, а заключается в непосредственном перемещении грузов и пассажиров, то железная дорога не использует сырье и, тем более, не применяет деление материалов на основные и вспомогательные [5].



Рис. 1. Классификация материальных ресурсов на железнодорожном транспорте

Из представленной классификации можно сделать вывод, что группировка материальных ресурсов и их номенклатура на железной дороге значительно отличается от общепринятой в связи со спецификой деятельности. Например, только на железной дороге используются новые рельсы, скрепления, переводные механизмы, имеющие заранее определенное назначение, материалы верхнего строения пути, шпалы, строительные материалы, запасные части для ремонта основных средств, отдельные виды комплектующих изделий.

Рассматривая в целом контроль затрат со стороны руководства, то следует сказать, что он направлен на поиск лучших и более экономичных способов выполнения каждой операции. Контроль затрат – это просто предотвращение отходов в существующей среде. Эта среда состоит из согласованных методов

работы, для которых были разработаны стандарты, также в центре внимания находятся затраты, их виды, места возникновения и принципы учета и управления ими.

Например, для достижения определенного результата в работе предприятия применяют контроллинг, как направление деятельности, которое поддерживает и координирует процессы планирования производства, в том числе обеспечении контроля затрат. Точно построенная система контроллинга охватывает все направления деятельности организации, позволяет осуществлять координацию работы структурных подразделений, предвидеть возможные проблемы и осуществлять превентивные меры по их недопущению, а также способствует обеспечению устойчивости финансового состояния предприятия [4].

Управление затратами предприятия является одним из основных элементов в построении системы контроллинга и вдобавок не может заключаться в простом уменьшении затрат. Используя данный вид контроля, можно найти наилучшие решения для принятия соответствующих шагов в достижении определенного уровня дохода, в оценке результатов деятельности и, в случае необходимости, принятии соответствующих мер. В процессе управления осуществляется планирование и установление уровня затрат, перерасчет и контроль затрат, определяются факторы, влияющие на затраты, идентифицируются проблемные области и выполняются необходимые корректировки. Управлением затратами должно начинаться уже на производственной стадии.

Исторически, как одна из крупнейших государственных организаций корпоративного типа, система бухгалтерского учета ГО «БЖД» включала отдельные элементы управленческого учета. В частности, субсчета второго порядка затратных счетов представляли собой трехзначный шифр статьи Номенклатуры расходов с добавлением знака элемента затрат [2].

Вместе с тем, методологической основой системы управленческого учета является отделение счетов по учету затрат от общей системы счетов. То есть, создавая специальный счетный план, используемый управленческим учетом, или выделяя в общем плане специальные разделы, обобщающие счета управленческого учета. Принятая и реализуемая на Белорусской железной дороге с начала 2000-х годов Концепция развития корпоративной информационной системы, исторические предпосылки и отраслевые особенности повлияли на выбор второго пути в развитии системы управленческого учета: создание интегрированной системы учета затрат в рамках ЕК ИСУФР.

С учетом повсеместного внедрения автоматизированной системы учета (модуль ТБУ ЕК ИСУФР) в деятельность структурных подразделений железной дороги и ее увязки с иными модулями программы внутрихозяйственный контроль стал более гибким, мобильным, менее ресурсозатратным для главного бухгалтера, что связано с возросшей возможностью обработки больших объемов данных и автоматической сверки, проводимой системой без участия человека. К примеру, контроль затрат на каждом из этапов: на момент их отражения бухгалтером, при закрытии отчетного периода, составлении контрольных форм отчетности, а также предоставлении в Управление железной дороги для отражения в формате МСФО.

Так, алгоритмы ЕК ИСУФР построены таким образом, что все затраты, разносимые по соответствующим статьям затрат и внутренним заказам, уже имеют связи с отдельными элементами затрат, что исключает их ошибочное разнесение на иные строки. Это позволяет главному бухгалтеру осуществить первоначальный этап внутреннего контроля, связанный с недопущением неверного разнесения затрат.

Определенный технический регламент устанавливает набор циклов распределения, на основании которых происходят распределения затрат на общехозяйственные и общепроизводственные, что сокращает риск допущения ошибки, связанной с человеческим фактором.

После закрытия затрат по отчетному периоду происходит составление отчета по статьям затрат (транзакция ZFI_ZATRAT), который используется для анализа затрат по дополнительной аналитике к статьям номенклатуры расходов.

Разработанный ЕК ИСУФР модуль СО «Контроллинг» по учету, распределению и анализу расходов позволяет автоматизировать процесс распределения затрат по производству и использовать информационные технологии для целей управления затратами в полном объеме.

Данный модуль предусматривал одну функциональную особенность: использование дополнительного (технического) счета бухгалтерского учета. На этот счет попадают все расходы предприятия, независимо от их классификации, согласно первичным документам, распределяя в дальнейшем по соответствующим счетам.

Все затраты, совершаемые организацией, должны предварительно учитываться на счете 32 «Управленческий учет затрат на производство».

Аналитический учет по счету 32 «Управленческий учет затрат на производство» ведется по элементам и строкам формы статистической отчетности

4-ф затраты. По кредиту счета 32 «Управленческий учет затрат на производство» списываются сгруппированные затраты по элементам и статьям в дебет счетов учета затрат 20 «Основное производство», 23 «Вспомогательные производства», 29 «Обслуживающие производства и хозяйства», 44 «Расходы на реализацию». В конце отчетного месяца счет 32 «Управленческий учет затрат на производство» закрывается. Для закрытия создан технический счет 32 АА 999991(9), который определен как счет результата.

В разрезе счета открываются субсчета первого порядка:

32-01 «Расходы на оплату труда»;

32-02 «Отчисления на социальные нужды»;

32-03 «Материалы»;

32-04 «Топливо»;

32-05 «Электроэнергия»;

32-06 «Амортизация основных средств и нематериальных активов»;

32-07 «Прочие затраты».

Компонент СО «Контроллинг» предоставляет в распоряжение функции по планированию и перерасчету затрат на основе различных методов учета затрат [1].

Использование модуля СО «Контроллинг» включает функционал, представленный на рисунке 1.2.



Рис. 2. Функционал модуля СО «Контроллинг»

Система контроллинга, на сегодня, все чаще дополняет систему контроля, и обеспечивает более эффективное управление предприятием в целях долговременного существования ее на рынке. Контроллинг представляет собой инструмент управления за достижением высоких конечных результатов деятельности предприятия. Таким образом, контроль выступает в качестве функции контроллинга. А для обеспечения непрерывного перевозочного процесса и своевременного удовлетворения потребностей народного хозяйства в перевозках

необходимо соблюдать важнейшее условие: наличие материальных ресурсов в достаточном объеме и структуре.

Список используемых источников

1. Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 23 октября 2006 г. N 47 «Об утверждении дополнительного счета бухгалтерского учета, предназначенного для использования организациями, входящими в состав Белорусской железной дороги, и Инструкции по применению дополнительного счета бухгалтерского учета, предназначенного для использования организациями, входящими в состав белорусской железной дороги». 2006. N 8/15322.

2. Гизатуллина В.Г. Бухгалтерский управленческий учет на железнодорожном транспорте: учеб. / В.Г. Гизатуллина, С.Л. Шатров; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. Гомель: БелГУТ, 2022. 361 с.

3. Керимов В.Э. Бухгалтерский управленческий учет: учеб. для бакалавров / В.Э. Керимов. 10-е изд., перераб. М.: Дашков и К, 2019. 399 с

4. Шатров С.Л., Экономический контроль на железнодорожном транспорте: учеб. пособие / С.Л. Шатров, В. Г. Гизатуллина; М-во трансп. И коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. Гомель: БелГУТ, 2019. 295 с.

5. Гизатуллина В.Г. Методологические подходы к формированию расходов и себестоимости услуг инфраструктуры железнодорожного транспорта: [монография] / В.Г. Гизатуллина, Н.В. Здановская. Гомель: БелГУТ, 2014. 233 с.

ОСОБЕННОСТИ РЕГРЕССИИ ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО РАЗМЕРА ШЕСТЕРЁН МАСЛЯНЫХ НАСОСОВ ДИЗЕЛЕЙ И ГИДРОПРИВОДОВ НА ЭФФЕКТИВНЫЙ РАБОЧИЙ ОБЪЁМ

Стефановский А.Б. – к.т.н., доцент, Мелитопольский государственный университет имени А. С. Макаренко

Аннотация

Рассмотрены особенности регрессии определяющего размера шестерён (среднего геометрического ширины и наружного диаметра) масляных насосов с внешним зацеплением, установленных в различных отечественных дизелях и применяющихся в гидроприводах, на эффективный рабочий объём этих насосов. Для подгрупп опытных точек, описанных линиями регрессии, перечислены стандартизированные обозначения моделей дизелей и семейства насосов гидроприводов.

В статье [5] приведены графики, математические модели и некоторые статистические показатели для регрессий основных размеров шестерён (ширины b_g , наружного диаметра d_{exg} , модуля зацепления m_g , определяющего размера $\sqrt{(b_g d_{exg})}$) масляных насосов (МН) с внешним зацеплением на их эффективный рабочий объём (ЭРО) V_{ep} и отношение V_{ep}/b_g . ЭРО равен отношению номинальных значений подачи масла и частоты вращения шестерён МН и в данной работе измеряется в кубических сантиметрах или миллилитрах (за один оборот шестерён). Установлено, что регрессии $\sqrt{(b_g d_{exg})}$ на V_{ep} отличаются меньшим разбросом опытных точек и более высокими показателями точности, чем регрессии этого размера на V_{ep}/b_g . Недостатком этого материала является то, что в [5] математически описаны только линии регрессий для основной совокупности точек (примерно $1/2$ общей численности) и не охарактеризованы подгруппы дизелей, МН которых описаны различными линиями регрессии. Этим затрудняется практическое использование найденных зависимостей. Также не проводилось их сопоставление с аналогичными зависимостями, свойственными для семейств шестерённых МН с внешним зацеплением, применяющихся в гидроприводах.

Цели работы – описать поля опытных точек и линии на графике регрессии определяющего размера шестерён МН, установленных в системах смазки отечественных четырёхтактных дизелей различного назначения, на ЭРО этих насосов; построить аналогичный график для шестерённых МН, применяющихся в гидроприводах, и сопоставить оба графика.

Исходные количественные данные о МН, установленных в системах смазки дизелей, и источники сведений приведены в работе [5], а для МН гидроприводов взяты из работы [4]. Если МН имел две неравноценные секции, то рассматривалась нагнетательная, а для дизелей с более чем одним МН рассматривались МН, подающие масло в дизель.

На рис. 1 представлен в логарифмических координатах график регрессии определяющего размера шестерён МН, установленных в системах смазки различных дизелей, на ЭРО. Обозначениями точек отражено назначение дизелей: треугольник, вытянутый вверх – МН тракторного дизеля (светлый Δ – с жидкостным, тёмный \blacktriangle – с воздушным охлаждением); треугольник с правосторонней симметричной вершиной – МН автомобильного дизеля; треугольник с левосторонней симметричной вершиной – МН стационарного или судового дизеля; прямоугольный треугольник с правосторонним катетом – МН тепловозного дизеля; квадрат – МН многоцелевого дизеля (применяющегося на различных транспортных средствах и стационарных установках); три тёмных треугольника 3-го и 4-го вида относятся к МН трёх дизелей иностранного производства (фирм «МАН» и «ЧКД Прага»). Одинаковые точки соединены тонкой горизонтальной линией, если шестерни с данным размером применялись в МН дизелей, различавшихся значениями ЭРО.

Большинство линий регрессии, показанных на рис. 1 и 2, с удовлетворительной точностью описаны степенными функциями вида

$$\sqrt{b_g d_{exg}} = a V_{ep}^b, \quad (1)$$

где a и b – числовые параметры, найденные с помощью метода наименьших квадратов и затем округлённые. Значения их и показателей точности степенных функций (1) и других функций, относящихся к линиям регрессии на рис. 1 и 2, приведены в таблице 1.

Степенная функция (1), описывающая основную совокупность точек на рис. 1 (линия 1), может применяться к МН следующих дизелей:

а) тракторных рядных 2Ч {7,9 и 8,8}/8,2, 4Ч 11/12,5, 4Ч 11/13, 4Ч 11,5/13, 4Ч(Н) 12/14, 4Ч 13/14, 4ЧН 14,5/20,5 и V-образных 6ЧН 13/11,5, 6Ч 13/14, 12Ч 13/14;

б) автомобильных V-образных {6 и 8}Ч(Н) 13/14, 8ЧН 13/14, 12Ч(Н) 13/14;

в) стационарных и судовых рядных 1Ч 8,5/8,0, 4Ч {8,5 и 9,5}/11, 6ЧН 12/14, 6Ч 15/18, {6 и 8}ЧСП(Н) 18/22, 12ЧН 18/20, {6 и 8}Ч 23/30 (конструкция МН №2), 6Ч(РН) 36/45, 6ЧН 40/46 («МАН»);

г) тепловозных V-образных 12ЧН 18/20, 12ЧН 26/26 и рядного 6ЧН 31,8/33 (конструкция МН №1 при пониженном V_{ep});

д) многоцелевых V-образных 8ЧН 14/14, 12Ч 15/18, {6 и 8}ЧН 21/21.

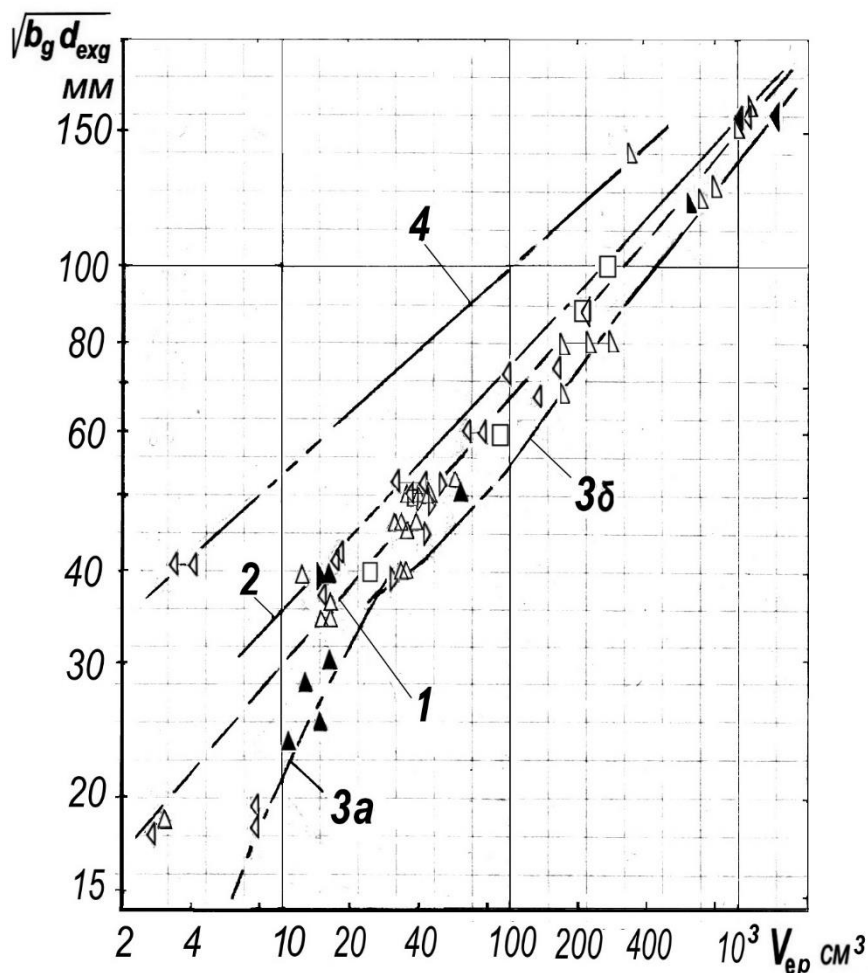


Рис. 1. Линии регрессии определяющего размера шестерён МН отечественных дизелей на ЭРО этих насосов [5]: 1 – для основной совокупности точек; 2 – для МН с повышенным определяющим размером; 3а и 3б – для МН с пониженным определяющим размером; 4 – для побочной подгруппы точек (для двух конструкций МН)

Здесь модели дизелей указаны в стиле ГОСТ 4393; ради краткости использовано общее обозначение (с фигурными скобками) для двух вариантов дизеля, отличающихся по количеству цилиндров или одному из их размеров; в круглых скобках указаны буквы необязательных модификаций, например, (Н) – турбонаддув может отсутствовать или иметься. Одна и та же конструкция

МН могла быть отрегулирована на разные значения подачи масла, вследствие чего количество точек, относящихся к данной линии регрессии, немного больше количества рассмотренных конструкций МН. Также в ряде случаев не были известны точные размеры шестерён, вместо которых использовались предполагаемые интервалы их изменения, а при обработке материала учитывались предельные предполагаемые размеры.

Табл. 1

Числовые параметры и показатели точности для линий регрессии, описанных степенными функциями вида (1) и другими функциями

Линия (рис.)	Коэффициент a	Показатель степени b	Количество конструкций насосов	Среднеквадратичное отклон., мм	Пределы относительной погрешности (ОП) (\pm), %	Средняя по абсолютной величине ОП, %
1 (1)	12,85	0,36	32	2,5	около 8	3,3
2 (1)	16,8	0,32	11	1,7	около 6	около 2
3а (1)	$e^{-0,88}$	-	6	1,6	около 10	около 5
3б (1)	$e^{-1,03}$	-	14	4,5	около 10	несколько выше 4
4 (1)	28,7	0,27	2	1,4	около 4	несколько выше 2
1' (2)	10,1	0,372	31	1,9	несколько выше 8	около 4
2' (2)	11,3	0,370	6	0,64	несколько ниже 3	1,5
3' (2)	9,0	0,377	3	0,65	не более 1,5	1,0

Степенная функция (линия 2 на рис. 1), с удовлетворительной точностью описывающая регрессию определяющего размера шестерён МН на ЭРО для 11 конструкций насосов с повышенным этим размером, может применяться к МН следующих дизелей:

- а) тракторных рядных 4Ч 9,5/12, 4Ч 10,5/13, 4Ч 12,5/15,2;
- б) автомобильных 2-тактных рядных {4 и 6}ДН 10,8/12,7;
- в) стационарных и судовых 4Ч 10,5/13, 6Ч 12/14, 6Ч 23/30 (конструкция МН №1), 6ЧСП(Н) 18/22, 6ЧРН 36/45, 6ЧН 40/46 («МАН»);
- г) тепловозных V-образных 16ЧН 26/26;

д) многоцелевых V-образных 12ЧН 21/21.

МН некоторых дизелей из пункта «в») были упомянуты в предыдущем перечне, так как соответствующие точки расположены между линиями 1 и 2 (аналогичная ситуация отмечается и далее).

Для МН дизелей, отличавшихся пониженным определяющим размером шестерён, соответствующая подгруппа точек была разделена на две части, описанные более сложными зависимостями (линии 3а и 3б, стыкующиеся при ЭРО около 30 мл):

$$\sqrt{b_g d_{exg} (3a)} = \exp(-0,88 + 2,2 \ln(V_{ep} + 3) - 0,26 \ln^2(V_{ep} + 3)); \quad (2)$$

$$\sqrt{b_g d_{exg} (3б)} = \exp(-1,03 + 1,33 \ln(V_{ep} + 70) - 0,068 \ln^2(V_{ep} + 70)). \quad (3)$$

Зависимость (2) может применяться к 6 конструкциям МН следующих дизелей:

- а) тракторных рядных 2Ч 9,5/12, 2Ч 10,5/12, 4Ч 10,5/12, 1Ч 12,5/14;
- б) автомобильного V-образного 8Ч 12/12 (конструкция МН №1);
- в) стационарных и судовых {1 и 2}Ч 10,5/13.

Зависимость (3) может применяться к 14 конструкциям МН следующих дизелей:

- а) тракторных рядных 4Ч 14,5/20,5 и V-образных 8ЧН 15/16;
- б) автомобильных V-образных 8Ч(Н) 12/12 (конструкция МН №2), 8ЧН 12/13;
- в) стационарных и судовых 6Ч 23/30 (конструкция МН №2), {6 и 8}Ч(Н) 25/34, 9ЧН 40/46 («МАН»);
- г) тепловозных рядных 6ЧН 21/21, 6ЧН 31/36 («ЧКД Прага»), 6ЧН 31,8/33 (конструкция МН №1 при повышенном V_{ep}) и V-образных 16ЧН {24 и 25}/27;

д) многоцелевых V-образных 8ЧН 14/14.

Наконец, линия 4 регрессии вида (1) описывает точки для двух несходных и редко встречающихся конструкций МН, установленных в дизелях: стационарных и судовых {1 и 2}Ч 8,5/11; тепловозных – рядном 6ЧН 31,8/33 (конструкция МН №2) и V-образном 8ЧН 26/26. У этих МН значения определяющего размера шестерён особо велики.

В целом на рис. 1 видно, что чем выше расположена линия регрессии, тем меньше показатель степени b у ЭРО в соответствующей формуле: если для

линии 3а этот показатель немного ниже 0,6, то для линии 4 он равен 0,27, а для большинства конструкций МН находится в пределах от 0,32 до 0,36 (что в среднем близко к кубическому корню из ЭРО). Поэтому определяющий размер шестерён наиболее чувствителен к изменению ЭРО для конструкций МН, установленных на дизелях, перечисленных выше для зависимости (3а); половина из них – это небольшие тракторные с воздушным охлаждением. Для других же конструкций МН определяющий размер шестерён мало чувствителен к изменению ЭРО.

При проектном расчёте МН ЭРО вычисляется со значительной неопределённостью, заложенной в параметрах относительного теплоотвода в масло, изменения температуры масла, частоты вращения шестерён и коэффициента запаса подачи масла [3]. Но несмотря на это, представленные выше различные математические описания регрессии определяющего размера шестерни на ЭРО дадут ограниченный интервал изменения определяющего размера шестерён насоса. Тогда, если один из их размеров (b_g или d_{exg}) будет найден каким-либо способом или принят по прототипу, то легко определить интервал изменения второго из этих размеров, как частное от деления квадрата определяющего размера на известный размер шестерни.

В качестве примера использования описанных зависимостей найдём определяющий размер шестерён МН автомобильных V-образных дизелей с размерами цилиндров 10/10 и 11/10, разработанными на базе известных карбюраторных двигателей ЗИЛ [2]. Предположим, что ЭРО этого насоса такой же, как и при установке на базовый карбюраторный двигатель – примерно $(48 \cdot 10^3 \text{ мл/мин}) : (1600 \text{ 1/мин}) = 30 \text{ мл}$. Заметим, что в автомобильных V-образных дизелях ЗИЛ с размерами цилиндров 11/11,5 и 11,5/11,5 применялись МН такие же, как в V-образных дизелях 8Ч 12/12 (КамАЗ-740). Для этой конструкции МН известно, что ЭРО находится в пределах от 29 до 31 мл, а соответствующие точки расположены на стыке линий 3а и 3б (рис. 1). Тогда считаем, что и для V-образных дизелей с размерами цилиндров 10/10 и 11/10 точка, характеризующая МН с ЭРО 30 мл, расположена там же, и с помощью (3б) получим определяющий размер шестерни насоса $\sqrt{(b_g d_{exg})} \approx 38,6 \text{ мм}$. Согласно фактическим размерам шестерён нагнетательной секции МН базового карбюраторного двигателя [1], их определяющий размер равен 40,0 мм, то есть расчётная оценка этого размера выполнена с относительной погрешностью минус 3,5%. Полученное расхождение вычисленного и

фактического значений определяющего размера шестерён МН можно считать приемлемым.

На рис. 2 представлен график регрессии определяющего размера шестерён МН, применяющихся в различных гидроприводах, на ЭРО. При этом последний равен произведению номинального коэффициента подачи (КП) на геометрический рабочий объём МН V_p , где значение КП (от 0,90 до 0,95) соответствует номинальному давлению рабочей жидкости 16 МПа. (Отметим, что в системах смазки дизелей принято давление масла, которое иногда на два порядка ниже, но, несмотря на это, в ряде случаев расчётные значения КП МН весьма низкие.) Обозначения точек соответствуют следующим семействам МН [4]: 2, 3 и 4 – из 2-го, 3-го и 4-го стандартизированных типоразмерных рядов (насосы НШ-УК и НШ-Г); А и М – насосов НШ-А и НШ-М; точки О – для вариантов двух модернизированных насосов НШ-20(32) и НШ-32, исследованных Осиным Р.А.

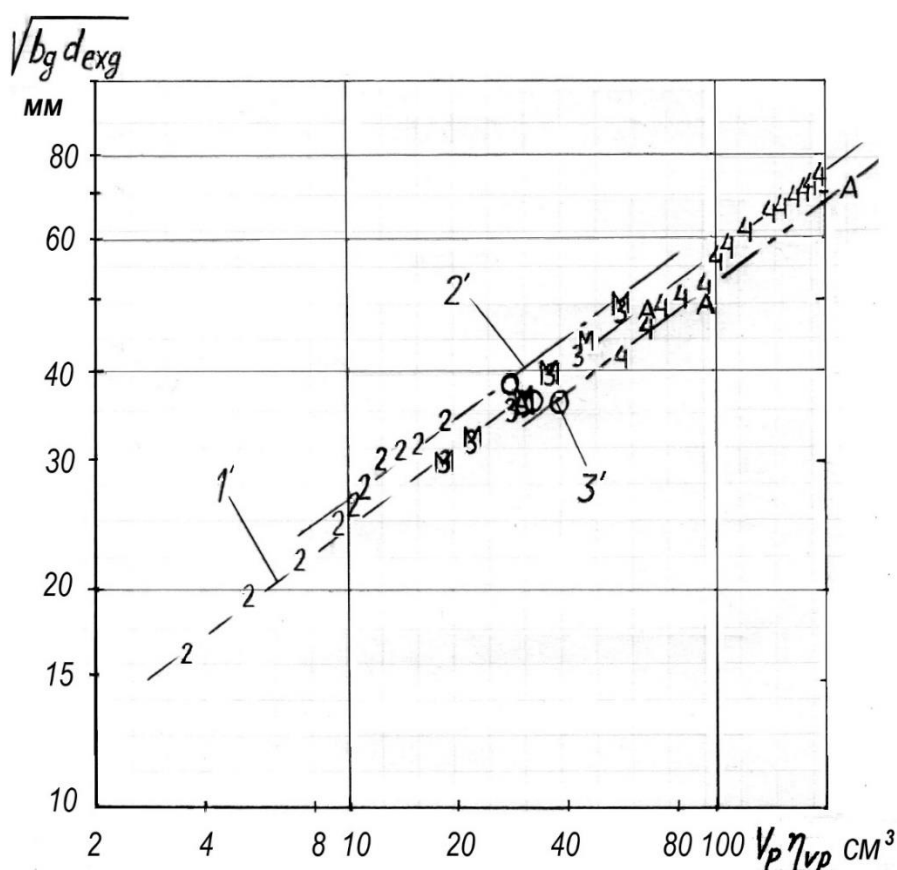


Рис. 2. Линии регрессии определяющего размера шестерён МН гидроприводов на ЭРО этих насосов: 1' – для основной совокупности точек; 2' – для МН с повышенным определяющим размером; 3' – для МН с пониженным определяющим размером

Видно, что точки на рис. 2 разделены между тремя подгруппами, в основной из которых более 30 точек (3/4 общей численности), а две другие малочисленны. Соответствующие линии регрессии 1'–3' описаны степенными функциями (1) со значениями числовых параметров, приведенными в табл. 1. Заметим, что в пределах одного типоразмерного ряда насосов показатель степени может приближаться к 0,5. Показатели точности для этих линий регрессии вычислялись без учёта положения точек «О» (для двух модернизированных насосов). Точки «О» расположены около всех этих линий, а отражённый положением этих точек смысл модернизации МН в работе [4] состоял в увеличении ЭРО при минимальном изменении определяющего размера шестерён насоса. Номинальное значение КП при этом практически не изменялось и, согласно результатам испытаний двух модернизированных насосов, было равно 0,92.

Если наложить линии рис. 2 на рис. 1, то получится следующее: линия 1' пройдёт между линиями 1, 3а и 3б рис. 1, линия 2' пройдёт немного выше (но ниже линии 1 рис. 1), а линия 3' окажется немного ниже линии 3б. Из этого следует, что при данном ЭРО у большинства стандартизированных МН гидроприводов определяющий размер шестерён несколько меньше, чем у большинства МН, установленных в системах смазки отечественных дизелей. Однако у МН некоторых тепловозных, тракторных и стационарных дизелей (точки для которых расположены около линий 3а и 3б) этот размер в среднем такой же, как у большинства МН гидроприводов (кроме насосов, относящихся к линии 2' на рис. 2 и имеющих повышенный определяющий размер).

При использовании представленных зависимостей вначале нужно обосновать, к какому существующему отечественному дизелю (или к какой их совокупности) более близок исследуемый, для системы смазки которого рассчитывается шестерённый МН. Это позволяет выбрать наиболее подходящую математическую модель описанной регрессии среди зависимостей (1), (2) и (3).

При данном значении ЭРО МН, установленные в системах смазки дизелей, имеют, как правило, более высокие значения определяющего размера шестерён, чем стандартизированные МН гидроприводов. Поэтому можно усовершенствовать конструкции МН дизелей, чтобы снизить определяющий размер шестерён при заданном ЭРО или увеличить ЭРО при заданном этом размере. Во втором случае может быть целесообразно несколько уменьшить

частоту вращения шестерён насоса, влияющую на затраты на его привод.

Список использованных источников

1. Автомобили ЗИЛ. Ч. 1. М.: Транспорт, 1971. 368 с.
2. Автомобильные двигатели АМО, ЗИС, ЗИЛ: особенности конструкции, технические характеристики, объемы выпуска, имена создателей. 1916–2011 гг. / Под ред. В. Г. Мазепы. М.: МГИУ, 2012. 304 с.
3. Автомобильные двигатели: курсовое проектирование / Под ред. М. Г. Шатрова. М.: Академия, 2011. 256 с.
4. Осин Р.А. Повышение подачи шестеренного насоса совершенствованием параметров качающего узла: Дис... канд. техн. наук (05.05.17) / Кировоградский нац. технич. ун-т. Кировоград, 2010. 213 с.
5. Стефановский А.Б. Регрессионные зависимости размеров шестерён масляных насосов от диаметра цилиндров дизелей и эффективного рабочего объёма насоса // Известия Тульского гос. ун-та. Технические науки. Тула, 2021. Вып. 5. С. 495-504.

ПЕРСПЕКТИВА ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТРУКТУРАХ

Тарасов Е.М. – д.т.н. профессор, заведующий кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»

Бредун И.С. – аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

Чудаков Л.А. – старший электромеханик Трансэнерго – филиал ОАО «РЖД»

Аннотация

Оценка неисправностей в режиме реального времени и онлайн в системах мониторинга состояния (МС) является перспективным шагом к преодолению разрыва между неэффективным применением технологий в прошлом и развивающимися технологиями будущего. Аналитики больших данных, сложный характер систем мониторинга железнодорожной инфраструктуры, основанный на данных, не был полностью разработан. Таким образом, алгоритмы машинного обучения (МО) предоставляют необходимые инструменты для расширения возможностей систем МС и реализации интеллектуальных решений для задач прошлого. Цель этой статьи – рассмотреть степень возможной вовлеченности МО в современные системы МС.

Электронное оборудование стало неотъемлемой частью нашего времени. Это означает, что, если бы было возможно предсказать будущие сбои и обнаружить существующие, это потенциально могло бы привести к снижению прямых и косвенных экономических издержек и гибели людей. Ключ к этому лежит в выявлении неисправностей. Неисправности обычно определяется, в изменении электрических характеристик оборудования. В прошлом выявление неисправностей основывалось только на периодических проверках проводимых, либо с помощью тестирования / оценки, или же путем визуального наблюдения. Последний метод, хотя и хорошо работает для простого оборудования, подвержен субъективности, человеческим ошибкам, продолжительному сроку и безопасностью для более сложных систем. Заблаговременное знание области неисправности необходимо для таких методов, которые были бы невозможны для небольших и недоступных устройств без предварительного полного демонтажа части этой области.

Непрактичность визуального контроля для крупных и сложных объектов открыли возможность внедрения методов оценки состояния технологий. Таким образом, появился мониторинг состояния (МС), обеспечивающий переход от автономной идентификация неисправностей к оценке неисправности в режиме реального времени и онлайн. С точки зрения новичка, МС — это принцип обнаружения неисправностей, который позволяет наблюдать за структурой в течение длительного периода с помощью серии непрерывных измерений. Чувствительные характеристики, извлеченные из этих непрерывных измерений, и статистический анализ таких показателей могут обеспечить возможность оценки текущей производительности оборудования. Все начинается с выбора датчиков и размещения их в оборудовании. Собранные показатели через систему сбора данных передаются в блок обработки, хранятся и управляются в системе баз данных. Оценка собранных данных и состояния работоспособности системы определяется с помощью нескольких методов и алгоритмов. В конечном итоге, исходя из местоположения и серьезности выявленной неисправности и того, как оно может распространиться в будущем, будет принято решение о проверке и техническом обслуживании в процессе принятия решения.

В некоторых приложениях МС в качестве базовой линии полезна предшествующая модель, обычно это модель конечных элементов оборудования. Затем выполняется обновление модели, заменяя исходные данные измеренными значениями. Затем это рассматривается как исходное состояние структуры. Таким образом, дальнейшее обновление модели может выявить ущерб с учетом структурных изменений. Этот процесс внедрения МС является методом, основанным на модели. Следовательно, требуется точная аналитическая модель структуры.

Решение между использованием систем МС, основанных на моделях или данных, или и тех, и других, в конечном счете сводится к пониманию требований предлагаемой системы, сложности программы, в котором развертывается система, и могут ли существующие данные и модели поддерживать и предоставить ценные выводы о состоянии работоспособности системы.

Самым первым шагом в обнаружении наличия неисправности является приведение оборудования в действие. Внешнее возбуждение подходит для реального оборудования, в то время как тестирование измеряемого входного

сигнала чаще ограничивается лабораторным экспериментом. В связи с чем предлагается установка датчиков с интегрируемым искусственным интеллектом для возможности модернизации восприятия с учётом реалий, воздействующих на объект.

Хорошо известно, что без достаточных и точных данных, четкого понимания чувствительных к изменениям характеристик, методов возбуждения, типов датчиков и, наконец, конфигурации датчика МС может не предоставлять оптимальную информацию. Мониторинг динамических параметров может подразумевать иные потребности по сравнению со статическими. Таким образом, важно определить, как данные могут быть собраны и использованы. Поэтому необходимо тщательно изучить показатели эффективности любых датчиков:

1. Чувствительность
2. Динамический диапазон
3. Точность
4. Линейность
5. Стабильность
6. Время отклика

В дополнение к перечисленным элементам, есть еще два важных элемента сбора данных: количество датчиков и их расположение. Избыточные и ненужные данные будут обременять систему сбора данных и препятствовать последующим процессам системы МС.

Некоторые из собранных данных для обучения генерируются с помощью численного моделирования, которое часто игнорирует внешнее воздействие (ВВ). Также необходима нормализация данных датчиков к одному масштабу, поскольку данные от различных датчиков противоречивы в зависимости от масштаба и местоположения неисправности.

Следующий этап – принять во внимание ВВ. В зависимости от наличия вариабельностей, либо чувствительные к неисправности объекты параметризуются как функция ВВ (измеренных и известных переменных) и позже сравниваются с новым набором извлеченных данных, либо они разрабатываются косвенно с помощью алгоритмов машинного обучения (МО).

Не следует ожидать, что собранные с датчиков данные всегда будут на должном уровне. Очистка данных подразумевает установление жестких

ограничений, при которых данные непригодны для использования должны быть отброшены. В контексте МС и больших данных существует пять различных показателей стандарта качества, а именно: доступность, удобство использования, надежность, актуальность и качество. Показатели должны быть приняты во внимание перед любым внедрением МС. Унификация данных обеспечивает эффективность и точность алгоритма МО. Благодаря технологии МО датчики смогут хранить, защищать и обрабатывать «старые» пакеты данных без вреда для эксплуатации и МС.

Структуры, оснащенные МС, состоят из десятков или сотен различных датчиков. Каждый из них непрерывно выдает однофункциональные или многофункциональные данные с различной частотой дискретизации. В течение длительного периода мониторинга генерируется множество данных, хотя не каждая сгенерированная функция пригодна для анализа. В дополнение к этому, ВВ также сыграет важную роль в увеличении размеров данных. В этом отношении сжатие данных, или, проще говоря, уменьшение размерности объектов, позволяет извлекать только наиболее статистически значимые данные. Одним из способов решения этой проблемы является объединение массивов датчиков, извлекающих похожие данные.

Наиболее существенное ограничение в алгоритмах МО заключается в том, что они используются для обучения на основе многомерных векторов данных с ограниченными внешними переменными. Сжатие данных не должно происходить за счет потери способности изучать шаблоны. Без достаточного количества признаков, извлеченных после сжатия, невозможно определить, может ли алгоритм служить идентификатором неисправности.

Существует множество видов сжатия данных, о для выбора подходящей необходимо брать во внимание следующие факторы:

1. Понимание того, что некоторые методы контролируются или неконтролируемы, что влечет за собой их собственные ограничения.
2. Принятие решения о том, какие измерения сохранить, а также реализация и понимание сокращенной модели и новых измерений.
3. Признать, что эти методы уменьшения размерности иногда могут негативно повлиять на производительность классификатора.

Идентификация чувствительных к неисправности объектов на основе собранных данных не является тривиальной задачей. Не каждый показатель имеет значение для определения неисправности, и они не коррелируются

каким-либо образом, что приводит к «потере» неисправности даже с помощью самых передовых алгоритмов МО. Извлечение признаков — это процесс, который позволяет преобразовать собранные данные в форму, которая является более идентифицируемой и быстро подбирается любым простым алгоритмом МО. Наиболее важным аспектом этого этапа любой реализации МС на основе МО является поиск способов извлечения и выбора чувствительных функций, которые положительно коррелируют с неисправностью. Проблема в этом отношении заключается в том, что извлеченные функции также могут быть уязвимы к изменениям в системе, которые не обязательно связаны с неисправностью.

Основываясь на анализе, неконтролируемому выбору функций не уделялось достаточного внимания. Классификация, основанная на неконтролируемом обучении, является одной из актуальных тем при выявлении ущерба в железнодорожных инфраструктурах с помощью МО и МС.

Для выполнения глобальной идентификации неисправности датчики подвержены пространственным и типологическим изменениям. Мультисенсорным системам уделяется все больше внимания, поскольку они обеспечивают целый спектр выгодных функций. Кроме того, пространственное распределение этих датчиков может позволить инженерам повысить наблюдаемость системы МС. Дополнительная информация, собираемая с различных датчиков, расположенных в оборудовании, может привести к повышению индикационной способности системы МС. Объединение данных – это метод объединения информации таким образом, что вышеупомянутые показатели, значительно улучшат производительность системы.

Как правило, существует два способа объединения данных. В первом способе элементы схемы обработки данных, кратные одной цепочке. В другом способе централизованная система пакетной обработки принимает цепочки датчиков до блока сжатия данных. Необработанные данные датчиков могут быть собраны с нескольких устройств и объединены для получения более однородного набора данных.

Для внедрения системы МС, необходима функция управления данными. Последним этапом системы МС, дополненной МО, является распознавание образов (РО), то есть идентификация состояния работоспособности системы.

Более конкретно, в контексте статистического РО, чтобы точно классифицировать ущерб, необходимо обеспечить доступность данных. Кроме того, для того, чтобы иметь возможность оценивать и прогнозировать ущерб, причиненный системе, выбранные чувствительные к неисправности функции, подаваемые в блок РО, должны соответствовать выбору алгоритма, используемого для извлечения функций. В целом, в области МО существует четыре различных типа обучения: контролируемое обучение (supervised learning), полу контролируемое обучение или обучение под присмотром (semi-supervised learning), неконтролируемое обучение (unsupervised learning), усиленное обучение (reinforced learning).

В рамках МС и статистического РО наиболее распространенными алгоритмами обучения являются контролируемые, неконтролируемые и полу контролируемые. Для более крупных и сложных железнодорожных структур требуется неконтролируемое обучение из-за отсутствия поврежденных данных. Это рассматривается как основной метод для большинства железнодорожных инфраструктур.

Важно понимать критерии выбора алгоритма, в зависимости от проблемы и типа доступных данных требуются различные алгоритмы или даже комбинация алгоритмов. Количество доступных обучающих данных, ожидаемое разумное время обучения и степень точности, требуемая от обучаемого. Кроме того, вводятся несколько новых методов, специфичных для глубоких нейронных сетей (НС). Существует несколько видов систем МС.

Контролируемый МС:

- Дерево принятия решений (Decision tree);
- «Рандомный» лес (Random forest);
- Метод опорных векторов (Support vector machine);
- Метод k-ближайших соседей (k-Nearest neighbor);
- Байесовская статистика (Bayesian).

Неконтролируемый МС:

- Метод k-средних (K-means);
- Гауссова смесь (Gaussian mixture);
- Обучение ассоциативным правилам (Association analysis).

МО и соответствующие алгоритмы обладают потенциалом для выявления влияния ВВ благодаря их возможностям многомерной

инкапсуляции. ВВ, проблема в МС, и эта проблема может приблизиться к решению с помощью повсеместных данных и их цифровых расширений. Более того, решения МО также прокладывают путь к решению нестационарных и нелинейных источников изменений, а сжатие/уменьшение размерности переводит гигантские задачи на разрешимые стадии.

Новые технологии появляются вместе со своими цифровыми аналогами. Они не только предлагают новые источники наблюдаемых электрических параметров, но и обладают собственным встроенным интеллектом.

Несмотря на существенный прогресс в МО и ИИ, существует очевидный пробел в неконтролируемых структурах МС. Невидимые условия реальной неисправности препятствуют возможностям обучения, которые едва ли могут быть реализованы с помощью синтетических наборов данных или реализаций на физической основе. Излишне говорить, что снижению неопределенности способствуют революционные достижения в области регрессоров, классификаторов и детекторов. Новые нормы в МС объединяют все аспекты цифровой революции и индустрии 4.0 вместе с традиционными направлениями идентификации систем, расширенного моделирования и оценки неисправности.

Список используемых источников

1. Астапов Р.Л., Мухамадеева Р.М. Автоматизация подбора параметров машинного обучения и обучение модели машинного обучения // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 5-2(73). С. 34-37.
2. Бутыркин А.Я., Гелис В.А., Куликова Е.Б. Использование предиктивной аналитики в процессах моделирования и машинного обучения на транспорте // Железнодорожный транспорт. 2021. № 11. С. 50-54.
3. Матвеев Н.С., Бадецкий А.П. Машинное обучение на транспорте // Russian Journal of Logistics & Transport Management. 2019. Т. 4. № 2. С. 72-86.
4. Озеров А.В., Ольшанский А.М., Куроптева А.П. Предиктивная аналитика с использованием data science на железнодорожном транспорте // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т. 4. № 4(16). С. 63-76.

5. Проневич О.Б., Зайцев М.В. Интеллектуальные методы повышения точности прогнозирования редких опасных событий на железнодорожном транспорте // Надежность. 2021. Т. 21. № 3. С. 54-65.

РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДОМ ПОТЕНЦИАЛОВ

Хатинова Л.Ф. – студентка, ФГБОУ ВО «Казанский государственный Энергетический университет»

Алексеев И.П. – старший преподаватель кафедры «Информатика и Информационно-управляющие системы», ФГБОУ ВО «Казанский государственный Энергетический университет»

Аннотация

В данной статье рассматривается общее понятие транспортной задачи (задачи Монжа-Канторовича) и особенности различных методов, позволяющих составить наиболее оптимальный план решения данной задачи. Также описывается решение классической транспортной задачи методом потенциалов с использованием метода северо-западного угла для составления первоначального опорного плана.

С появлением новых транспортных средств и технологий стали модернизироваться дороги, увеличивается пропускная способность транспортных сетей, автоматизируются процессы погрузки-разгрузки. Все это обязывает сотрудников различных производственных компаний уделять особое внимание транспортным перевозкам, так как от качества их осуществления зависит экономика предприятий. Для заказчиков транспортных услуг главной задачей является производство доставки определенного товара по двум критериям: минимальные затраты и большой экономический эффект. Для решения подобных задач используются основные математические направления, такие как теория вероятности, математическая статистика и линейное программирование.

Наиболее распространенная задача линейного программирования – это транспортная или задача Монжа-Канторовича. Она представляет собой поиск решения для составления оптимального плана, следуя которому можно обеспечить доставку какой-либо продукции потребителю, минимизировав при этом финансовые и материальные ресурсы, а также суммарный километраж. Если необходимый товар в хорошем качестве и в необходимом количестве

был доставлен в нужное время и место, учитывая условие минимальных затрат, то транспортная задача считается выполненной.

Актуальность изучения различных методов решения транспортной задачи заключается в том, что в условиях конкурентной борьбы их применение дает возможность логистическим компаниям достичь большого экономического эффекта.

Задача Монжа-Канторовича делится на две модели. В первой предполагается, что расходы поставщиков равны расходам потребителей. В этом случае задача будет называться сбалансированной или закрытой. Если указанное равенство отсутствует, то задача – несбалансированная или открытая [6].

Несмотря на то, что в основном все задачи линейного программирования, объединенные в один раздел «Транспортная задача», имеют практически одинаковую математическую модель, они совершенно не похожи в решениях. Поэтому для каждой группы задач были разработаны специальные методы, позволяющие найти начальное опорное решение и в дальнейшем, улучшая его, получить наиболее оптимальное [8].

Существует множество методов решений транспортной задачи, из которых выделяют шесть основных:

1. Диагональный метод;
2. Метод наименьшей стоимости;
3. Метод дифференциальных рент;
4. Метод аппроксимации Фогеля;
5. Метод прямоугольников;
6. Метод потенциалов;

В методе северо-западного угла или диагональный метод используют для получения произвольного опорного плана, который будет оптимизироваться впоследствии решения. Метод оправдывает свое название тем, что транспортная таблица начинаются с заполнения верхней левой клетки. Суть метода – последовательный перебор строк и столбцов и вписывание в ячейки максимально возможных отгрузок, которые не противоречат начальным условиям. Стоимость доставки груза в данном методе не имеет значения, так как предполагается дальнейшая оптимизация опорного плана [2].

В методе наименьшей стоимости выбирают пункты отправления и пункты назначения в зависимости от стоимости груза. Заполнение транспортной таблицы начинается с ячеек с минимальными тарифами, в результате чего суммарная цена перевозок в первоначальном опорном плане будет наиболее близка к оптимальной.

Основа метода дифференциальных рент – составление условного оптимального решения путем распределения груза по пунктам отправления и назначения наиболее удобным образом. Т.е. по ячейкам транспортной таблицы распределяются минимальные затраты и максимальные грузы продукции, после чего производится оценка поставщиков и потребителей, опираясь на это составляется опорный план.

В методе аппроксимации Фогеля вычитывается разность между парами минимальных тарифов в столбцах и строках транспортной таблицы. Однако данный метод может потребовать дальнейшей оптимизации опорного плана методом потенциалов, так как для получения желаемого результата необходимо проделать много итераций.

Также существует метод прямоугольников. В транспортной таблице можно составить прямоугольники трех видов:

- 1) с двумя пустыми диагоналями;
- 2) одна диагональ полная, а вторая содержит нулевую ячейку, т.е. отсутствие грузоперевозки;
- 3) одна из диагоналей полная, а другая пустая.

Прямоугольники первого вида называются неправильными, а второго и третьего – правильными. Опорный план будет считаться неоптимальным до тех пор, пока в транспортной таблице есть хоть один неправильный прямоугольник.

Метод потенциалов осуществляется в два этапа. Первый этап заключается в составлении опорного плана с использованием одного из вышеперечисленных методов. На втором этапе производится проверка плана и дальнейшее его улучшение. В процессе поиска наиболее благоприятного решения составляется план грузоперевозок, где суммарная стоимость будет минимальной при заданных ограничениях [3].

Классическая формулировка задачи Монжа-Канторовича выглядит следующим образом. Некоторый груз сосредоточен у N поставщиков в объемах A_1, A_2, \dots, A_n . Этот груз необходимо доставить M потребителям в

объемах V_1, V_2, \dots, V_m . Требуется составить план перевозки, следуя которому можно будет перевести товары всех производителей так, чтобы удовлетворить потребности всех потребителей [4].

Опишем решение транспортной задачи методом потенциалов. Для этого нужно выполнить четыре пункта:

1. Представить исходные данные в виде матриц;
2. Сформировать первоначальный опорный план;
3. Проверить составленный план на оптимальность;
4. Перейти к новому улучшенному плану, если созданный ранее окажется неоптимальным [1].

Часто для выполнения второго пункта используют метод северо-западного угла. Составляется транспортная таблица, где в правом столбце указывают количество грузов, которые находятся в пункте отправления, а в нижней строке – количество грузов, необходимых пункту назначения.

Для проверки опорного плана на оптимальность нужно составить и решить систему уравнений для потенциалов. Одну из неизвестных в системе можно задавать произвольно. После получения значений формируется матрица фиктивных стоимостей. Если матрица содержит положительные переменные, то исходный план считается неоптимальным.

Для перехода к новому плану необходимо построить цикл пересчета перевозок груза. В транспортной задаче обозначается знаком «+» отрицательный или наименьший коэффициент, после чего «+» и «-» распределяются так, чтобы количество знаков в каждой строке и каждом столбце было одинаковым. Знак «+» указывает на то, что значение перевозки в этой клетке нужно увеличить, знак «-» - уменьшить. Из значений, отмеченных знаком «-», выбирают минимальное. Полученная величина (M) определяет, сколько груза можно перераспределить по циклу пересчета.

Перераспределение перевозок осуществляется следующим способом. К значениям, отмеченным «+», добавляют M , а из значений со знаком «-», вычитают M . Затем результаты записывают в соответствующие клетки улучшенной транспортной таблицы. Значения остальных клеток переписывают без изменения. В итоге получают новый опорный план транспортной задачи. Опорный план улучшают до тех пор, пока не будет найден оптимальный [7].

Развитие компьютерных технологий упростило работу людям, так как теперь нет необходимости решать задачи подобного рода вручную. Задачу Монжа-Канторовича можно решить с использованием стандартных программных средств, таких как Microsoft Office Excel, OpenOffice.org Calc, САПР MathCAD, Qguar TMS, а также специализированных с использованием высокоуровневых языков программирования. Данные инструменты позволяют автоматизировать вычисления, тем самым предоставляют предприятиям возможность эффективно управлять работой транспорта [5].

Транспортная задача используется либо для уменьшения стоимости перевозки груза, либо для уменьшения времени доставки. Оба этих критерия важны для предприятий, поэтому задача Монжа-Канторовича – частый, но очень важный момент в исследованиях операций материально-технического снабжения, необходимым условием которого является баланс производства и потребления. Связь между поставщиками и заказчиками определяет экономическую эффективность, позволяет использовать максимальные производственные мощности и бесперебойно питать потребителей.

Список используемых источников

1. Воронцов В.Л., Романова Е.М., Зайнуллина Л.Н. Линейная алгебра. Транспортные задачи линейного программирования: учебно-методическое пособие КФУ Кафедра математики и экономической информатики. М: Наука, 2013. 41 с.
2. Гоголин В.А., Николаева Е.А. Транспортная задача с учетом временных поставок // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 7. С. 23-26 [Электронный ресурс]. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36723> (дата обращения: 02.01.2023)
3. Карманов В.Г. Математическое программирование: учебник для ВУЗов. М: Наука, 1975. 272 с.
4. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах. Общая постановка задачи оптимизации и основные положения. Санкт-Петербург: Лань, 2002. 512 с.
5. Полуниин И.Ф. Курс математического программирования: учебник для ВУЗов. Минск: Высшая школа, 1970. 464 с.
6. Рудик И.Д., Величко В.В. Понятие, виды и методы решения транспортной задачи // Международный студенческий научный вестник. 2017.

№ 4. С. 562-565. [Электронный ресурс]. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=17437> (дата обращения: 02.01.2023)

7. Транспортная задача. Методы решения // Мир математики [Электронный ресурс]. URL: <https://matworld.ru/linear-programming/transportnaya-zadacha> (дата обращения: 02.01.2023)

8. Холод Н.И. Пособие по решению задач по линейной алгебре и линейному программированию. Минск: БГУ, 1971. 159 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА МОСКВЫ

Яковлева Ю.С. – главный специалист, ГУП «Мосгортранс», г. Москва

Поживилов Н.В. – канд. техн. наук, доцент, МАДИ, г. Москва

Аннотация

В статье рассмотрен метод расстановки зарядных станций для электробусов с учетом экологических показателей отдельных районов г. Москвы. Представлен рейтинг округов города с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой и показана актуальная карта электробусной маршрутной сети г. Москвы. Спрогнозировано снижение выбросов углекислого газа при полной замене дизельных автобусов электробусами и установкой зарядной инфраструктуры на примере отдельного кольцевого маршрута, следующего от района «Нагатинский Затон» через метро «Таганская» г. Москвы. По результатам расчетов согласно Приказу Минприроды №371 от 27.05.2022 г. выбросы CO₂ снизятся на 81,35% при замене автобусов с дизельными двигателями электробусами, оснащенными дизельными отопителями, только на одном рассматриваемом маршруте города. Данный подход может стать частью обширной методики регулирования работы транспортной системы города.

В последнее десятилетие тема сохранения окружающей среды стала одной из самых актуальных во всем мире. Истощение полезных ископаемых, загрязнение воды и воздуха, глобальное потепление являются следствием промышленной деятельности человека. Заметный рост температуры на всей планете, который приводит к таянию ледников, вызывает наводнения и является причиной роста числа заболеваний, напрямую связан с увеличением количества заводов и фабрик, выбрасывающих тонны углекислого газа (CO₂) в атмосферу. Москва на сегодняшний день – крупнейший промышленный центр России. В столице функционирует более 3500 промышленных

предприятий [1], поэтому ежегодно составляется рейтинг районов города в зависимости от экологических показателей (рис. 1).

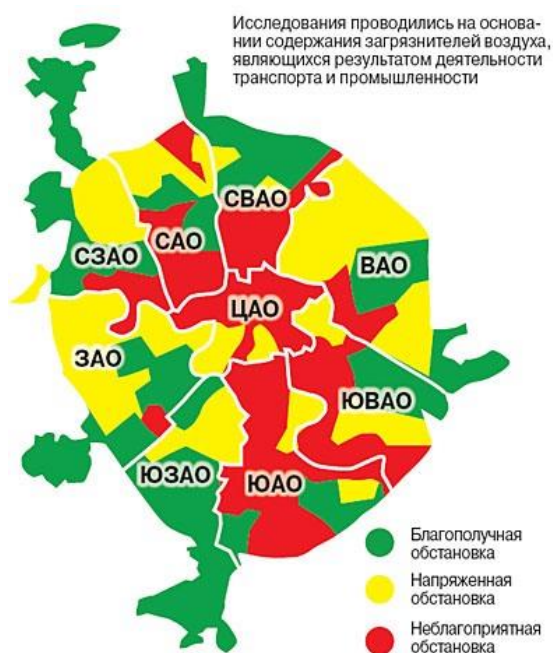


Рис. 1. Экологическая обстановка в различных округах г. Москвы

Помимо промышленной сферы, крупным источником загрязнения окружающей среды является транспорт, на долю которого приходится 38% всех выбросов загрязняющих веществ. В связи с этим принимаются активные меры для сокращения объемов выбросов вредных веществ, в частности парниковых газов, которые способствуют климатическим изменениям планеты.

Одним из самых активно развивающихся направлений является электрификация транспорта как легкового, так и наземного общественного, выполняющего пассажирские перевозки. На сегодняшний день на балансе автобусных парков г. Москвы числится более 1000 электробусов и уже к 2030 году предполагается полная замена дизельных пассажирских автобусов электробусным транспортом.

Для эффективного функционирования электротранспорта в городе необходимо создание комфортной зарядной инфраструктуры. Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры разработан проект «Энергия Москвы» [2], направленный на создание стратегии по развитию доступной сети зарядных станций. Согласно данному проекту большинство зарядных станций появится в местах, где люди проводят больше времени: около бизнес-центров, торговых центров, кафе и магазинов.

Проанализировав схему электробусных маршрутов в Москве (рис. 2), можно судить о приоритетных районах, на которые был сделан упор при их распределении. Северо-Восточный (СВАО), Северный (САО), а также Западный (ЗАО) и Центральный (ЦАО) административные округа на сегодняшний день имеют наиболее развитую зарядную инфраструктуру. По данным ГУП «Мосгортранс» за 2022 г. больше всего электробусных маршрутов функционируют в СВАО, ЦАО и ЗАО.

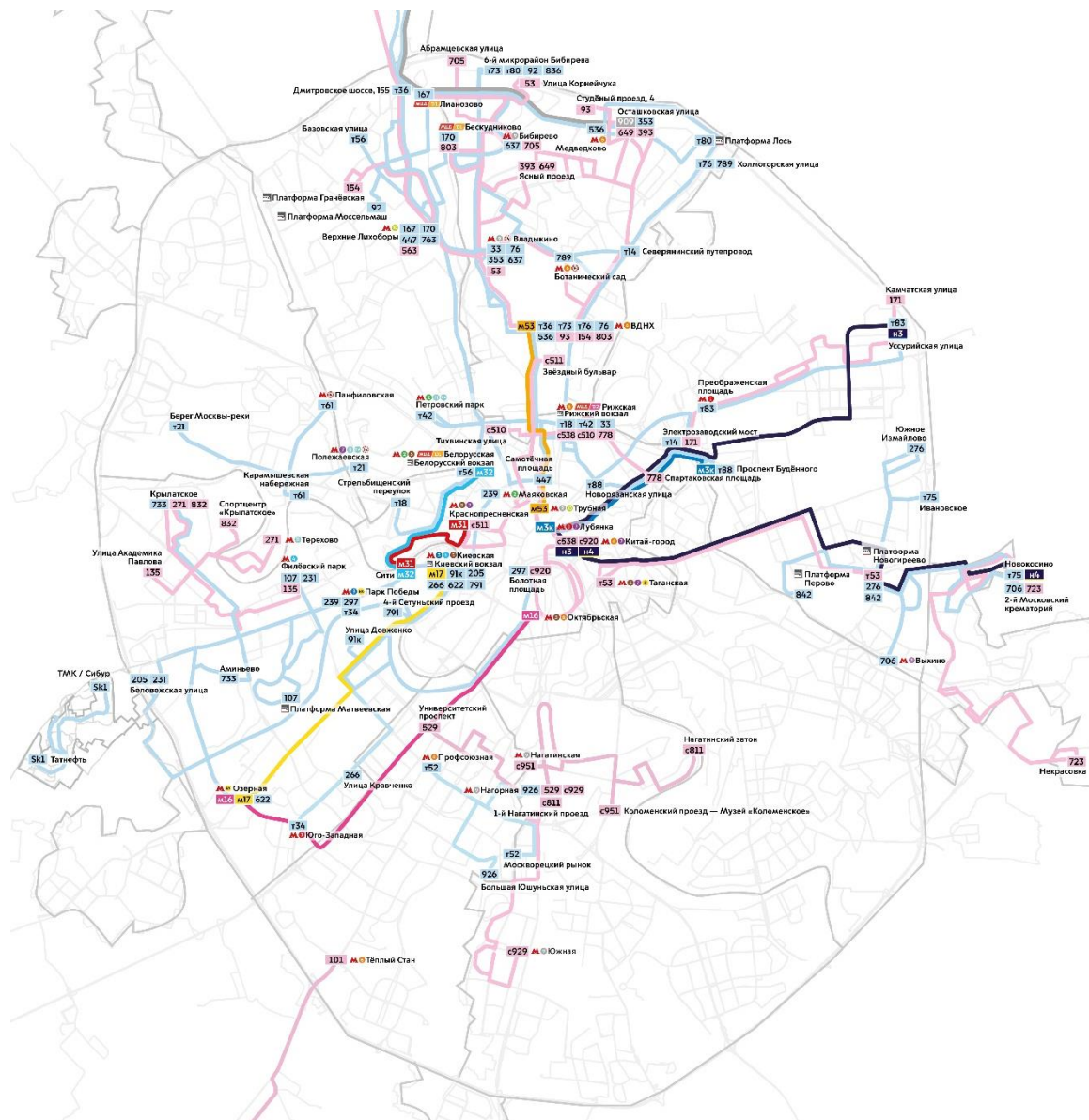


Рис. 2. Схема маршрутов электробуса в г. Москве на 01.12.2022

Стоит отметить, что при принятии решения о приоритетности расстановки УБЗС и внедрении электробусных маршрутов взамен автобусных не учитывается экологическая обстановка отдельных округов города. В связи с этим в районах с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой,

относящихся к ЮАО и СВАО, электробусных маршрутов оказалось меньше. В ЦАО большой объем выбросов загрязняющих веществ связан именно с плотностью транспортного потока. Внедрение только одного автобуса с электрическим двигателем способствует сокращению объемов выбросов парниковых газов от наземного пассажирского транспорта на 2,5 тыс. тонн в год [3], поэтому целесообразно развивать инфраструктуру и внедрять больше электробусных маршрутов в округах с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой: ЦАО, ЮАО, ЮВАО и СВАО.

На примере кольцевого маршрута с856, следующего от района «Нагатинский Затон» (ЮАО) и проходящего через метро «Таганская» (ЦАО), можно провести расчет снижения выбросов углекислого газа при переходе на эксплуатацию на маршруте электробусов с дизельными отопителями, которые сегодня активно заменяют дизельные автобусы.

В будний день на данном маршруте на линию выходит 9 автобусов. Один автобус с дизельным двигателем большой вместимости, например, НеФАЗ-5299 в год расходует в среднем 25400 литров топлива, включая нулевые рейсы и технические перегоны. Учитывая, что плотность дизельного топлива составляет 0,860 кг/л, а коэффициент выбросов – 3,149, то объем выбросов углекислого газа в год от одного автобуса согласно методике расчета, установленной Приказом Минприроды № 371 от 27.05.2022 г. «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» [4] составляет:

$$E_{CO_2} = (25400 \text{ л} \cdot 0,860 \text{ кг/л}) \cdot 10^{-3} \cdot 3,149 = 68,8 \text{ тонн}$$

Таким образом, 9 автобусов, ежедневно совершающие пассажирские перевозки на маршруте с856, в год выбрасывают около 619 тонн CO₂. Один электробус, оснащенный дизельным отопителем, например, КАМАЗ-6282 расходует в среднем 2520 литров топлива в год, соответственно, годовой объем выбросов углекислого газа от одного электробуса составит 6,8 тонн.

В случае если все дизельные автобусы на данном маршруте будут заменены электрическими автобусами, годовой объем выбросов CO₂ составит 61,4 тонн, что на 90 % меньше объема выбросов от такого же количества дизельных автобусов (рис. 3).

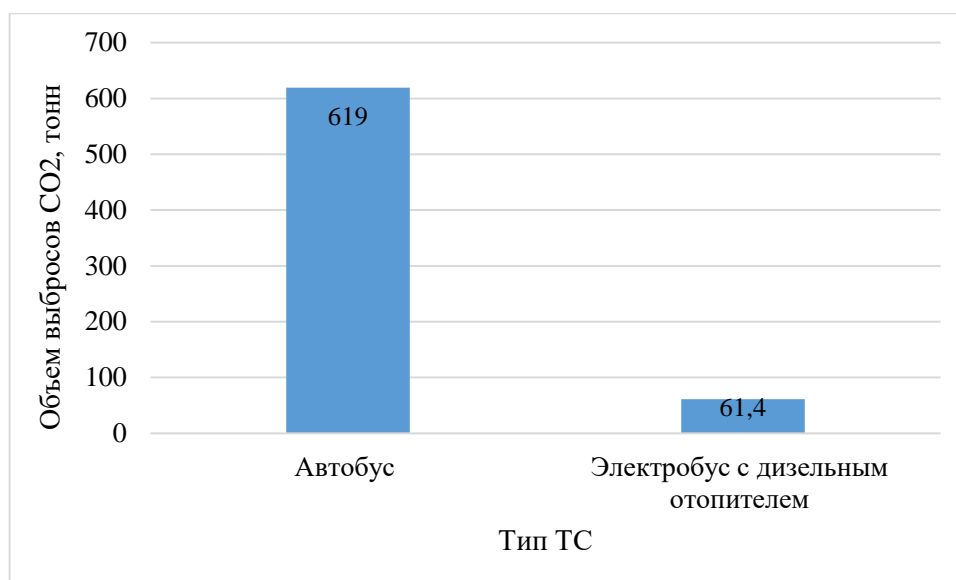


Рис. 3. Объем выбросов углекислого газа при работе транспортного средства на маршруте с856 за год, тонн

Учета экологических показателей при расстановке зарядных станций и определении приоритетных маршрутов для запуска электробусов целесообразен к применению не только в Москве, но и других городах России. В данном случае расчеты проводились для электробусов с дизельными отопителями, но стоит отметить, что с 2022 г. заводом КАМАЗ выпускаются электробусы той же модификации с электрическими отопителями. Расход топлива таких автобусов с электрическим двигателем и выбросы углекислого газа при эксплуатации электробусов, соответственно, близки к 0. Такой подход может стать частью комплексной методики регулирования работы транспортной системы всего города.

Список используемых источников

1. Московская промышленность в цифрах и фактах / Официальный сайт мэра Москвы, 07.11.2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mos.ru/city/projects/promday> (дата обращения: 30.12.2022).
2. Проект «Энергия Москвы» / Единый Транспортный Портал [Электронный ресурс] URL: <https://transport.mos.ru/electro> (дата обращения 01.01.2023).
3. Kayhan Alamatsaz, Sadam Hussain, Chunyan Lai, Ursula Eicker «Electric Bus Scheduling and Timetabling, fast Charging Infrastructure Planning» / Energies 2022.

4. Приказ «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации – 2022. - № 371.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Витт А.М. - канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Аннотация

В статье рассматриваем использование на практических занятиях систему разноуровневых заданий по информатике в вузе.

Высокие темпы развития цифровых технологий в современном мире диктуют новые требования к знаниям студентов вуза. Поэтому при подготовке специалистов в вузе нужно учитывать, что студенту недостаточно обладать набором знаний, необходимо уметь анализировать и оценивать полученную информацию и развивать способности овладения способами приобретения новых знаний. Для более эффективных подходов к обучению учиться необходимо выстраивать алгоритм действий, уметь оценивать рациональность выбранной цепочки действий. Важность проблемы повышения эффективности учебной деятельности и формирования развивающихся знаний обучающихся на занятиях по информатике в вузе обусловлена требованием нынешнего времени.

Примером решения проблемы на практических занятиях по информатике воспользуемся системой разноуровневых заданий. Система содержит задания разной сложности по изучаемым темам, с использованием различных программных пакетов. Эта система способствует более глубокому пониманию теории и развивает способности обучающихся внедрять приобретенные знания рациональным способом в своей учебной и практической деятельности, таким образом формирует у студентов мыслительные функции (анализировать, синтезировать и оценивать результаты) [1].

Использование информационных технологий, наглядность и интерактивность осваиваемого материала способствуют более глубокому

пониманию усвоенного, преемственности изучаемых предметов, повышению мотивации в обучении студентов, поднятию активности и самостоятельности студентов. Повторение изученного материала из других предметов вуза формирует у обучающихся не только систему фундаментальных знаний, но и развивает рациональный стиль организации учебной деятельности. Система разноуровневых задач обеспечивает студентам максимальную результативность в освоении знаний при минимуме затрат [2]. Важная задача вуза заключается в том, чтобы привить студентам умение самостоятельно пополнять свои знания и формировать умение рационально организовывать свою учебную деятельность. Рациональность учебной деятельности предполагает выбор и реализацию оптимального решения при выполнении поставленной задачи. Таким образом, студент должен научиться возможности выбора наиболее подходящего алгоритма или программного обеспечения для данной ситуации.

При освоении решений различных задач с применением цифровых технологий используется система умений: формулировка поставленной задачи; продумывание алгоритма решения; реализация решения задачи; анализ корректности решения. Применяем данные умения при решении поставленных задач с использованием цифровых технологий: разработка математической модели; реализация информационной модели; проверка правильности решения задачи и анализ полученных результатов.

На основании системы знаний, умений в процессе обучения формируются компоненты рационального стиля деятельности студентов, который продолжаем развивать во время изучения любой дисциплины, что формирует способность к самостоятельной рациональной учебной деятельности [3].

Систему разноуровневых задач с выделением уровней сформированности развивающихся знаний (применение, саморефлексия, анализ результатов) проанализируем на примере заданий по теме «Использование логических функций» (в пакетах Excel и MathCad).

Задача 1

Произвести расчеты квартальных начислений, удержаний и суммы к выдаче как сумму начислений за каждый месяц (они расположены на листах: «Зарплата октябрь», «Зарплата ноябрь», «Зарплата декабрь»; чтобы вставить адрес ячейки с другого листа необходимо начать формулу со знака = и во

время ввода формулы щелкнуть по вкладке нужного листа и выделить на нем необходимые ячейки, при этом имя ячейки будет содержать название этого листа). В данном оформлении формулы к различным листам книги происходит связывание ячеек листов электронного документа (рис.1., рис.2).

	A	B	C	D	E
1	Ведомость начисления заработной платы				
2	<i>за 4 квартал</i>				
3					
4	Фамилия И.О.	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержано (руб.)	К выдаче (руб.)
5	Галкин В.Е.	Отдел менеджмента			
6	Зайцева И.И.	Отдел менеджмента			
7	Иванова З.М.	Отдел реализации			
8	Лебедев М.А.	Бухгалтерия			
9	Максимов	Отдел реализации			
10	Семенов А.И.	Бухгалтерия			
11	Сергеев М.Т.	Отдел реализации			
12	Скворцова	Отдел менеджмента			
13	Смирнов В.Р.	Отдел реализации			
14	Тихонов М.С.	Отдел менеджмента			
15	Чернов П.Г.	Бухгалтерия			
16	Яковлев Р.Х.	Отдел реализации			

Рис. 1. Оформление задачи в Excel

СУММ						=Зарплата октябрь'!D5+Зарплата ноябрь'!E5+Зарплата декабрь'!E5				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ведомость начисления заработной платы									
2	<i>за 4 квартал</i>									
3										
4	Фамилия И.О.	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержано (руб.)	К выдаче (руб.)					
5	Галкин В.Е.	Отдел менеджмента	=Зарплата	9672,52	64731,48					
6	Зайцева И.И.	Отдел менеджмента	октябрь'							
7	Иванова З.М.	Отдел реализации	D5+							
8	Лебедев М.А.	Бухгалтерия	'Зарплата							
9	Максимов	Отдел реализации	ноябрь'							
10	Семенов А.И.	Бухгалтерия	E5+							
11	Сергеев М.Т.	Отдел реализации	'Зарплата							
12	Скворцова	Отдел менеджмента	декабрь'							
13	Смирнов В.Р.	Отдел реализации	E5							
14	Тихонов М.С.	Отдел менеджмента								
15	Чернов П.Г.	Бухгалтерия								
16	Яковлев Р.Х.	Отдел реализации								

Рис. 2. Связывание в формуле ячеек листов электронного документа

Задача 2

Рассчитайте промежуточные итоги по подразделениям (рис. 4). Для этого выделите всю таблицу и выполните команду *Данные \ Структура \ Промежуточные итоги* и заполнить окно (рис. 3):

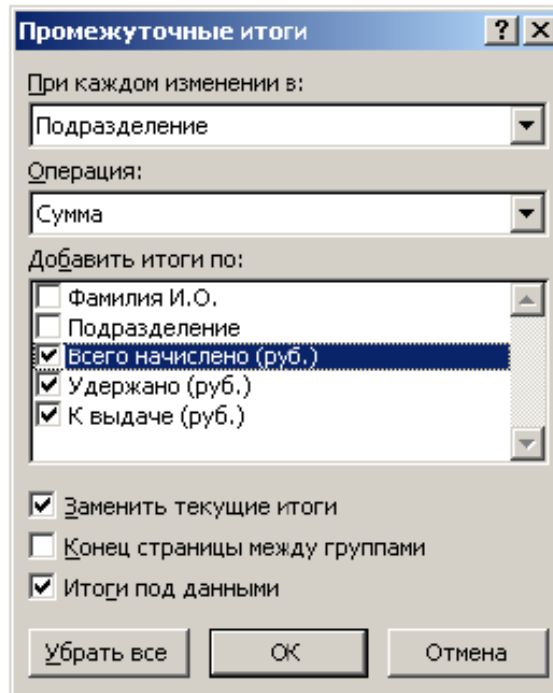


Рис. 3. Оформление окна *Промежуточные итоги*

E20		fx =ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ.ИТОГИ(9;E5:E18)					
1	2	3	A	B	C	D	E
	1	Ведомость начисления заработной платы					
	2	<i>за 4 квартал</i>					
	3						
	4		Фамилия И.О.	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержано (руб.)	К выдаче (руб.)
	5		Лебедев М.А.	Бухгалтерия	123310,00	16030,30	107279,70
	6		Семёнов А.И.	Бухгалтерия	42845,00	5569,85	37275,15
	7		Чернов П.Г.	Бухгалтерия	62700,00	8151,00	54549,00
	8			Бухгалтерия Итого	228855,00	29751,15	199103,85
	9		Галкин В.Е.	Отдел менеджмента	74404,00	9672,52	64731,48
	10		Зайцева И.И.	Отдел менеджмента	79838,00	10378,94	69459,06
	11		Скворцова	Отдел менеджмента	89034,00	11574,42	77459,58
	12		Тихонов М.С.	Отдел менеджмента	33858,00	4401,54	29456,46
	13			Отдел менеджмента Итого	277134,00	36027,42	241106,58
	14		Иванова З.М.	Отдел реализации	30305,00	3939,65	26365,35
	15		Максимов	Отдел реализации	40546,00	5270,98	35275,02
	16		Сергеев М.Т.	Отдел реализации	52250,00	6792,50	45457,50
	17		Смирнов В.Р.	Отдел реализации	45562,00	5923,06	39638,94
	18		Яковлев Р.Х.	Отдел реализации	30514,00	3966,82	26547,18
	19			Отдел реализации Итого	199177,00	25893,01	173283,99
	20			Общий итог	705166,00	91671,58	613494,42

Рис. 4. Оформление консолидации в электронном документе

Задача 3.

Задание 1. Используйте режим *Подбор параметра*, выясните, при каком проценте значения премии, суммарная заработная плата за ноябрь будет составлять 500 тыс. рублей (на основании созданных ранее заданий).

Задание 2. Используйте режим *Подбор параметра*, вычислите заработные платы всех штатных сотрудников фирмы (рис. 5). При этом задайте общий фонд заработной платы в фирме 600 тыс. рублей (рис. 6). Все оклады сотрудников зависят от оклада курьера:

$$\text{зарплата сотрудника} = \text{Кэф.А} * \text{зарплата курьера} + \text{Кэф.В}$$

Кэф.А – во сколько раз зарплата сотрудника превышает зарплату курьера,

Кэф.В – на сколько раз зарплата сотрудника превышает зарплату курьера.

	A	B	C	D	E	F
1	Штатное расписание фирмы					
2						
3		Зарплата курьера		?		
4						
5	Должность	Кэф. А	Кэф. В	Зарплата сотрудника	Кол-во сотрудн.	Суммарная зарплата
6	Курьер	1	0	?	6	?
7	Младший менеджер	1,5	0	?	8	?
8	Менеджер	2,5	0	?	10	?
9	Зав.отделом	3	1000	?	3	?
10	Главный бухгалтер	5	0	?	1	?
11	Программист	2,5	1500	?	1	?
12	Системный аналитик	3,5	0	?	1	?
13	Ген.директор	6	2000	?	1	?
14			Фонд заработной платы			?

Рис. 5. Оформление задачи в электронном документе

F14 fx =СУММ(F6:F13)						
	A	B	C	D	E	F
1	Штатное расписание фирмы					
2						
3		Зарплата курьера		8601,45		
4						
5	Должность	Козф. А	Козф. В	Зарплата сотрудника	Кол-во сотрудн.	Суммарная зарплата
6	Курьер	1	0	8601,45	6	51608,70
7	Младший менеджер	1,5	0	12902,17	8	103217,39
8	Менеджер	2,5	0	21503,62	10	215036,23
9	Зав.отделом	3	1000	26804,35	3	80413,04
10	Главный бухгалтер	5	0	43007,25	1	43007,25
11	Программист	2,5	1500	23003,62	1	23003,62
12	Системный аналитик	3,5	0	30105,07	1	30105,07
13	Ген.директор	6	2000	53608,70	1	53608,70
14			Фонд заработной платы			600000

Рис. 6. Решение задачи в электронном документе

Рассматривая на занятиях различные способы решения поставленной задачи, обучаем выбору рационального решения задачи в данной ситуации. При рассмотрении разноуровневых задач обучающиеся строят различные модели их решения, и выбирают более оптимальную в данной ситуации [3, 4]. Эта стратегия закрепляется при решении задач разного уровня сложности. Применение цифровых технологий с использованием рационального стиля деятельности позволяет регулировать темп и качество обучения.

Список используемых источников

1. Большакова З.М. Дидактические основы становления профессионально-педагогической деятельности у будущих учителей: Монография. – Челябинск: ЧГПУ, 2005. 80 с.
2. Витт, А.М. Педагогика и коммуникативные технологии цифровой культуры / А.М. Витт // В сборнике научных трудов национальной научной конференции Института агроинженерии: Актуальные вопросы гуманитарных, экономических и естественных наук: теория и практика. Челябинск, 2020. С. 109-113.
3. Витт А.М. Цифровые технологии в освоении информационных технологий // В сборнике международной научно-практической конференции:

Современная школа в условия реализации национального проекта «Образование». Под научной редакцией Р.Ф. Ковтун. Челябинск, 2020. С. 49-52.

4. Тулькибаева, Н.Н. Педагогика / Н.Н. Тулькибаева, З.М. Большакова, Г.Я. Гревцева. – Челябинск: ЧГПУ, 2007. 195 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТРАСЛЕЙ

Волков П.В. – старший преподаватель кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Аннотация

В статье рассматриваются программно-аппаратные особенности инфокоммуникаций типичных предприятий технологических отраслей, осуществляющих цифровую трансформацию своей области.

В современных реалиях развитие и совершенствование аппаратно-программного обеспечения является важной стратегической целью каждого предприятия в различных технологических отраслях. В рамках реализации Указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в том числе с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере, Правительством Российской Федерации сформирована национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [2].

Основные цели программы:

- создание экосистемы цифровой экономики, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства;
- устранение имеющихся препятствий и ограничений для создания и развития высокотехнологических бизнесов;

– повышение конкурентоспособности на глобальном рынке экономики Российской Федерации.

Сегодня в той или иной степени каждое предприятие в силу своих возможностей старается соответствовать уровню цифрового развития конкурентов и смежных областей за счет трансформации инфокоммуникационной базы и обновления программного обеспечения.

Программная архитектура типичного предприятия технологической отрасли наглядно представлена на рисунке 1.

С учетом специфики деятельности предприятия сотрудники разных отделов, как правило, имеют дополнительное программное обеспечение:

- Бухгалтерия: 1С Бухгалтерия: Версии 8;
- САПР различных видов;
- IT: Radmin Viewer, Remote Administrator, Total Commander и т.д.

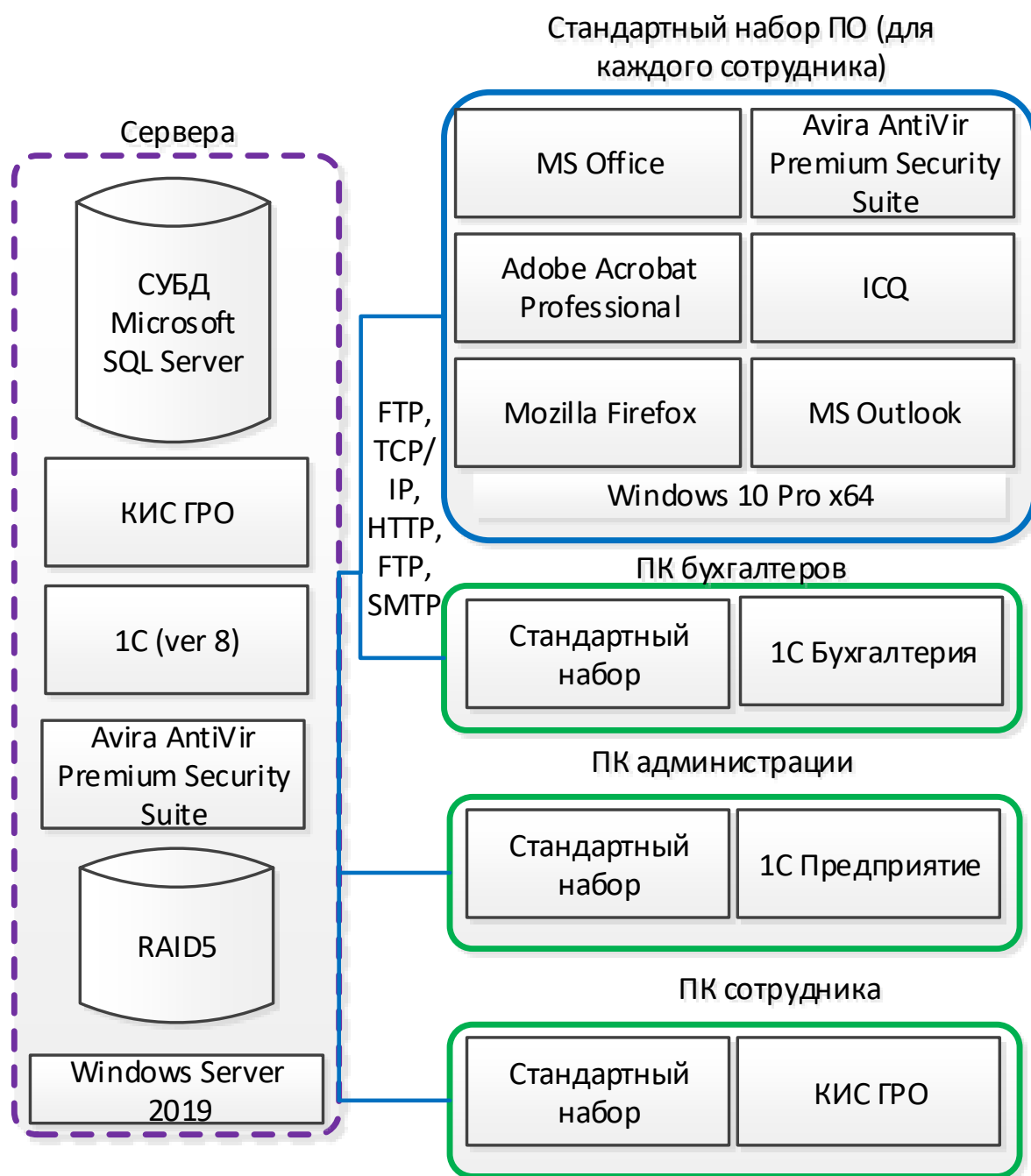


Рис. 1. Программная архитектура предприятия технологической отрасли

Также предприятием эксплуатируется сеть управления технологических оборудованием. К промышленным сетям предъявляются практически те же требования, что и к телекоммуникационным сетям, поэтому в основе описания промышленных сетей лежит семиуровневая модель взаимодействия открытых систем OSI (Open System Interconnection Model) Международной организации по стандартизации ISO

Однако большинство промышленных сетей ограничивается тремя уровнями модели: физическим, канальным и прикладным [1]. Простые сети

используют аппаратные средства на физическом уровне, а остальные задачи, связанные с доступом к каналу связи, доставкой пакетов получателю, проверкой правильности данных и др. решаются программными средствами. Как исключение существуют протоколы промышленных сетей, реализующие все семь уровней OSI-модели, например, LonWorks.

Из промышленных сетей в настоящее время наиболее распространены PROFIBus (PROcess FieLd BUS), CAN (ControllEr Area Network), ModBus.

К основным компонентам РИУС относятся: исполнительные устройства, контроллеры, датчики, человеко-машинный интерфейс, сервера хранения и подсистема передачи данных, в том числе удаленная диагностика и обслуживание.

Данные компоненты и их взаимодействие представлены на схеме управления физическим процессом. Модель в нотации IDEF является структурно-функциональной и описывает как связь компонентов, так и их роль в системе, (рисунок 2).

Из схемы очевидно, что оператор SCADA не управляет процессом напрямую, а является скорее «наблюдателем» и обеспечивает административные функции высшего уровня управления. При этом его работа основана на уже обработанной контроллером информации. В то время как функции непосредственного управления (нижнего уровня) обеспечиваются контроллером, который взаимодействует с датчиками и на основе этих данных выполняет алгоритмы управления. Как правило, эксплуатация автоматизированной системы технологическим процессом осуществляется не разработчиками, а обученным персоналом, что в свою очередь требует для поддержания системы в работоспособном состоянии наличия механизмов обслуживания и диагностики удаленными администраторами.

Эксплуатация автоматизированной системы технологическим процессом является сложной процедурой. Созданные системы будут периодически модифицироваться и развиваться благодаря выпуску новых версий информационно-коммуникационных систем, которые будут содержать новые модули, а также дополненные и улучшенные старые. Также предполагаются исправления возможных ошибок, допущенных в программно-аппаратном обеспечении с учетом новейших методик автоматизации бизнес-процессов компании.



Рис. 2. Функциональная модель процесса в IDEF0

Список используемых источников

1. ГОСТ 34.601–90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. Издательство стандартов, 1991.

2. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. «Цифровая экономика РФ <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 20.12.2022)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ВНЕУЧЕБНОГО МЕРОПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ QR-СКАНЕРА

Волков Я.В. – студент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет»

Мухина Ю.Р. – канд. пед. наук, доцент кафедры «Техника и технологии», ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет».

Аннотация

В статье представлено обоснование использования QR-сканера для автоматизации процесса проведения внеучебных студенческих мероприятий, на примере Фестиваля наук Южно-Уральского технологического университета. Описаны процессы проектирования и разработки модулей для сканирования и проверки QR-кодов, а также для генерации QR-кодов. Эти модули будут внедрены в работу существующего веб-сайта фестиваля наук. Внедрение этих модулей позволит полностью автоматизировать процесс подсчета баллов участников и сократить время подведения итогов.

QR (Quick Response, «быстрый отклик») – это двумерный тип штрих-кода, который легко считывается цифровым устройством и хранит информацию в виде серии пикселей в квадратной сетке, которая внешне выглядит как черно-белый узор. QR-код, в отличие от штрих-кода, читается в двух направлениях – по горизонтали и по вертикали [1]. Это позволяет хранить в нем больше данных. При сканировании QR-кода пользователь получает доступ к этим данным мгновенно.

В наши дни QR-коды используются во множестве отраслей как для хранения данных (ссылки на сайты, номера телефонов или тексты), так и для предоставления доступа к Wi-Fi, отправки и получения платежной информации и прочих целей.

Из-за своей надёжности, простоты и удобства использования мы решили использовать QR-коды как жетоны для начисления баллов на мастер классах в рамках Фестиваля наук ЮУТУ. На данный момент организация и проведение фестиваля наук реализовано на основе веб-приложения [2]. Фестиваль науки на базе ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет» проходит уже 9 лет в феврале и посвящается Дню Российской науки. Сайт включает в себя следующий функционал:

- предоставление общей информации о фестивале;
- регистрация и авторизация участников;

- возможность просмотра информации и выбор мероприятий в рамках трех потоков;
- личные кабинеты участников;
- административная часть сайта с возможностью ввода информации о спикерах и мероприятиях, а также формирование отчетов по мероприятиям и фестивалю в целом.

QR-сканер – небольшой модуль по сканированию и проверке QR-кодов. Чтобы его использовать, необходимо перейти на страницу с QR-сканером, разрешить использование камеры, просканировать QR-код и ожидать ответа от приложения. Если QR-код будет верным, то будут начисляться баллы.

На рисунке 1 представлен интерфейс QR-сканера. Он прост и понятен в использовании. На странице расположено место для сканирования кода. А также поле для вывода результата сканирования.

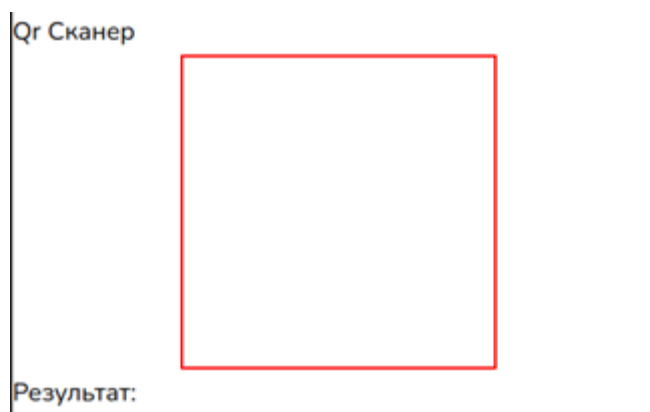


Рис. 1. Страница QR-сканера

При сканировании кода участником, QR-сканер отправляет данные на сервер. Сервер сравнивает полученные данные QR-кода с данными, которые уже содержатся в базе данных. Если полученный код существует и отсканирован впервые – выводится результат на экран, содержащий строку «Правильный QR-код». В ином случае в результате выводится «Неправильный QR-код».

При сканировании правильного QR-кода участнику зачисляются баллы за участие в мастер-классе. Результат правильного и неправильного QR-кода представлен на рисунке 2. При неправильном сканировании участник не получает никакого ответ.

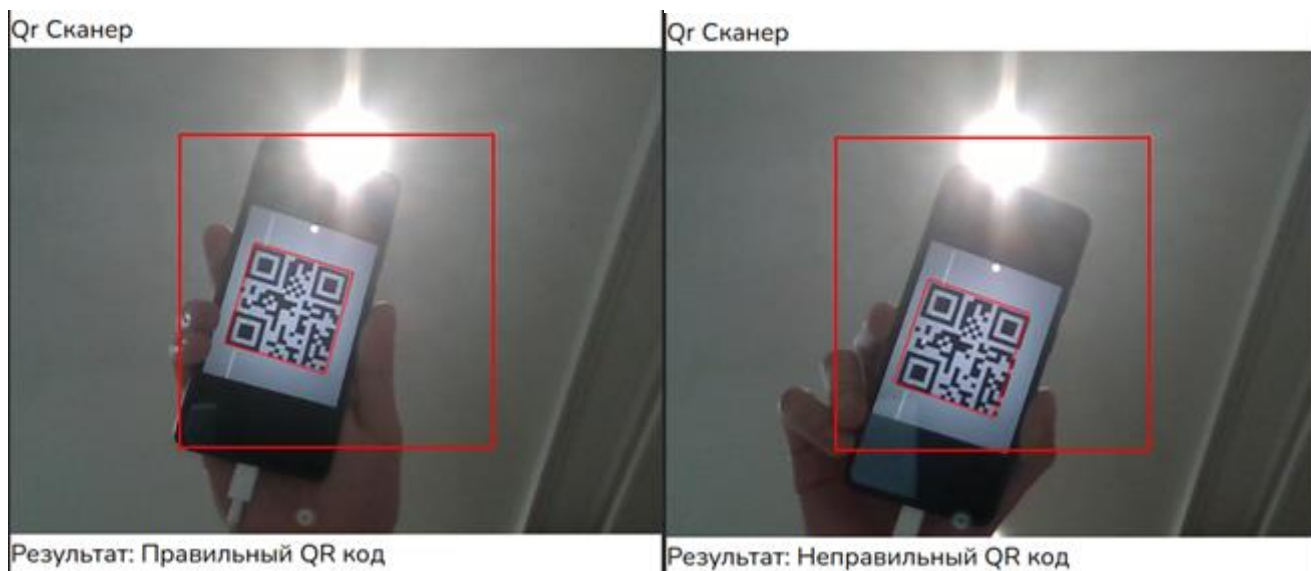


Рис. 2. Результат сканирования QR-кода

В базе данных представлена таблица с QR-кодами (рис. 3). В таблице содержатся токены, отвечающие за проверку QR-кода. А также значения true/false, которое делает QR-код одноразовым.

	id	token	confirmed	created_at	updated_at
1	36	vL3qLK	0	[NULL]	[NULL]
2	37	HpXasi	0	[NULL]	[NULL]
3	38	3dKN7Q	0	[NULL]	[NULL]
4	39	OqE0FQ	0	[NULL]	[NULL]
5	40	1v4Ld0	0	[NULL]	[NULL]
6	41	uKfDV6	0	[NULL]	[NULL]
7	42	AquqTW	0	[NULL]	[NULL]
8	43	opsLMn	0	[NULL]	[NULL]
9	44	uYNH87	0	[NULL]	[NULL]
10	45	QNDDcB	0	[NULL]	[NULL]
11	46	v5YVfd	1	[NULL]	[NULL]
12	47	w3QGkY	0	[NULL]	[NULL]
13	48	o2MBrv	0	[NULL]	[NULL]
14	49	qUKL55	0	[NULL]	[NULL]
15	50	Mql1Gv	0	[NULL]	[NULL]
16	51	A4CMWZ	0	[NULL]	[NULL]
17	52	IvQv6W	0	[NULL]	[NULL]
18	53	SKQLYD	0	[NULL]	[NULL]
19	54	E9jBdi	0	[NULL]	[NULL]
20	55	LkMAUd	0	[NULL]	[NULL]

Рис. 3. База данных

На рисунке 4 представлена диаграмма прецедентов UML, отображающая функциональные возможности информационной системы. Основные категории пользователей – это обычные пользователи (зарегистрированные участники фестиваля наук) и администратора.

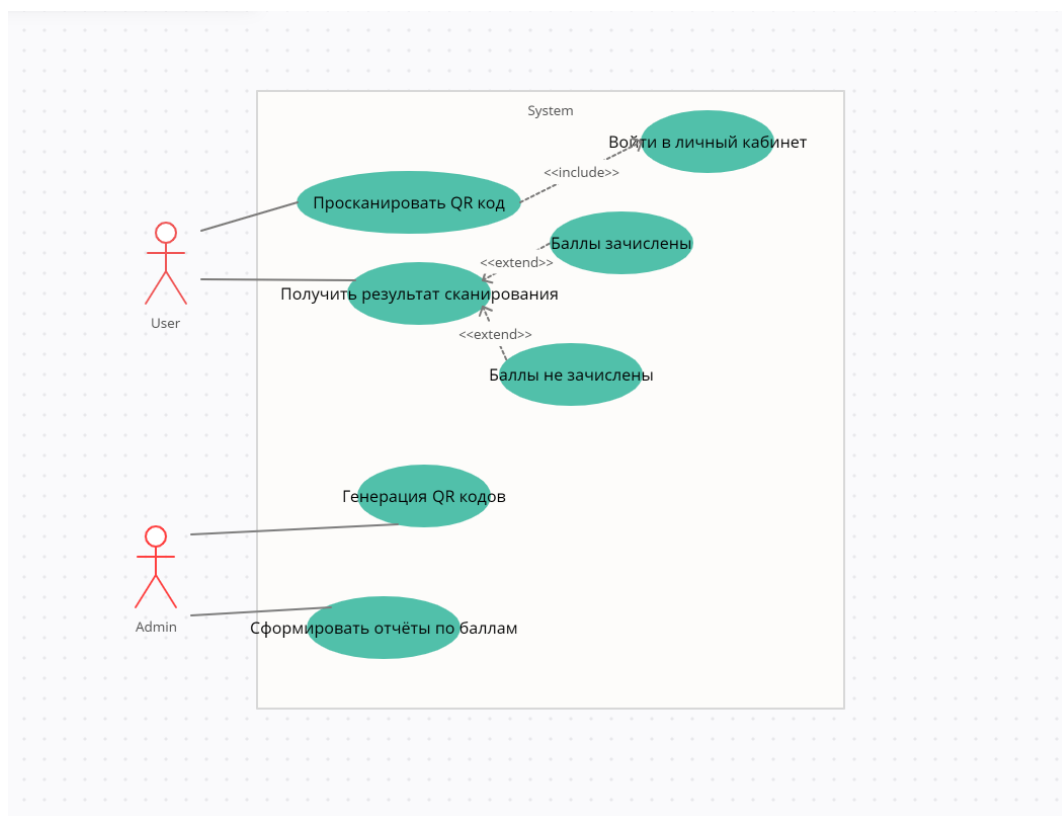


Рис.4. UML Диаграмма прецедентов

Участники фестиваля наук в своем личном кабинете могут перейти в модуль QR-сканера и отсканировать QR-код однократно. Администратор системы может сгенерировать нужное количество QR-кодов. Эти коды будут распечатаны на специальных жетонах, которые участники получают на мероприятиях фестиваля за свои знания, активность и сообразительность. Также администраторы могут получить отчет для подведения итогов фестиваля.

Этот модуль включает в себя следующий функционал:

- хранение уникальных QR-кодов в базе данных для считывания и начисления баллов в мастер классах с ограниченным использованием.
- сканирование QR-кодов и последующая его проверка.

– при сканировании правильного QR-кода идёт отправка запроса на сервер для изменения данных в базе данных.

Помимо модуля для проверки QR-кодов есть модуль по генерации этих QR кодов. Этот модуль представлен на рисунке 5.



Рис.5. Генератор QR-кодов

Этот модуль включает в себя следующий функционал:

- генерация QR-кодов.
- отрисовка их в браузере.
- запись их в базу данных.

Таким образом, разработанный модуль позволит дополнить функционал существующей системы для проведения мероприятий в рамках Фестиваля наук, а также может быть использован как самостоятельное приложение для проведения иных мероприятий. Использование данного модуля позволит автоматизировать организацию фестиваля наук, особенно процесс подведения итогов. До использования модуля QR-сканера жетоны считались вручную.

Список используемых источников

1. Визитки, реклама, платежи: как возникли и для чего используются QR-коды [Электронный ресурс]. URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/6189517c9a79475deb5dbf9a#card_6189517c9a79475deb5dbf9a_1 (дата обращения: 14.03.2019)
2. Сайт фестиваля наук ЮУТУ [Электронный ресурс]. URL: <https://festival.science174.ru/> (дата обращения: 14.03.2019)

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО НАДЗОРА В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Гладких В.С. – начальник отдела государственного строительного надзора, Комитет по контролю (надзору) Республики Алтай

Аннотация

В статье представлены актуальность, основные принципы, цели и результаты применения риск-ориентированного подхода в деятельности подразделений государственного строительного контроля. Для использования риск-ориентированного подхода при организации государственного строительного надзора региона строящимся и реконструируемым объектам капитального строительства присваиваются отдельные категории риска.

В первую очередь из основных значительных тенденций осуществляемой реформы контрольно-надзорной деятельности (далее – КНД) существует введение риск-ориентированного подхода при осуществлении контрольно-надзорной деятельности. Приоритетной задачей этой области введения является переход к дифференцированному планированию проверок в зависимости от уровня риска причинения вреда охраняемым законом ценностям. Прогнозировалось, что такой переход позволит направить наибольшие временные и кадровые ресурсы контролирующих органов на проверки видов деятельности, представляющих реальную угрозу причинения вреда охраняемым законом ценностям. В то же время одновременно должно явиться снижение общего числа проверок, особенно в отношении объектов, деятельность которых является наименее опасной с точки зрения возможности причинения вреда таким ценностям [1, с. 33].

Существуют критерии отнесения строящихся и реконструируемых объектов и общие положения применения риск-ориентированного подхода. Категории риска следующие:

- 1) повышенной опасности – общественные здания и сооружения, многоквартирные жилые дома, путепроводы, туннели, мосты и путепроводы, а также объекты капитальное строительство с пролетом от 20 до 100 метров;
- 2) значительный риск – производственные здания;
- 3) средней опасности – другие объекты, для которых законодательством предусмотрена региональная ГСН [2, с. 57].

Эффективное присвоение категории риска объект строительства осуществляется региональным органом ГСН при получении извещения о начале строительных работ на основании сведений проектная документация, имеющая положительное заключение государственной экспертизы.

При определении органом регионального ГСН программы проверок указываются следующие ограничения по количеству проверок в зависимости от принадлежащей категории риска:

- 1) для категории высокого риска – не более 12;
- 2) для категории значительного риска – не более 10;
- 3) для категории умеренного риска – не более 7 [2, с. 59].

Объем проверок определяется на весь период строительства объекта. Но все-таки данный актуальный аспект о снижении общего числа проверок в данном случае остается дискуссионным.

При анализе законодательства в рассматриваемой сфере было установлено, что сроки строительства объектов регламентируются проектной документацией на основании положений «СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительных и подготовительных работ при строительстве предприятий, зданий и сооружений. Часть II, утв. Постановление Госстроя СССР и Госплана СССР от 17 апреля 1985 г. № 51/90 82. Согласно указанному нормативно-правовому акту на примере десятиэтажного монолитного здания общей площадью 13 000 кв.м. Норма срока строительства, как правило, составляет 12 месяцев. Строительство такого здания относится к категории повышенной опасности, что предполагает теоретическую возможность для должностного лица регионального органа ГСН включить в программу осмотра до 12 проверочных мероприятий. При этом сроки проверки в соответствии с положениями ФЗ №

294 могут составлять до 20 рабочих дней. В результате региональные органы ГСН фактически наделены юридическими полномочиями проводить ежедневные проверки этих объектов в течение всего периода их строительства.

Для примера раскроем объект капитального строительства категории значительного риска может являться склад непродовольственных товаров – одноэтажное здание высотой 6 м. со сборным железобетонным каркасом, складская площадь 1.2 тыс. кв. м. Норма продолжительности строительства такого склада по общему правилу составляет 8 месяцев. В программу проведения проверок строительства данного объекта законодательством разрешено внести до 10 проверочных мероприятий.

Одним из распространенных видов объектов капитального строительства, относящимся к категории средней опасности, является прокладка уличного канализационного трубопровода в наклонной канаве. В случае, если запланировано строительство трубопровода из стальных труб диаметром 1400-1600 мм при длине прокладки 1 км, норма продолжительности строительства составит 4 месяца, а в программу проведения проверок может быть внесено до 7 проверочных мероприятий.

Планируемый результат реализации риск-ориентированного подхода должен отклоняться от установленной Федеральным законом № 294 [4] регулярности проведения постоянного контрольного надзора за всеми индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами один раз в три года независимо от особенностей и особенностей их деятельности (продуктовый магазин или крупная производственная компания) или профильных характеристиках (завод по производству взрывчатых веществ или типография). Прогнозирование рисков негативных последствий должно позволить контрольно-надзорным органам направить свою основную деятельность на проведение плановых проверок объектов, которые в случае нарушения обязательных требований представляют реальную угрозу охраняемым законом ценностям [5, с. 322].

Несомненно, новый подход к осуществлению государственного и муниципального контроля (надзора) должен способствовать повышению уровня законности и безопасности в соответствующих сферах деятельности и снижению чрезмерного административного давления на бизнес.

Отдельные элементы риск-ориентированного подхода при осуществлении КНД в 2015 г. начали применяться в рамках пилотных проектов ряда субъектов РФ и видах федерального государственного надзора и контроля.

Ниже приведены основные проблемы развития системы надзора и контроля в России:

- кардинальное изменение системы показателей эффективности в части ухода от так называемой «палочной» системы;
- развитие направлений по профилактике нарушений обязательных требований, обучению подконтрольных субъектов и предупреждению ущерба;
- предотвращение нарушений обязательных требований, обучение субъектов хозяйствования и подготовка инструкций по предотвращению вреда;
- повышение прозрачности деятельности регулирующих и надзорных органов;
- продолжение развития современных информационных систем, в которые должны помимо фиксации проведенных контрольно-надзорных мероприятий, вести учёт нанесенного и предотвращенного вреда, а также собирать факторы риска;
- увеличение либо уменьшение количества планируемых проверок в зависимости от степени риска определенных предприятий [3, с. 22].

Порядок осуществления строительного надзора имеет существенные отличия от большинства других видов государственного надзора, например: осуществление проверок без установления годовых планов проверок подконтрольных лиц.

Таким образом, внедрение риск-ориентированного подхода является перспективным направлением административной реформы в отношении деятельности контрольно-надзорных органов, осуществляющих плановые проверки на основании ежегодных планов, согласованных с контролирующими органами. При составлении годовых планов по периодичности плановых проверок контролирующим органам следует учитывать отнесение деятельности поднадзорных субъектов к определенной категории риска или классу опасности.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что внедрение риск-ориентированного подхода в организацию регионального государственного строительного контроля хотя и не оказало существенного влияния на эволюцию уровня административной нагрузки в отношении проверяемых субъектов, но принимая с учетом соотношения среднего количества проверок в отношении контролируемого объекта в течение года и фактора риска строительных работ в целом уровень этой платы не представляется чрезмерным.

Список используемых источников

1. Васильева А.В. Анализ организации системы государственного строительного надзора / А.В. Васильева, Ю.Ю. Дубровина, С.В. Цыбакин // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах, Караваево, 23 января 2020 года / Под редакцией С.В. Цыбакина, М.А. Ивановой, А.В. Рожнова. Том 2. Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 33-37.
2. Луняков М.А., Минаева М.В. Применение риск-ориентированного подхода при организации регионального государственного строительного надзора применительно к объектам спортивного назначения, реализуемым по государственной программе города Москвы «Спорт Москвы» // Вестник науки и образования. 2019. № 10-2(64). С.57-60.
3. Усольцев Ю.М., Усольцева Н.А. Проблемы применения риск-ориентированного подхода в сфере государственного жилищного надзора // В сборнике: Сборник методических рекомендаций по вопросам социально-экономического развития и нормативно-правового регулирования. 2018. С. 21-25.
4. Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ (ред. от 08.03.2022) «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» // Российская газета, № 266, 30.12.2008
5. Шмарева М.М. Риск-ориентированная модель как элемент реформирования системы государственного контроля (надзора) в России // Наука Красноярья. 2017. Т. 6. № 1-2. С. 322-325.

ДОСТИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Петровский С.В. – к.т.н., доцент кафедры «Электрические станции», Самарский государственный технический университет

Петровский А.В. – к.т.н., доцент кафедры «Информационные технологии», Самарский государственный технический университет

Аннотация

В данной работе производится измерение уровня электромагнитных помех (ЭМС) от системы зажигания автомобиля для того чтобы диагностировать превышение предельно допустимого уровня ЭМС. Данные измерения производятся при помощи интеллектуального диагностического комплекса (ИДК), в состав которого входят интеллектуальные датчики, работающие на различных алгоритмах, например, метод опорных векторов. Сначала ИДК проходит предварительную настройку по диагностическим данным, затем в процессе работы постоянно происходит настройка по постоянно изменяющемуся уровню помех, что позволяет определять ранее не встречавшиеся неисправности и выдавать рекомендации по посещению станции технического обслуживания, в случае несовместимости системы зажигания с другим электрооборудованием как внутри, так и снаружи автомобиля.

Исследования по электромагнитной совместимости (ЭМС) чрезвычайно важны во всех производственных и бытовых сферах, так как при отсутствии ЭМС происходит либо отказ оборудования, либо его неправильная работа. Для электротехнического оборудования проблема ЭМС особенно актуальна. В качестве примера приведем исследования по ЭМС системы зажигания автомобиля при помощи интеллектуального диагностического комплекса (ИДК).

Указанные в статье основы экспериментального моделирования дают возможность решать задачу разработки интеллектуальных диагностических комплексов для оценки ЭМС электрооборудования автомобиля с возможностью автоматического обнаружения и идентификации превышения уровня электромагнитных помех (ЭМП) без необходимости прибегать к более строгому математическому моделированию электромагнитных помех, которое трудно сделать на практике.

Основная задача интеллектуальной информационной системы (ИИС) – это обеспечить диалог с водителем автомобиля в удобной для него форме. Для выполнения этой задачи могут применяться интерфейсы контекстной помощи,

языковой интерфейс с голосовым вводом команд в систему управления электронного блока управления (ЭБУ) автомобиля, которые подсказывают водителю схемы поиска требуемой информации, и различные виды её графического представления. Работа этих интерфейсов позволяет в наглядном и выразительном виде просмотреть и оценить множество параметров, которые характеризуют изучаемый процесс [1, 2, 3].

Вышеуказанная система встроена в бортовую систему автомобиля, причем входными данными в ИИС являются уровень электромагнитной совместимости и на основании этих данных осуществляется экспертная оценка по превышению уровня ЭМС. Эта оценка преобразуется системой при помощи интеллектуальных датчиков в сигнал, а затем поступает на вход системы зажигания, после этого производятся измерения по уровню помех. Итоговые измерения поступают по обратной связи в бортовую систему, затем сравниваются с начальными данными.

В связи с этим важно понимать, что описываемая ИИС является составным устройством, в задачи которой входит возможность оценить параметры объекта измерения и среды, после этого сравниваются параметры реального и желаемого результатов. На основании данного сравнения принимается решение о правильной работе системы зажигания, затем генерируется управляющее воздействие по изменению уровня ЭМП, что позволяет достичь поставленную в работе задачу диагностики. Однако наша ИИС, чтобы достичь этой цели, должна обладать запасом данных, которые хранятся в ее базе данных.

Бортовая система автомобиля имеет встроенный интеллектуальный диагностический комплекс (ИДК), который в свою очередь включает в себя интеллектуальную информационную систему, разработанная в ходе данной работы для диагностики превышения уровня ЭМП. Основной задачей ИДК является возможность реализовать предложенный далее подход к соблюдению требований по ЭМС управлению параметрами системы зажигания для уменьшения уровня помех.

Диагностические данные, поступающие на вход ИДК, обрабатываются алгоритмами классификации, которые выполнены в программной среде ВЕКА (версии 3.6.8) для интеллектуального анализа данных. При этом данные алгоритмы применяют различные методы работы, реализованные в интеллектуальных датчиках (ИД), такие как метод опорных векторов, метод

сетей Байеса, метод алгоритма ближайших соседей и метод искусственных нейронных сетей. Все эти методы реализованы в среде программирования ENCOG Workbench для измерения уровня превышения ЭМП [5, 6]. В итоге лучший результат дает метод опорных векторов, с погрешностью классификации данных 5.75% [7].

На приведенном ниже рисунке 1 предложена структура ИД, основанная на вышеуказанных алгоритмах их работы для диагностики уровня превышения электромагнитных помех от системы зажигания ДВС:

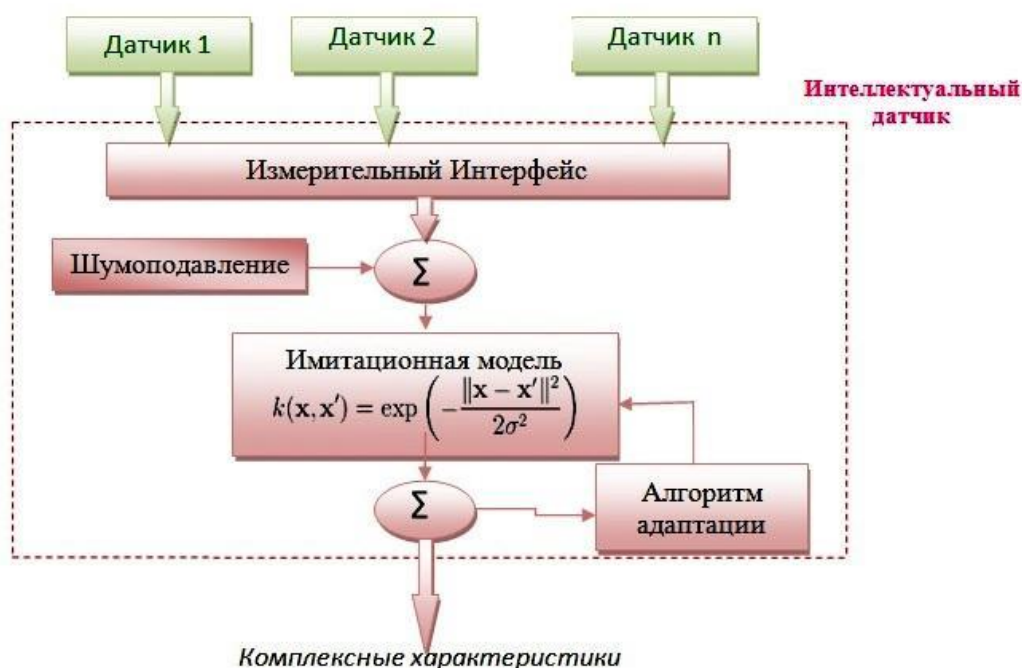


Рис. 1. Функциональная схема интеллектуального датчика

Указанная на рисунке 1 функциональная схема интеллектуального датчика применяется в составе ИДК. Данный датчик получает входные данные об окружающей среде с физических датчиков (датчик 1, датчик 2, ... датчик n). Это датчик массового расхода воздуха, датчик скорости, датчик положения коленчатого вала, датчик напряженностей электрических полей, датчик напряженности магнитных полей и т. д. Различные типы ИД, опираясь на данные об окружающей среде, а также по состоянию объекта управления дают оценку о превышении уровня ЭМП исходя из комплексных характеристик системы зажигания. Полученные интеллектуальными датчиками комплексные характеристики переводятся ИДК в сигнал, затем приходит на вход системы зажигания ДВС, которая реагирует на этот сигнал для ослабления уровня помех.

Базовым отличием ИИС от традиционных систем обработки данных является способ представления данных в виде символов, а не чисел, что сокращает объем данных и позволяет использовать процедуры алгоритма эвристического поиска решений.

В указанном методе экспериментального моделирования производится интеллектуализация датчиков, то есть датчики, не только генерируют сигнал, но и осуществляют его первичную обработку. Данный подход в обработке диагностических данных дает возможность применять не только прямые, но и косвенные измерения данных, которые характеризуют ЭМС системы зажигания.

Для оценки измерений, величина наивысшего уровня ЭМП, обозначается величиной X , которая выявляется на основании зависимости между этой величиной и факторами, у которых их значения определяются по измерениям. После этого находим значение вышеуказанной величины, либо для количественной оценки, либо для качественной, в зависимости от целей и условий.

ИД на основе метода опорных векторов (МОВ), метода искусственной нейронной сети (ИНС), алгоритма ближайших соседей, сетей Баерса и подобных им методов, дают возможность определить зависимость F экспериментально и динамически её настраивать при изменении условий окружающей среды и режимов работы при изменении динамических характеристик изучаемой системы. Например, системы зажигания автомобиля, рассмотренная в различных источниках [4, 5].

Объединив возможности функциональной диагностики уже рассмотренных ИД [5, 6], мы суммируем их с адаптивными и самообучающимися свойствами интеллектуальных информационных систем (ИИС). Эти системы реализованы в виде ИДК для диагностики электромагнитной совместимости автомобильного электрооборудования с системой зажигания ДВС, функциональная схема которого показана на рисунке 2.

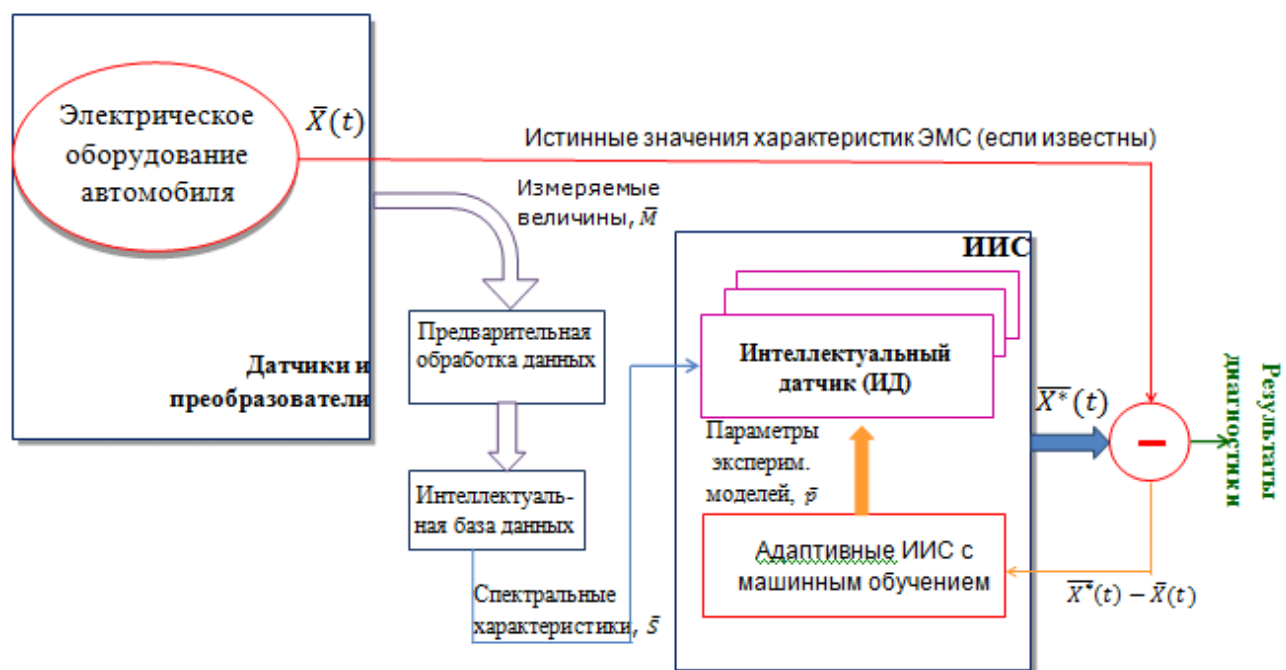


Рис. 2. Схема интеллектуального диагностического комплекса

Работа системы зажигания автомобиля создает высокий уровень ЭМП, который часто превышает допустимый. По этой причине мы выбираем ИД, эмпирические модели которых наиболее точны, то есть имеют наименьшую погрешность. При решении данной задачи мы применяем метод группового учёта аргументов (МГУА), который реализует принципы интеллектуальной обработки данных и самообучения компонентов ИДК.

Данный метод (МГУА) имеет применения в множестве областей и представлен чаще всего регрессионными статистическими моделями. Указанный интеллектуальный диагностический комплекс дает возможность увеличить диапазон применения метода и задает новый класс опытных моделей, представленных как интеллектуальные датчики.

Ядром интеллектуального диагностического комплекса является совокупность показанных в статье интеллектуальных датчиков, у которых их настройка и выбор производится при помощи адаптации к диагностическим данным и обучению реагировать на ранее неизвестные неисправности.

При этом погрешность работы ИД определяется как используемым алгоритмом интеллектуального анализа данных [6, 8], так и точностью выбора вторичных переменных, а также алгоритмических параметров, что в итоге дает возможность достичь погрешности работы ИД, в составе ИДК на уровне 5.75%.

Выводы:

- данный ИДК способен к адаптации и настройке внутренних параметров (что дает возможность достичь погрешности работы интеллектуальных датчиков при определении уровня ЭМП в составе бортового комплекса диагностики на уровне 5.75%);
- программные и функциональные возможности ИДК, реализованного на интеллектуальных датчиках, позволяют комплексно диагностировать превышение уровня ЭМП, затем коды диагностических ошибок выводятся через монитор маршрутного компьютера, на основании которых водитель принимает решение о необходимости остановки и ремонта автомобиля.

Список используемых источников

1. Барнс Дж. Электронное конструирование: методы борьбы с помехами. / Дж. Барнс. М.: Мир, 1990. 238 с.
2. Кечиев Л.Н., Степанов П.В. ЭМС: стандартизация и функциональная безопасность. М.: МИЭМ, 2001. 82 с.
3. Князев А.Д. Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. М.: Радио и связь, 1984. 336 с.
4. Петровский С.В. Николаев П.А. Моделирование электромагнитных помех при работе системы зажигания автомобиля // Научные труды V международной молодежной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи». Том 1, Томск. ТПУ. 2014.
5. Петровский С.В. Моделирование энергоемких накопителей автомобильной комбинированной энергоустановки / С.В. Петровский, В.Н. Козловский, В.И. Строганов, В.В. Дебелов // Журнал Грузовик. 2018. № 11. С. 13-16.
6. Dhar V., Stein R. Intelligent Decision Support Methods: The Science of Knowledge Work. Prentice Hall, 1997. 244 p.
7. Kozlovsky, V. N. Diagnosis of Electromagnetic Interference from the Ignition System of the Vehicle Through Intelligent Transmitter / V. N. Kozlovsky, S. V. Petrovsky, V. V. Vakhnina // Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus

2020, St. Petersburg and Moscow, 27–30 января 2020 года. St. Petersburg and Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. P. 716-719. DOI 10.1109/EIConRus49466.2020.9038934.

8. Quinlan J.R. C4.5: Programs for Machine Learning. — San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993. 302 p. ISBN 1-5586-0238-0

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КЛУБНЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЛЕНТОЧНОМ ТРАНСПОРТЕРЕ СОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Саврасова Н.Р. – к.т.н, доцент, ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

Аннотация

В статье рассматривается моделирование движения клубня картофеля по поверхности транспортера ленточного сортирующего устройства. Приведены дифференциальные уравнения движения клубня и результаты их численного интегрирования в пакете MathCAD. Полученные результаты сравниваются с результатами виртуального моделирования аналогичной задачи в пакете ADAMS/View.

Процесс сортирования является важнейшей операцией первичной послеуборочной обработки картофеля, которая состоит из отделения клубней от остатков почвы и растительности, собственно сортирования и подачи в транспортные средства, в контейнеры или в хранилища. Разделение картофеля на фракции по величине клубней (калибрование) позволяет более целесообразно использовать собранный урожай.

Из всех существующих типов сортирующих устройств наиболее полно удовлетворяют агротехническим требованиям транспортерные машины ременного типа, так как они (в отличие от роликовых, барабанных, грохотных) практически не повреждают клубни, не забиваются при работе, имеют большую производительность и меньшую удельную металлоемкость. Единственным «слабым местом» существующих ременных сортировок является сравнительно невысокая точность сортирования.

В ГНУ ЮУНИИПОК было разработано ленточное сортирующее устройство транспортерного типа для сортирования предметов округлой формы (патент на изобретение № 2296628). Характерной особенностью данного устройства (рис.1) является наличие двух ленточных транспортеров: нижний (2) расположен под углом α к горизонту, верхний (1) выполнен в виде клиновых ремней. Клиновые ремни (5,6) служат для задержки крупной (5) и средней (6) фракций картофеля на нижнем транспортере (3) для последующего перемещения в приспособление для приема отсортированного картофеля. Мелкий картофель, характерные размеры которого меньше величины зазора между плоскостью транспортера и ремнем, скатывается вниз по наклонной плоскости.

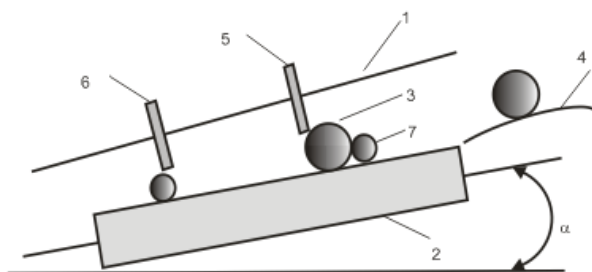


Рис.1. Схема сортирующего устройства транспортерного типа

Чтобы мелкие клубни не задерживались на нижнем транспортере более крупными (7) и не попадали вместе с ними в крупную фракцию, скорости клиновых ремней и ленты нижнего транспортера сделаны различными. В результате, крупный клубень, опирающийся на две поверхности, движущиеся с разными скоростями, приобретает вращательное движение. Точность калибрования повышается за счет получающегося таким образом эффекта ворошения крупных клубней, которые начинают перекашиваться относительно ленты нижнего транспортера в продольном направлении и освобождают место для скатывания более мелкой фракции.

Для выбора оптимальных параметров (скорости сортирующих ремней, размеров калибрующих щелей, угла наклона транспортера и т.д.) данного сортирующего устройства необходимо создать математическую модель взаимодействия клубней картофеля на сортирующей поверхности.

Для этого необходимо решить задачу взаимодействия как минимум трех тел округлой формы с неголономными связями на вязкоупругом основании.

Аналитических способов решения такой задачи в настоящее время не существует, однако, использование компьютерных методов может помочь в достижении результатов.

Целью данной работы является оценка возможности применения программы виртуального моделирования MSC.ADAMS для решения задачи взаимодействия клубней картофеля на сортирующем устройстве.

Создадим математическую модель движения одного клубня картофеля, опирающегося на две поверхности, движущиеся с разными скоростями.

Рассмотрим движение одного клубня картофеля относительно ленты транспортера, начиная с момента времени, когда картофель достигнет клинового ремня. Картофель будем считать сплошным однородным шаром радиуса $R = \sqrt[3]{abc}$, где a, b, c – характерные размеры картофеля.

Свяжем жестко с лентой транспортера оси XYZ (рис. 2). Оси Y и X расположим в плоскости ленты, которая наклонена под углом α к горизонту. Ось Y направим по линии наибольшего ската, а X по направлению движения ленты. Скорость ремня \vec{V}_2 в системе координат XYZ будет равна разнице абсолютных скоростей ремня и ленты транспортера.

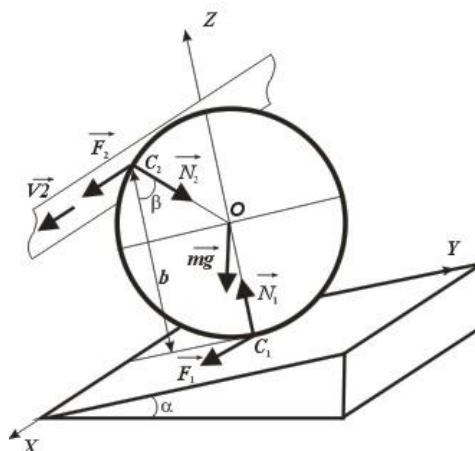


Рис. 2. Расчетная схема клубня на транспортере калибрующего устройства

На шар будут действовать следующие силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальные реакции опор \vec{N}_1, \vec{N}_2 и силы трения \vec{F}_1, \vec{F}_2 со стороны ленты транспортера и ремня соответственно. Запишем дифференциальные уравнения движения шара в системе координат XYZ под действием данных сил, пренебрегая моментом сил трения качения. Пусть \vec{V} – скорость центра масс шара в неподвижной системе координат XYZ , \vec{F} – главный вектор

внешних сил, \vec{M} - главный момент внешних сил относительно центра масс, \vec{K} - кинетический момент тела относительно центра масс. На основании теорем о движении центра масс и об изменении кинетического момента получаем два дифференциальных уравнения:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F} \quad (1)$$

$$m \frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{M} \quad (2)$$

Обозначим через x координату центра тяжести шара, а через ω_y, ω_z проекции мгновенной угловой скорости шара на оси, параллельные YZ и проходящие через центр шара. Проекция векторных дифференциальных уравнений на координатные оси будут иметь вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_1 + F_2 \quad (3)$$

$$I \frac{d\omega_y}{dt} = F_2 R \cos(\beta) - F_1 R \quad (4)$$

$$I \frac{d\omega_z}{dt} = F_2 R \sin(\beta) \quad (5)$$

где m – масса шара, I – момент инерции шара, относительно оси, проходящей через его центр, β - угол между нормалью к плоскости XU и направлением реакции со стороны ремня \vec{N}_2 (см. рис.2).

В случае качения без скольжения по плоскости XU скорость точки C_1 соприкосновения шара и плоскости будет равна нулю:

$$\vec{V}_1 = \vec{V} + \vec{\omega} \times \vec{OC}_1 = 0 \quad (6)$$

Скорость точки C_2 соприкосновения шара и ремня будет равна относительной скорости ремня V_2 и определится выражением:

$$\vec{V}_2 = \vec{V} + \vec{\omega} \times \vec{OC}_2 \quad (7)$$

где \vec{V} - скорость центра масс шара, $\vec{\omega}$ - мгновенная угловая скорость шара.

Проекция последних выражений на ось X , позволяют получить дополнительные кинематические уравнения:

$$\frac{dx}{dt} - \omega_y \cdot R = 0 \quad (8)$$

$$V_2 = \frac{dx}{dt} - \omega_y \cdot R \cos(\beta) + \omega_z \cdot R \sin(\beta) \quad (9)$$

Полученные дифференциальные уравнения (3,4) совместно с кинематическими уравнениями (8,9) описывают движение тела сферической формы, имеющего две точки опоры. Численное решение данных уравнений было выполнено с использованием пакета MathCAD.

Данная задача также была смоделирована и рассчитана в пакете MSC.ADAMS (Automatic Dynamics Analysis of Mechanical Systems). MSC.ADAMS (Automatic Dynamics Analysis of Mechanical Systems) – пакет компании MSC.Software Corporation для моделирования и расчета механизмов и машин. Пакет позволяет создавать, исследовать и оптимизировать виртуальные прототипы машин и механизмов, реалистично моделируя работу разрабатываемых изделий, с учетом реальных условий эксплуатации. Пользователю предоставляется возможность исследовать модель в тех же самых условиях, в которых работает реальный объект.

Для создания поверхности транспортера, ремня и шара использовались трехмерные объекты (Box, Sphere) из библиотеки ADAMS/View (рис. 3). Материал объектов учитывался заданием соответствующей плотности. Клиновой ремень приводился в движение с помощью поступательного шарнира (Translational Joint). Параметры контактного взаимодействия шара с поверхностями транспортера и ремня заданы таким образом, чтобы минимизировать проскальзывание в точках контакта.

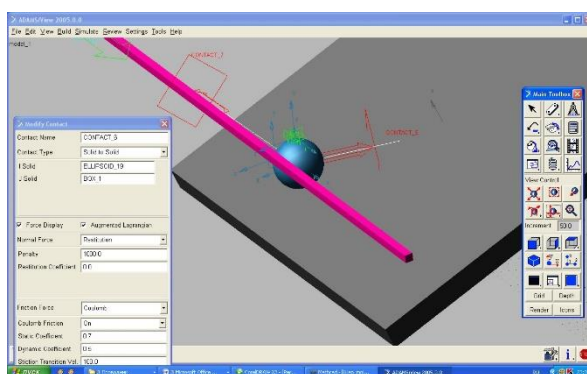


Рис. 3. Модель ленточного транспортера в пакете ADAMS/View

В результате решения данной задачи двумя методами получены графики движения центра масс, скорости центра масс и угловые скорости вращения шара вокруг координатных осей.

Сравнение результатов расчета (MathCAD и Adams/View)

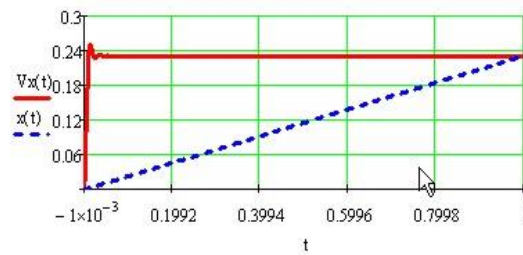


Рис. 4. Графики изменения координаты и скорости центра масс шара (MathCAD): $x(1)=0,23$ м, $V(1)=0,231$ м/с

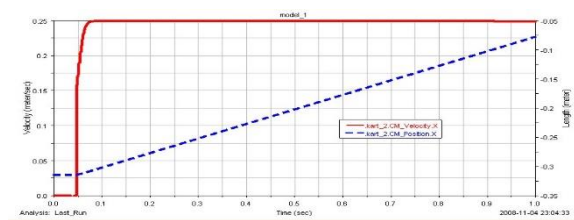


Рис. 5. Графики изменения координаты и скорости центра масс шара (Adams):

$x(1)=0,237$ м, $V(1)=0,248$ м/с

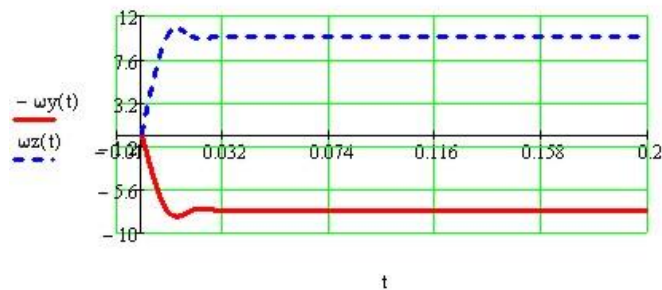


Рис. 6. Графики изменения угловых скоростей ω_y , ω_z (MathCAD)

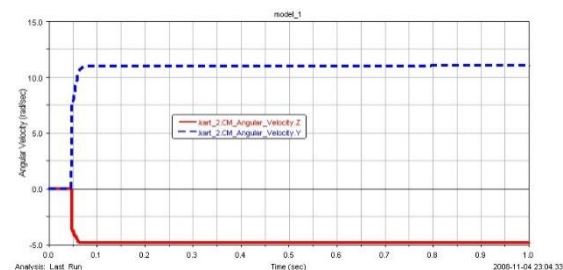


Рис. 7. Графики изменения угловых скоростей ω_y , ω_z (Adams)

Анализ полученных результатов показывает, что расхождение между двумя методами расчета составляет не более 5-7%. Следовательно, для решения более сложных контактных задач можно использовать средства виртуального моделирования, а именно пакет MSC. Adams.

Список используемых источников

1. Гордеев О.В. Усовершенствование ленточно-щелевого рабочего органа для отделения крупного картофеля во время загрузки картофелехранилищ. «Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук», 1999. №2. С. 55-56.
2. Колчин Н.П., Трусов В.П. Машины для сортирования и послеуборочной обработки картофеля. М.: Машиностроение, 1966. 247 с.
3. Маркеев А.П. Динамика тела, соприкасающегося с твердой поверхностью. М.: Наука, 1992. 334 с.
4. Саврасова Н.Р. Моделирование кинематики тел и механических систем в пакете MSC.ADAMS/View: учебное пособие. М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГБОУ ВПО «Челябинская гос. агроинженерная академия». Челябинск: ЧГАА, 2014. 52 с.
5. Саврасова Н.Р. Моделирование динамики тел и механических систем в пакете MSC.ADAMS/View: учебное пособие. М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский гос. аграрный ун-т», Ин-т агроинженерии. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2015. 56 с

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА В ЭПОХУ ИНДУСТРИИ 4.0

Шатров С.Л. – к.э.н., доцент, Белорусский государственный университет транспорта

Курганова О.Б. – студентка, Белорусский государственный университет транспорта

Гусева Е.А. – студентка, Белорусский государственный университет транспорта

Аннотация

Актуальность темы исследования определяется тем, что транспорт является важной частью логистической отрасли, это основная опора логистики, поскольку он определяет поток товаров в нее и обратно, в связи с чем внедрение автоматизированной логистической системы обеспечит оптимизацию процессов, повышение качества и уровня транспортно-логистического обслуживания клиентов.

Интенсивное развитие и распространение цифровых технологий в последние годы значительно меняют облик ключевых отраслей экономики и социальной сферы. Стремительное развитие технологий, а также множество изменений на мировом рынке сегодня привели к появлению нового тренда – цифровой трансформации.

В процессе продолжающихся усилий по цифровому преобразованию в организациях возникает необходимость систематического определения лежащих в их основе управленческих и организационных действий. Все больше организаций стремятся перенести бизнес-процессы в цифровую среду, тем самым существенно снижая транзакционные издержки и значительно увеличивая объемы экономической деятельности.

Широкое использование информационных и коммуникационных технологий и необходимость перехода к информационному обществу, основанному на знаниях, обеспечивают рост экономики в условиях усиления защиты окружающей среды, ускоряя сокращение физического потребления в пользу капитализации информации и знаний, перемещая центр тяжести к инвестициям в человеческий капитал [1, с. 15]. Само собой разумеется, что информационное общество является интегрирующим объектом устойчивого развития, основанного на социальных правах и равных возможностях, свободе, культурном разнообразии и инновационном развитии, защите окружающей среды, реструктуризации промышленности и бизнеса.

Индивидуальная инициатива, солидарность, сотрудничество и взаимное доверие на рабочем месте являются ключевыми факторами успеха в информационном обществе. Новые цифровые технологии упрощают доступ, хранение и передачу информации, поэтому мы имеем дело с цифровой информацией, которую можно преобразовать в новые экономические и социальные ценности, создавая огромные возможности для разработки новых продуктов и услуг. В этих условиях можно сказать, что информация является ключевым ресурсом для нового типа экономики, цифровой экономики.

В промышленности изменения технологий и бизнес-процессов под влиянием цифровой экономики назвали четвертой промышленной революцией (Industry 4.0). Она влечет за собой ряд разрушительных изменений как в бизнес-моделях, так и в производственных цепочках, которые их поддерживают. Логистика, которая является фундаментальным элементом этих процессов, неизбежно подвергается влиянию этих значительных изменений. Эта четвертая промышленная революция характеризуется своей скоростью, масштабностью и глубиной. Изменения настолько всеобъемлющи, что они затрагивают то, как мы живем, работаем и взаимодействуем друг с другом, связывая при этом между собой страны, компании, отрасли и общество в целом. Следовательно, логистическая система будущего должна быть нацелена на взаимосвязанную информацию и оптимизацию времени и ресурсов при значительных инвестициях в инновации и развитие для поддержания конкурентоспособности компаний.

Цифровизация бизнес-процессов началась в 1960-х годах с первых усилий по развитию электронного обмена данными (EDI) [2, с. 41]. Со временем эти процессы усложнились благодаря появлению новых приложений и интеграции технологий, которые улучшили поток, скорость, надежность и безопасность обмена информацией. Управление данными и обмен ими между участниками логистической цепочки оказываются ключевым источником инноваций и понимания потребностей клиентов, способствуя разработке услуг с добавленной стоимостью.

Цифровые технологии трансформируют механизм хозяйствования и управления во многих сферах деятельности предприятия, в том числе и в транспортно-логистической. Транспортная логистика является одним из важнейших секторов, который является наиболее благоприятной сферой деятельности для внедрения цифровых технологий и средств автоматизации.

Транспортные и логистические операции традиционно были трудоемкими. Ручной ввод данных, локализованная и сегментированная информация и отсутствие интегрированных данных означают, что нет единого источника достоверной информации для операций в различных местах и филиалах. Как и в большинстве отраслей, предприятия транспортного сектора сталкиваются с устойчивыми и глубокими изменениями, вызванными сбоями в программном обеспечении и влиянием новых технологий на цепочки поставок во всем мире. Это вызвало быстрый сдвиг в процессах, чтобы соответствовать основам Индустрии 4.0, то есть цифровому преобразованию традиционных отраслей в современную эпоху [3, с. 147].

Несмотря на то, что речь идет о тенденции к автоматизации и оцифровке производства, практическое применение этих технологий в значительной степени реализуется в транспортно-логистическом секторе. Это стимулирует использование коммуникационных инструментов для оцифровки и интеграции вертикальных и горизонтальных цепочек создания стоимости, оцифровки предложений продуктов и услуг, а также разработки новых цифровых бизнес-моделей и платформ доступа к клиентам.

Индустрия 4.0 является результатом инноваций, автоматизации и сложных процессов, лежащих в основе стратегий промышленного успеха. Она основана на шести принципах: совместимость, виртуализация, децентрализация, возможность работы в реальном времени, сервисная станция и модульность

Объем данных резко возрастает вместе с вычислительной мощностью и возможностями подключения. Это привело к созданию возможностей аналитики и бизнес-аналитики, которые необходимы в организациях, а также действуют как цепочки поставок.

В результате появились новые формы взаимодействия человека и машины, такие как сенсорные интерфейсы и системы дополненной реальности, что дало совершенно новое определение термину «эффективная коммуникация». Это также привело к быстрым улучшениям в передаче цифровых инструкций в физический мир, когда речь идет об общении с клиентами и членами команды, например, с использованием робототехники и 3D-печати.

В современном ориентированном на клиента цифровом обществе транспорт и логистика находятся под постоянным давлением, чтобы

оставаться конкурентоспособными, обеспечивать качественное обслуживание клиентов и находить инновационные способы оптимизации своей деятельности. Логистическая информационная система является не чем иным, как частью управленческой информационной системы реализации, контроля и измерения результативности логистической деятельности. Эти действия анализируются как внутри организации, так и в целом по всей цепочке поставок.

Информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) являются в настоящее время главными инструментами, с помощью которых осуществляется модернизация управления в сфере транспортных перевозок и логистики. Современные информационные системы характеризуются созданием единого информационного пространства для всех участников взаимодействий. По этой причине главной особенностью транспортной инфраструктуры является ее высокая технологическая зависимость от участников перевозочного процесса. Специфика транспортной отрасли – необходимость постоянного обмена информацией между очень удаленными друг от друга пунктами. Это обуславливает необходимость использования новейшего сетевого оборудования, технологий передачи данных. От безопасности на транспорте зависят жизни людей, поэтому в транспортной отрасли повышенные требования к надежности передачи данных на большие расстояния и защите их от доступа извне.

Индустрия 4.0 наконец-то стала реальной движущей силой, определяющей будущее глобальной цепочки поставок. Это смесь технологий, включая передовую робототехнику и искусственный интеллект; сложные датчики; аналитика больших данных; 3D-печать; облачные бизнес-модели; мощные мобильные устройства; и алгоритмы для управления транспортными средствами [4, с. 86]. Многие усовершенствования этих коммуникационных инструментов включают навигацию в реальном времени, приложения для совместного использования, автономные транспортные средства и службы доставки (последней мили), что обеспечивает расширенную взаимозаменяемость между компаниями, странами, сотрудниками и конкурентами.

Транспортная отрасль представляет собой сеть, которая обеспечивает успешное перемещение пассажиров, грузов и почты из одного места в другое различными видами транспорта, такими как воздушный, водный,

автомобильный, железнодорожный, трубопроводный и кабельный. Эта отрасль состоит из разнородных взаимодействующих подсистем, работающих взаимосвязанно для обеспечения производительности. Индустрия 4.0 привела к значительному повышению качества и доступности данных.

Умеренный уровень внутриоперационной прозрачности уже требуется для компаний, пытающихся внедрить более сложные ИТ-решения, но технология, которая позволяет использовать умные фабрики, также способствует сквозной (E2E) прозрачности внутри бизнеса, соединяя различные точки в цепочке создания стоимости. В более целостную архитектуру. Это улучшение качества и прозрачности данных оказывает значительное влияние на планирование транспортировки сразу же после этого.

В частности, это может позволить планировщикам создавать более точные прогнозы отгрузки и спроса. Более адаптируемые альтернативы доставки и маршрутизации, а также быстрое и гибкое реагирование на потенциальные сбои или узкие места, используя всю информацию о грузоподъемности и использовании склада.

Расширение межоперационной и внутриоперационной связи не только станет основной силой в сокращении количества поломок и разрозненности в будущем, но и изменит характер транспортной логистики. Включение устройств Интернета вещей (IoT) и других подключенных технологий в цепочку поставок влияет на то, как продукты обрабатываются от заводского цеха до конечного пункта назначения.

Технологии переопределяют каждый элемент глобальных операций по поставкам, от производства до доставки, складирования, конкуренции, сотрудничества и управления ожиданиями клиентов. При таком большом количестве цифровых инструментов и технологий, конкурирующих за внимание руководства и инвестиции, определение четкой цифровой стратегии, которая поможет повысить эффективность бизнеса, имеет решающее значение для выживания в конкурентной борьбе в будущем.

Индустрия 4.0 продолжает продвигать автономное принятие решений в рамках оцифрованных и роботизированных процессов цепочки поставок, транспортная логистика будет сталкиваться с тем, что все больше и больше задач будет выполнять машинное обучение и программное обеспечение для расширенной аналитики. Для предприятий, которые имеют необходимую инфраструктуру для внедрения этих технологий, повышенная автоматизация

может экономить время и усилия специалистов по планированию, которые в противном случае были бы потрачены на ручную корректировку маршрутов доставки и планов пропускной способности. Заглядывая вперед, активное использование беспилотных технологий еще больше улучшит обмен данными и машинами в цепочке поставок, что в конечном итоге приведет к достижениям в транспортном планировании, которые едва ли рассматривались даже несколько десятилетий назад.

Список используемых источников

1. Альбеков А.У. Цифровая и зеленая экономики: технологии будущего / А.У. Альбеков, А.А. Полуботко / Цифровая революция в логистике: эффекты, конгломераты и точки роста: Материалы международной научно-практической конференции. XIV Южно-Российский логистический форум, Ростов-на-Дону, 18–19 октября 2018 года. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет «РИНХ», 2018. С. 11-15.
2. Сафрончук М.В. Влияние цифровой трансформации на бизнес и деловую среду // Цифровая экономика, 2018. № 2. Т. 3. С. 38–44.
3. Шваб К. Четвертая промышленная революция / пер. с англ. М.: Изд-во «Э», 2017. 208 с.
4. Яшина М.Н. «Индустрия 4.0»: перспективы развития и уроки прошлого // Факторы успеха. 2017. № 1 (8). С. 86-89.

**СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И НА ТРАНСПОРТЕ:
ЗАДАЧИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ**

**СБОРНИК ТРУДОВ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ
(НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ НАУЧНЫХ, НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ, АСПИРАНТОВ И
СТУДЕНТОВ**