

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**Филиал РГУПС в г. Воронеж**

---



# **82-я СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Секция 3. «ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»**

**26-28 апреля 2023 г.**  
**г. Воронеж, Россия**

**сборник трудов**

Воронеж  
2023

**Редакционная коллегия:**

Климентов Н.И. – к.т.н., доцент

Тимофеев А.И. – к.э.н., доцент

Шерстюков О.С. – доцент

Никитин С.А. – к.т.н., доцент

Гордиенко Е.П. – к.т.н., доцент

**82-я студенческая научно-практическая конференция РГУПС. Секция 3.**  
«Инфраструктура железнодорожного транспорта»: сборник трудов. – Воронеж: филиал  
РГУПС в г. Воронеж, 2023. – 112 с.

Сборник содержит материалы, представленные студентами филиала РГУПС в г. Воронеж, вузов Российской Федерации и Республики Беларусь. Материалы сборника будут интересны студентам и преподавателям организаций высшего и среднего профессионального образования, а также работникам железнодорожного транспорта.

Статьи публикуются в редакции авторов (с корректировкой и правкой). Мнения и позиции авторов не обязательно совпадают с мнением и позицией редакционной коллегии.

© филиал РГУПС в г. Воронеж  
© кафедра социально-гуманитарных,  
естественно-научных и  
общепрофессиональных дисциплин

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Подсекция 1. АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ.....</b>	<b>5</b>
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОБЛОКИРОВКИ С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ (АБТЦ)	
<i>Князев А.А.</i> .....	5
ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ АСДК	
<i>Ковалева К.Э.</i> .....	7
ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ	
<i>Самофалова Л.В.</i> .....	10
ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЕВЛОСК-950	
<i>Иванова Л.А.</i> .....	12
ТИПЫ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ	
<i>Сериков А.В.</i> .....	15
ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ УСТРОЙСТВ ЖАТ	
<i>Косьмина Ю.О.</i> .....	17
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ УСТРОЙСТВ ЖАТ	
<i>Васильев Ф.С.</i> .....	20
ОСОБЕННОСТИ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ	
<i>Жоллибаев А.К.</i> .....	23
УВЯЗКА ЭЦ С УСТРОЙСТВАМИ СЦБ НА ПЕРЕГОНАХ	
<i>Соколов А.В.</i> .....	25
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭССО	
<i>Власенко Д.К.</i> .....	29
ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КТСМ-02	
<i>Аввакумов А.В.</i> .....	31
СИСТЕМА ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ СИР-ЭССО	
<i>Блищенко А.М.</i> .....	34
ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МПЦ-МЗ-Ф	
<i>Бобыльков М.В.</i> .....	36
НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ АПК-ДК	
<i>Степаненко И.А.</i> .....	39
АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ СЦБ	
<i>Зубцов П.С.</i> .....	41
ФИКСАЦИЯ ПРИЧИН ОТКАЗОВ УСТРОЙСТВ СЦБ	
<i>Кружалин Р.А.</i> .....	44
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ	
<i>Сидельников С.А.</i> .....	46
<b>Подсекция 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА.....</b>	<b>50</b>
СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ	
<i>Кирилин В.А.</i> .....	50
ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА	
<i>Сомов Я.М.</i> .....	54

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ТЕКУЩЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КТСМ-02 НА СТ. РОССОШЬ	
<i>Аввакумов А.Г.</i> .....	57
ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКА ВОСКРЕСЕНСК - ЕГОРЬЕВСК62 УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ ЭССО	
<i>Блищенко А.М.</i> .....	62
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МПЦ МЗ Ф НА СТ. РАДА ЮВЖД	
<i>Бобыльков М.В.</i> .....	64
ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕГОНА ЖУРАВКА-МИЛЛЕРОВО УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ АПК-ДК (СТДМ)	
<i>Степаненко И.А.</i> .....	68
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТЫ КАБЕЛЯ	
<i>Афанасьев А.А.</i> .....	72
ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ В КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКЕ	
<i>Губанов Б.С.</i> .....	74
КАРСТОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ	
<i>Пятахина А.В., Масляева Э.В.</i> .....	77
РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ «НАРА» МОСКОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ	
<i>Иванов А.Ю.</i> .....	80
ИСПЫТАНИЕ МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПО КЛАССУ НАПРЯЖЕНИЯ ДО 10 КВ	
<i>Зеленина О.А.</i> .....	84
МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
<i>Зеленина О.А.</i> .....	86
СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ	
<i>Бобыльков М.В.</i> .....	88
НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЭЦ-ЕМ	
<i>Бондарь С.А.</i> .....	90
НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ	
<i>Ерошков В.С.</i> .....	91
СОСТАВ АППАРАТУРЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИКИ	
<i>Зеленина О.А.</i> .....	92
МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕХАНИКИ АМТ	
<i>Косарев А.С.</i> .....	94
ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ	
<i>Свергунова А.В.</i> .....	96
ИССЛЕДОВАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИДКОГО БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	
<i>Сафонов А.О., Бондарев А.Е., Манохин С.В.</i> .....	99
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ КИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	
<i>Сафонов А.О., Бондарев А.Е., Манохин С.В.</i> .....	103
ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОТОПЛИВА ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ	
<i>Слепокуров Д.С., Шевцов А.А., Сердюкова Н.А.</i> .....	108

УДК 656.257

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОБЛОКИРОВКИ  
С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ (АБТЦ)**

*Князев А.А.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности современных систем интервального регулирования движения поездов на основе систем автоблокировки с тональными рельсовыми цепями.

*Ключевые слова:* автоблокировка, светофор, сигнал, оборудование, прибор.

В современных условиях без модернизации и обновления инфраструктуры и в том числе технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) невозможно добиться увеличения скорости движения поездов и повышения пропускной способности участков при безусловном обеспечении безопасности перевозочного процесса. Для регулирования движения поездов на перегонах традиционно используют автоматическую блокировку (автоблокировку), при которой показания сигналов (проходных светофоров) определяются автоматически в зависимости от места нахождения поездов на перегоне.

В настоящее время момент при проектировании устройств интервального регулирования движения поездов (ИРДП) выбирают из следующих систем [1]:

- автоблокировка с тональными рельсовыми цепями и централизованным размещением оборудования АБТЦ-03;
- АБТЦ-МШ с размещением аппаратуры в шкафах монтажных (19-дюймовых) и дублирующими каналами передачи информации;
- трехзначная АБТЦ-ЕМ с устройством связи с объектами для бесконтактного управления огнями светофоров и стрелочными электроприводами (УСО БК), интегрированная в ЭЦ-ЕМ;
- кодовая электронная блокировка КЭБ-2;
- трехзначная АБТЦ-Е1, интегрированная в МПЦ Ebilock-950.

Отличительной чертой всех современных систем автоблокировки является максимальная централизация оборудования, что значительно облегчает обслуживание системы в целом, в том числе проводить измерения, регулировку, замену приборов и оперативное устранение отказов.

Системой АБТЦ-03 обеспечивается безусловное выполнение основополагающих требований нормативных документов ОАО «РЖД» в отношении безопасности движения поездов [2]. В частности, выполняются следующие требования для автоблокировки:

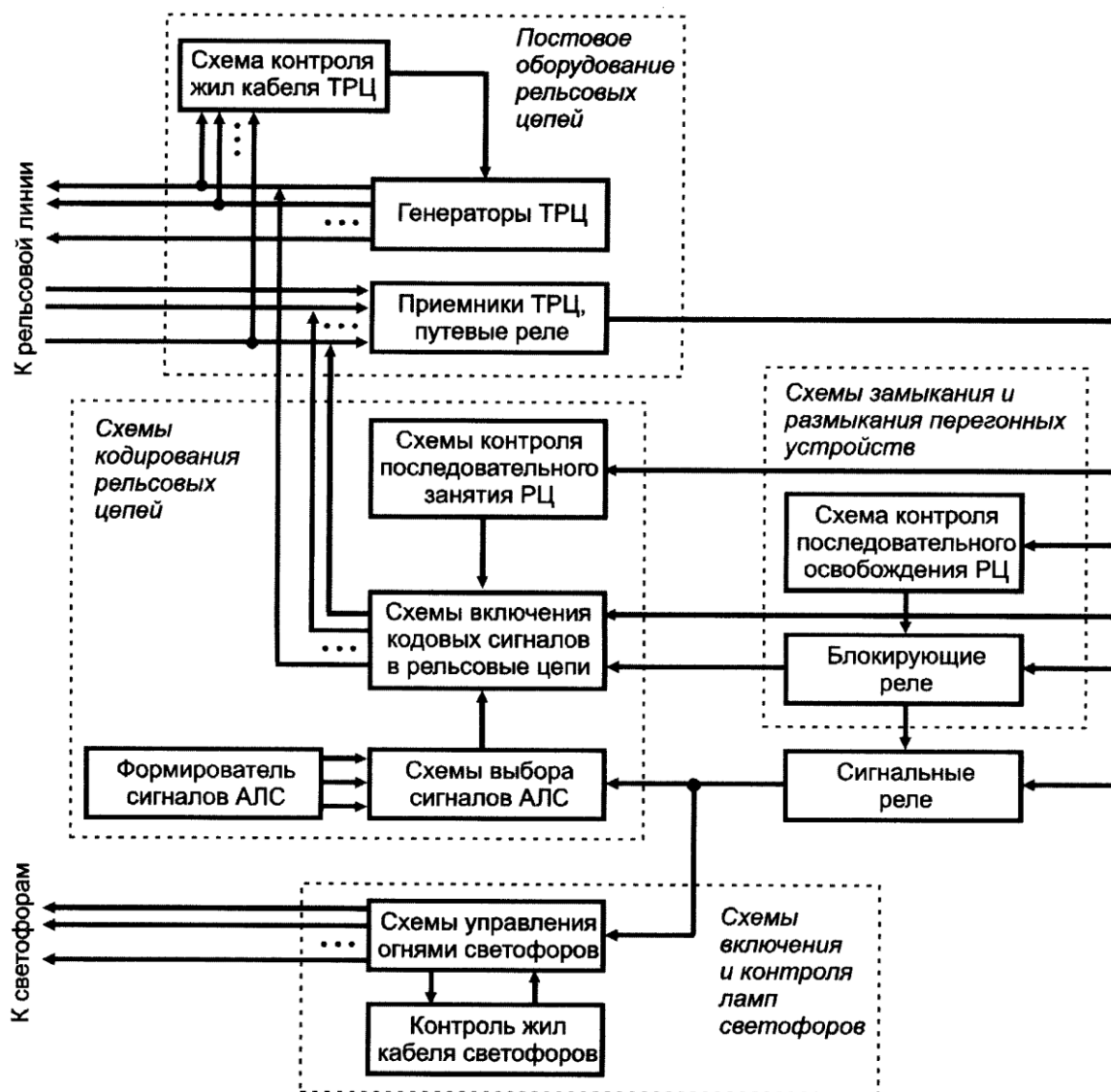
- не допускается открытие выходного станционного или проходного сигнала до перехода ограждаемого ими блок-участка в состояние свободы от подвижного состава;
- самопроизвольное закрытие светофора в результате смены источника электроснабжения (переход с основного на резервное и наоборот).

Неотъемлемой составной частью системы АБТЦ-03 является автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия и современные средства диспетчерского контроля.

Системой АБТЦ-03 предусмотрено двухстороннее движение поездов как на однопутных, так и на многопутных перегонах, осуществляемое с использованием четырехпроводной схемы смены направления. При этом по установленному правильному направлению движения поездов движение осуществляется по сигналам проходных светофоров, дополненным показанием локомотивного светофора, при движении в

неправильном направлении движение поездов осуществляется по сигналам локомотивного светофора.

Структурная схема системы АБТЦ-03 может быть представлена таким образом:



Основными составляющими частями постовых устройств системы АБТЦ-03 являются:

- приемная и принимающая аппаратура перегонных рельсовых цепей;
- схема управления показаниями напольных светофоров на перегоне;
- схема кодирования рельсовых цепей, предназначенная для передачи информации на локомотив;
- схема перевода перегонных устройств в замкнутое и разомкнутое состояние, обеспечивающая недопущение опасных ситуаций, возникающих при потере шунтовой чувствительности [3].

Расстановка проходных светофоров системы АБТЦ-03 осуществляется на основании нормативных документов. При запрещающем показании светофора, ограждающего занятый подвижным составом блок-участок в целях обеспечения безопасности движения поездов, проектируется защитный участок, протяженность которого составляет не менее длины тормозного пути при использовании в данном случае автостопного торможения.

Разрешающее показание проходного светофора появляется при выполнении следующих требований:

- свободное состояние ограждаемого проходным светофором участков пути;
- соблюдение условий последовательного освобождения (предусмотрено техническими решениями) рельсовых цепей ограждаемого блок-участка.

При перегонах протяженностью более 15 км, применяются установленные в середине перегона транспортабельные модули. Необходимо также провести расчет кабельных линий. Согласно требованиям проектной документации, жилы питающих и релейных концов рельсовых цепей системы АБТЦ-03 должны организовываться в отдельно уложенных кабелях (обязательно должны применяться кабели с парной скруткой жил). Безусловным требованием является организация схемы контроля исправности кабельных цепей ТРЦ.

Таким образом, преимуществами системы интервального регулирования движения поездов АБТЦ-03 является централизованное размещение, что значительно повышает эффективность и условия работы обслуживающего персонала и современная элементная база построения системы в силу невысокой стоимости жизненного цикла. Внедрение систем АБТЦ позволит повысить пропускную способность участка, уйти от морально и физически устаревших систем автоблокировки.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Перспективы развития систем электрической централизации / Е. П. Гордиенко, О. В. Орловцева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019") : Труды международной Научно-практической конференции, Воронеж, 24 октября 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 17-20. – EDN YRWOPA.
3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.

УДК 656.257

### ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ АСДК

*Ковалева К.Э.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности современных систем диспетчерского контроля и технической диагностики.

*Ключевые слова:* система, средство, сигнал, оборудование, контроллер.

В настоящее время разработано несколько автоматизированных систем диспетчерского контроля. Эти системы разрабатывались разными группами специалистов и имеют свои отличительные особенности. Системы выполняют одну и ту же функцию – передачу информации со станций и перегонов о состоянии устройств СЦБ в центр управления [1]. Отличия этих систем заключаются в используемой элементной базе, объеме

контролируемых параметров и отдельных технических решениях. Система технической диагностики и мониторинга устройств ЖАТ на базе аппаратно-программных средств автоматизированной системы диспетчерского контроля АСДК (СТДМ АСДК) является одной из систем, решающих задачу автоматизации работ диспетчерского и эксплуатационного персонала.

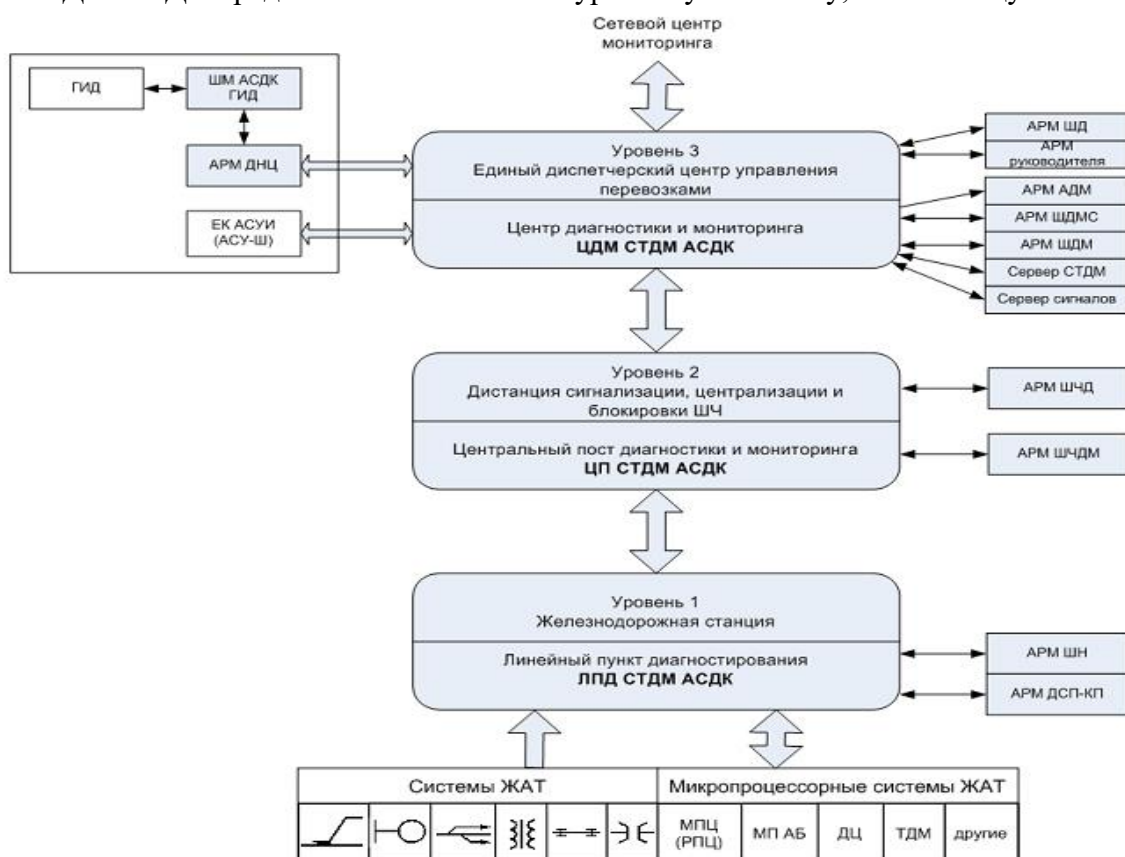
СТДМ АСДК представляет собой совокупность аппаратно-программных средств, предназначенных для сбора, передачи и отображения информации реального времени о поездных передвижениях на станциях и перегонах, свободности и занятости приемо-отправочных путей, состоянии и параметрах рельсовых цепей, стрелок и сигналов станций, блоков-участников перегонов, переездной сигнализации.

СТДМ АСДК осуществляет автоматизированный контроль за движением поездов, диагностику состояния узлов и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, в том числе микропроцессорных систем и средств связи.

Аппаратно-программные средства СТДМ АСДК образуют изолированную глобальную информационную сеть и обеспечивают абонентов сети СТДМ АСДК как информацией реального времени, так и диагностической информацией о техническом состоянии устройств ЖАТ. Применение в составе СТДМ АСДК сертифицированных средств измерения позволяет автоматизировать процесс технического обслуживания устройств [2].

Аппаратно-программные средства СТДМ АСДК осуществляют сбор, обработку и передачу в сеть СТДМ АСДК цифровой и аналоговой информации с устройств СЦБ на станциях и перегонах, выявление их предотказных состояний и регистрацию отказов в работе в реальном режиме времени. В состав аналоговой информации входят измеренные аппаратными средствами СТДМ АСДК уровни напряжения фаз фидеров питания, станционных батарей, на питающих и релейных концах рельсовых цепей, тока перевода стрелок, сопротивления изоляции кабельных сетей и т.п. с любой установленной циклическостью измерений. В совокупности с цифровой информацией осуществляется достаточно полная диагностика состояния устройств ЦБ.

СТДМ АСДК представляет собой многоуровневую систему, включающую:





Технические и программные средства нижнего уровня предназначены для сбора и первичной обработки информации о состоянии устройств на станциях и перегонах и ее концентрации в постах ЭЦ на линейных пунктах диагностики ЛПД АСДК.

Для контроля и диагностики станционных устройств применяются:

- контроллеры дискретных сигналов (КДС) с модулями ввода ИН23SU;
- контроллеры аналоговых сигналов (КАС) с модулями ввода ADC4SM с программным обеспечением преобразователя ИАС-АТ-М и коммутаторами ОН16S;
- модули ввода аналоговых сигналов ADC6S.

Для контроля и диагностики устройств автоблокировки и поездов применяется и аппаратура диспетчерского контроля, модернизированная ДК-М, большая часть которой размещается в шкафах сигнальных установок, а часть – на станциях.

Технические средства АСДК размещаются, как правило, в шкафу АСДК, который устанавливается или в аппаратной, или в релейной. Так как почти весь объем дискретной информации снимается с ламп выносного табло, для уменьшения затрат как на кабельную продукцию, так и монтажные работы более предпочтительным местом установки шкафа является помещение ДСП.

Аппаратно-программные средства верхнего уровня – автоматизированные рабочие места АРМ СТДМ АСДК, которые размещаются на рабочих местах оперативного и технологического персонала, и локальные вычислительные сети на станциях и в центральных постах, на дорожном уровне - Центр диагностики и мониторинга (ДЦ СТДМ).

Аппаратно-программные средства связи предназначены для организации сети передачи данных СТДМ АСДК и включают в себя модемы для работы по физическим линиям или ТЧ-каналам и устройства сопряжения с цифровыми каналами передачи данных, построенными на волоконно-оптических линиях связи.

Единицей внедрения СТДМ АСДК является участок железной дороги, включая станции и перегоны. Однако возможно использование и таких отдельных элементов, как автоматизированные рабочие места (например, АРМ электромеханика), как технические средства нижнего уровня [3]. Это связано, в первую очередь, с необходимостью стыковки внедряемых на сети железных дорог различных микропроцессорных систем электрической централизации МПЦ, диспетчерской централизации ДЦ и диспетчерского контроля ДК.

Таким образом, основными характеристиками сети АСДК являются: возможность обмена информацией между любыми абонентами сети и информацией произвольного вида, в том числе информацией реального времени; программная поддержка любой конфигурации связи абонентов сети; администрирование доступа в сети; динамическая маршрутизация потоков информации.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Цифровые тренды развития железнодорожного транспорта / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 39-44. – EDN OBTDYK.
2. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.

3. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.

УДК 656.257

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

*Самофалова Л.В.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены требования к организации систем безопасности на переездах с использованием современных средств автоматизации.

*Ключевые слова:* система, переезд, безопасность, оборудование, аппаратура.

Главным условием обеспечения безопасности движения на переездах является выполнение следующего постулата - железнодорожный транспорт имеет абсолютное преимущество в движении перед всеми остальными видами транспорта.

Ограждающие устройства на железнодорожном транспорте – это комплекс технических средств и схемных решений, направленных на обеспечение безопасного движения подвижного состава, автомобильного и другого транспорта, сохранности грузов, пассажиров и жизни людей. В зависимости от назначения ограждающие устройства используются при организации различных искусственных сооружений на железнодорожном транспорте [1].

К оборудованию и аппаратуре, применяемой только в переездной сигнализации, относятся:

- переездные светофоры;
- автоматические шлагбаумы;
- устройства заграждения переездов;
- щитки управления переездной сигнализацией.

Автоматические шлагбаумы и заградительные устройства как комплекс устройств ограждения переездов в зависимости от области применения следует подразделять на три варианта применения:

- АПС с основными шлагбаумами с перекрытием от 1/2 до 2/3 ширины проезжей части с правой стороны по ходу движения транспортных средств;
- АПС с основными и дополнительными шлагбаумами, полностью перекрывающими проезжую часть;
- АПС с основными шлагбаумами с перекрытием от 1/2 до 2/3 ширины проезжей части с правой стороны по ходу движения транспортных средств и дополнительными механическими заградительными устройствами (УЗП), полностью перекрывающими проезжую часть.

Во всех вариантах предусмотрено наличие световой и звуковой сигнализации.

В соответствии с требованиями ПТЭ РФ:

- автоматическая переездная сигнализация (АПС) должна начинать подачу сигнала остановки в сторону автомобильной дороги, а шлагбаумы принимать закрытое положение за время, необходимое для заблаговременного освобождения переезда транспортными средствами до подхода поезда к переезду;

– регулируемые переезды должны в обязательном порядке оборудоваться световой, звуковой сигнализацией, а в отдельных случаях – автоматическими шлагбаумами и заградительными устройствами.

– автоматическая переездная сигнализация должна продолжать действовать, а автоматические шлагбаумы должны оставаться в закрытом положении до полного освобождения переезда поездом;

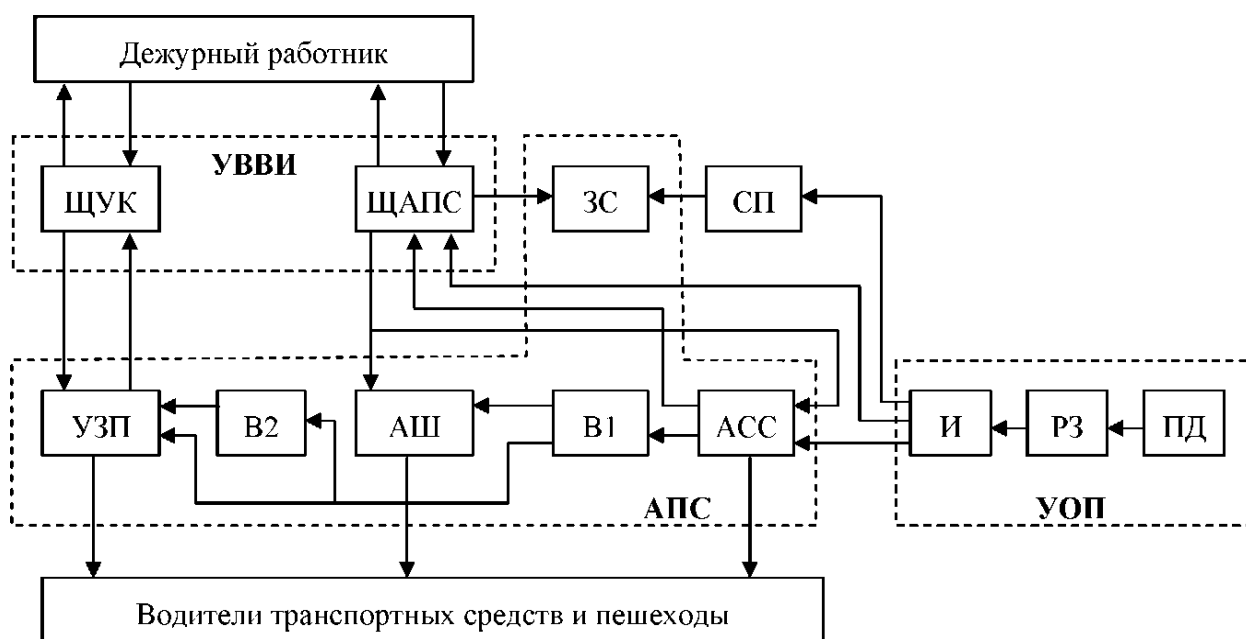
– регулируемые переезды должны в обязательном порядке оборудоваться световой, звуковой сигнализацией, а в отдельных случаях – автоматическими шлагбаумами и заградительными устройствами.

Уровень автоматизации, а значит и тип переездной сигнализации (ПС), зависит от многих факторов, главными из которых являются [2]:

- место пользования,
- способ организации движения,
- наличие обслуживания и категория переездов.

Принцип работы ПС наиболее полно можно проанализировать на системах, обладающих самым высоким уровнем автоматизации.

Структурная схема ограждающих устройств автоматической переездной сигнализации (АПС), обладающих на современном этапе самым высоким уровнем автоматизации, имеет следующую структуру:



На схеме представлены устройство обнаружения поезда (УОП), устройство ввода-вывода информации (УВВИ) и устройство АПС, содержащие следующие элементы:

- ПД (путевой датчик, фиксирующий вступление поезда в зону сближения с переездом);
- РЗ (устройство расчёта зоны сближения с переездом);
- И (канал извещения на переезд о вступлении поезда в зону сближения);
- В1 (элемент выдержки времени закрытия шлагбаумов);
- АШ (автоматический шлагбаум);
- В2 (элемент выдержки времени поднятия крышек УЗП);
- УЗП (устройство заграждения железнодорожных переездов);
- СП (устройство определения свободности переезда от транспортных средств);
- ЗС (заградительный светофор, передающий приказ остановки в кабину поездного локомотива при аварии на переезде);

– ЩАПС и ЩУК (щитки управления и контроля АПС и УЗП соответственно).

Железнодорожный переезд квалифицируется дорожными службами как объект повышенной опасности, во многом это происходит благодаря тому, что остановить поезд достаточно сложно, ведь он развивает большие скорости, а водители машин часто нарушают правила дорожного движения, подвергая опасности не только себя, но и других участников движения.

Решение проблемы эффективной эксплуатации железнодорожных переездов является весьма актуальной задачей, которая в перспективе должна найти свое решение путем строительства транспортных развязок в разных уровнях.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Обзор методов и технологий проектирования информационно-управляющих систем / Е. П. Гордиенко // Естественные и технические науки. – 2022. – №4(167). – С. 158-161. – EDN DIIWU.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYRW.

УДК 656.257

### **ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ EBLOCK-950**

*Иванова Л.А.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности МПЦ «Eblock-950», которая обеспечит внедрение современных систем диспетчерской централизации и устранение недостатков действующих блочно-релейных систем.

*Ключевые слова:* микропроцессор, централизация, сигнал, оборудование, автоматика, контроллер.

Системы автоматики и телемеханики, построенные на релейно-контактной базе, исчерпали возможности своего дальнейшего функционального развития, что связано прежде всего с их недостаточным быстродействием и надежностью и как следствие, невозможностью решать сложные задачи управления перевозочным процессом.

С появлением новой элементной базы в середине 70-х годов XX века, когда началось серийное производство микропроцессоров, возможности для разработчиков резко увеличились. Микропроцессор, являющийся ЭВМ на одной интегральной схеме, обладает широкими возможностями по обработке информации, что послужило для инженеров-разработчиков стимулом для построения самых разнообразных систем автоматики, в частности к созданию микропроцессорных централизаций (МПЦ).

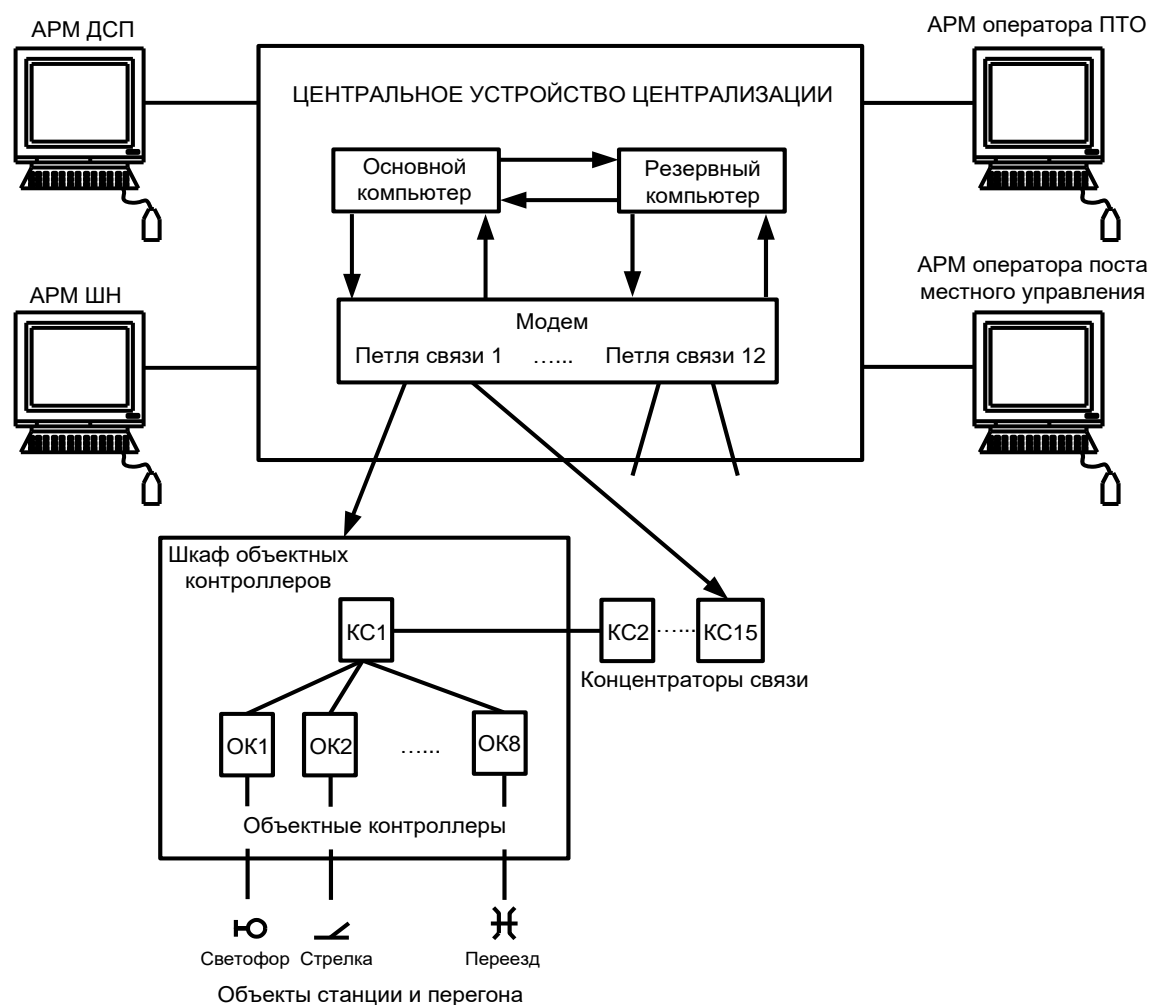
В 1984 году был внедрен первый отечественный микропроцессорный комплекс

автоматизации сортировочных горок, что послужило началом технического перевооружения СЖАТ с использованием новой элементной базы [1]. За прошедший период времени сменились поколения информационно-вычислительных средств, мини-ЭВМ, микро-ЭВМ, микроконтроллеров, средств диспетчеризации и т.д. На современном этапе разработчики при проектировании систем ЖАТ нового поколения используют программируемые микроконтроллеры, высокоинтегрированные одноплатные промышленные компьютеры, устройства сбора и преобразования информации. Благодаря этому появилась целая гамма СЖАТ нового поколения: РПЦ «Дон», РПЦ «Диалог-Ц», ЭЦ-МПК, МПЦ «Ebilock-950» и многие другие.

Компьютерная система «Ebilock-950», являющаяся наиболее функционально-развитой системой для контроля и бесконтактного управления объектами на станции (стрелки, светофоры), разработана специалистами шведской фирмы и внедрена во многих странах мира: Германии, Испании, Турции, Норвегии, Польше. В России система «Ebilock-950» была адаптирована к условиям российских железных дорог в соответствии с документацией «Микропроцессорная централизация. Техническое задание», утвержденной 16.01.1997 МПС России.

Система микропроцессорной централизации (МПЦ) Ebilock-950 представляет собой компьютерную систему, выполняющую функции ЭЦ при управлении перевозочным процессом при всех возможных ситуациях движения поездов независимо от размера и путевого развития станции [2].

Рассмотрим структуру компьютерной централизации.



В состав МПЦ Ebilock-950 входят следующие подсистемы:

1. Центральное устройство централизации (далее – ЦУЦ) или подсистема обработки зависимостей централизации.

2. Управляющая и контролирующая подсистемы. Эти подсистемы обозначены как автоматизированное рабочее место дежурного по станции (далее – АРМ ДСП), электромеханика (далее – АРМ ШН), оператора пункта технического обслуживания вагонов (далее – АРМ оператора ПТО), оператора поста местного управления (далее – АРМ оператора ПТО).

3. Подсистема объектных контроллеров (далее – ОК) и концентраторы связи (далее – КС), размещаемые в шкафах ОК в релейном помещении или модулях контейнерного типа (далее – МОК).

4. Подсистема управляемых и контролируемых объектов СЦБ (стрелочные электроприводы, светофоры, переезды, рельсовые цепи и др.);

Один комплект ЦУЦ имеет возможность управлять 150 логическими объектами (фактический объект станции в программе компьютера), 1000 реальными объектами (стрелки, светофоры, обмотки реле, контакты реле и др.), что приблизительно соответствует станции с количеством стрелок 40-60 шт [3].

Емкость системы по количеству петель связи и объектных контроллеров характеризуется следующими параметрами:

- максимальное количество концентраторов в каждой петле связи – 15;
- максимальное количество ОК, подключенных к концентратору, – 8;
- максимальное количество ОК на петлю связи – 32;
- максимальное количество ОК, подключаемых к одной системе, – 64.

При необходимости централизовать станцию с большим количеством стрелок имеется возможность расширить систему путем подключения к ЦУЦ еще нескольких процессоров и соединения их между собой при помощи локальной сети.

Таким образом, заложенный функционал систем ЭЦ, построенных с применением микропроцессорной техники, позволяет проектировать такие системы ЖАТ, при внедрении которых можно получить высокоэффективные железнодорожные станции с высокой пропускной и перерабатывающей способностью, отвечающие современным требованиям организации безопасного перевозочного процесса [4].

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJUCUM.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.

4. Гордиенко, Е. П. Перспективы развития систем электрической централизации / Е. П. Гордиенко, О. В. Орловцева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019") : Труды международной Научно-практической конференции, Воронеж, 24 октября 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 17-20. – EDN YRWOPA.

УДК 656.257

## **ТИПЫ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

*Сериков А.В.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности современных систем управления электроприводов, их установки и использования в различных системах безопасности.

*Ключевые слова:* система, средство, сигнал, оборудование, электропривод.

В современных условиях к средствам ЖАТ предъявляются высокие требования надежности и безопасности в процессе эксплуатации. Ярким примером являются стрелочные электроприводы [1]. Основной функцией стрелочного электропривода является:

– создание достаточного усилия и необходимой величины шибера для перевода острия стрелки или подвижного сердечника крестовины из одного крайнего положения в другое, а также из среднего в любое крайнее. В случае работы с внешними замыкателями острия или подвижного сердечника крестовины, дополнительного хода шибера к величине хода острия, достаточного для размыкания и замыкания внешних замыкателей;

– надежное запираение шибера электропривода в крайних положениях в сторону, противоположную предшествующему движению и свободного удержания шибера в противоположную сторону;

– обеспечение постоянства силовых факторов замкнутого шибера в статическом (пассивном) режиме эксплуатации, а также в динамическом режиме при проходе неограниченного числа подвижного состава по стрелке с установленной скоростью до полной выработки своего нормированного ресурса;

– не допускать замыкания острия стрелки или подвижного сердечника крестовины при зазоре между острием и рамным рельсом, а также сердечником и усовиком 4мм и более;

– обеспечение постоянного и достоверного контроля положения острия стрелки, механизма замыкания шибера, контрольно-механических связей и электрических цепей.

Стрелочная гарнитура вместе с электроприводом должны выполнять следующие функции:

– обеспечить устойчивое и надежное крепление электропривода на стрелке;

– передавать механическое усилие и линейное перемещение, создаваемое шиберами электропривода, на острия и подвижные сердечники крестовин;

– обеспечить надежное и безопасное удержания острия (подвижного сердечника крестовины) в прижатом, замкнутом и отведенном состояниях в пределах соблюдения норм содержания колеи, в условиях эксплуатации, в том числе при проходе подвижного состава по стрелке [2];

– обеспечить минимально возможные влияния силовых факторов на электропривод, со стороны стрелки при проходе подвижного состава по стрелке с установленными скоростями;

– обеспечить обратную связь между остриями подвижным сердечником крестовины, элементами их крепления и приводом, в виде контроля их положения.

Стрелочные электроприводы имеют возможность ручного перевода острия стрелки с помощью курбельной рукоятки из любого положения.

Электроприводы, стрелочная гарнитура и внешние замыкатели, которые входят в состав стрелочных переводов, должны обеспечивать следующие скорости движения поездов:

- до 60 км/ч - станционные стрелочные переводы;
- до 160 км/ч - скоростное движение по главному ходу пассажирских, пригородных и грузовых поездов;
- до 200 км/ч - скоростное пассажирское движение;
- свыше 200 км/ч - высокоскоростное пассажирское движение.

С ростом скоростей движения и увеличением массы, изменяются и требования, которые предъявляются к современным устройствам перевода, замыкания и контроля стрелок [3]. Основными требованиями являются:

- обеспечить показатели безопасности движения поездов;
- повысить надежность и качество за счет использования современных материалов;
- расширить функциональное назначение с целью применения с другими устройствами защиты переезда УЗП, колесосбрасывателями башмаков КСБ и т.д.;
- снизить эксплуатационные затраты в связи с переходом на малообслуживаемые технологии.

Стрелочные электроприводы типа СП-12Н предназначены для постоянной работы в условиях умеренного и холодного климата, при относительной влажности  $93\pm 3\%$  и температурах от минус  $60^{\circ}\text{C}$  до плюс  $55^{\circ}\text{C}$  (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Климатические воздействия на электропривод

Климатическое исполнение	Температура воздуха при эксплуатации, °С			
	Верхнее значение		Нижнее значение	
	Рабочая	Предельно рабочая	Рабочая	Предельно рабочая
«У»	+55	+65	- 45	- 50
«УХЛ»	+55	+65	- 45	- 60

Примечание: при воздействии предельных температур отклонения от значений, измеренных в нормальных климатических условиях, должны находиться в пределах +20% для тока перевода и +30% для времени перевода.

Электропривод должен быть виброустойчивым к механическим воздействиям в пределах частот, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Механические воздействия на электропривод

Классификационная группа	Поддиапазон частот, Гц	Частота перехода, Гц	Амплитуда перемещения, мм	Амплитудное звуковое ускорение, $\text{m/s}^2$ (g)
МС4	5 -15	15	10	-
	15 -400	-	0	50(5)

В настоящее время хозяйство автоматики и телемеханики обеспечивает безопасность и непрерывность процесса перевозок. Это итог долгой и сложной работы над системой безопасности движения поездов [4]. По анализу результатов работы можно говорить об уменьшении количества отказов в работе стрелочных электроприводов. В условиях научно-технического прогресса эту работу нельзя прекращать, необходимо модернизировать оборудование, использовать новые технические решения, в том числе в вопросах стрелочного электропривода.



#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
4. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.

УДК 656.257

### **ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ УСТРОЙСТВ ЖАТ**

*Косьмина Ю.О.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности систем технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) состояния устройств ЖАТ.

*Ключевые слова:* система, средство, диагностика, оборудование, мониторинг, отказ, надежность, состояние.

Эффективность и качество работы железных дорог зависит от многих факторов, в том числе и от качества функционирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Отказы устройств ЖАТ могут не только приводить к задержкам в движении поездов, но и становиться причиной аварий, крушений и катастроф, т.е. серьезных нарушений безопасности перевозочного процесса. Именно поэтому следует поддерживать высокий уровень надежности в процессе их эксплуатации [1].

В настоящее время применяются как конструктивные мероприятия по обеспечению надежной работы устройств ЖАТ (использование элементов с низкими потоками отказов, резервирование, диагностирование), так и внешние мероприятия по поддержанию рабочих характеристик устройств ЖАТ в пределах допустимых норм – мероприятия по техническому обслуживанию.

С этой целью на железных дорогах России внедряются системы технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) состояния устройств ЖАТ, которые надстраиваются над существующими системами обеспечения движения поездов. Использование СТДМ ЖАТ позволяет в автоматическом режиме контролировать техническое состояние устройств, выдавать информационные сообщения в случае отклонения параметров от допустимых норм, создавая таким образом предпосылки к переходу на новые методы ТО.

При эксплуатации устройств и систем ЖАТ следует обеспечивать необходимый уровень надежности и безопасности. В релейных системах ЖАТ это достигается за счет использования реле первого класса надежности в ответственных цепях и соответствующих схемных решений, включающих мероприятия по проверке всех условий безопасности при реализации технологических операций. В компьютерных системах ЖАТ применяются более совершенные устройства, построенные на микропроцессорной основе. Для достижения высокого уровня надежности их функционирования используются элементная база, имеющая низкую интенсивность потока отказов, средства встроенного контроля и самоконтроля, мероприятия по резервированию отдельных узлов.

Для поддержания высокого уровня безотказности устройств ЖАТ проводятся мероприятия по их ТО. Существует несколько подходов к организации ТО [2], а именно:



Первый подход не требует существенного обслуживания устройства и определяется его наработкой до отказа, не нуждается в больших материальных затратах и большом штате обслуживающего персонала. Такой метод ТО используется при 100%-ном резервировании или, когда устройство не выполняет ответственных функций по обеспечению безопасности. Второй подход к ТО – обслуживание, определяемое временными интервалами. Он требует составления плана ТО с установленными сроками проводимых мероприятий, а также наличия специальных бригад по обслуживанию устройств. Этот вид ТО достаточно дорогой и не всегда является оптимальным (операции по ТО могут быть запланированы после фактически свершившегося отказа, т.е. слишком поздно, или, наоборот, могут быть проведены преждевременно). Наиболее совершенным является третий подход к ТО – обслуживание, определяемое фактическим (текущим) состоянием устройства (системы). Он требует наличия средств диагностирования текущего состояния рабочих параметров устройства. Данный метод сравнительно недорогой и не требует многочисленного штата обслуживающего персонала. Более того, обслуживание по фактическому состоянию позволяет максимально использовать ресурс устройств: ремонт и замена производятся не по плану, а в соответствии с наработкой и текущим техническим состоянием [3].

На российских железных дорогах используется второй подход, называемый еще плано-предупредительным, или регламентным методом ТО [4]. Он включает в себя ряд мероприятий, проводимых с некоторой периодичностью в соответствии со специально

разработанным графиком [5]. Как отмечалось выше, такой подход не всегда оптимален и весьма дорог, кроме того, у обслуживающего персонала имеется соблазн не выполнять или выполнять некачественно часть работ, т. к. зачастую операции по ТО рутинны, а контроль фактического их выполнения отсутствует.

Современным является третий подход – обслуживание устройств по их фактическому состоянию. Для осуществления перехода от регламентного метода ТО к методу обслуживания устройств по их фактическому состоянию необходимо обеспечить непрерывный контроль функциональных узлов за счет встроенных и надстраиваемых средств контроля. Постановка специализированных датчиков в уже действующую релейную технику затруднительна и является весьма затратной, а быстрый переход на применение только микропроцессорной техники, снабженной функцией самоконтроля, невозможен. Ввиду этого актуальным становится использование надстраиваемых средств технического диагностирования и мониторинга (ТДМ) [6].

В работе СТДМ важным является процесс выявления предотказных состояний устройств – таких состояний, которые предшествуют отказам. Своевременная фиксация предотказного состояния способствует предотвращению отказа. С целью обработки диагностической информации и анализа природы возникновения предотказных состояний в инфраструктуре ЖАТ создаются центры технического диагностирования и мониторинга (ЦМ), а в дистанциях СЦБ выделяются специализированные бригады по обработке диагностических данных и обслуживанию устройств СТДМ.

От грамотной работы технологов ЦМ и дистанций СЦБ зависит качество обработки диагностической информации, непосредственно влияющее на снижение числа отказов устройств ЖАТ, что повышает уровень надежности их работы.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJUCUM.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
4. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.

5. Гордиенко, Е. П. Цифровые сервисы и перспективы их реализации в перевозочном процессе / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 28-34. – EDN SQDTZQ.
6. Гордиенко, Е. П. Технология построения производственных информационных систем / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 43-50. – EDN AYKCSР.

УДК 656.257

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ УСТРОЙСТВ ЖАТ**

*Васильев Ф.С.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассматривается работа с комплексом программ АРМ-Ш/ШЧ, который предназначен для отображения диагностической информации о состоянии устройств СЦБ и мониторинга функционирования устройств ЖАТ дороги, дистанции на основе баз данных систем АПК-ДК (СТДМ) и АСУ-Ш. Пользователями программы являются руководители, диспетчера, инженеры-технологи службы и дистанций сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), связанные с решениями вопросов по отказам устройств ЖАТ и организации СТО.

*Ключевые слова:* устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, средства диагностирования, система технического диагностирования и мониторинга.

Для повышения качества технологического содержания устройств автоматики и телемеханики используется система технической диагностики [1]. Система позволяет не только контролировать техническое состояние аппаратуры и обнаруживать повреждения, но и определять отклонения номинальных значений параметров отдельных элементов до предельно допустимых и предупреждать отказы.

Программа «Мониторинг» является клиентским приложением комплекса АРМ-Ш (ШЧ). Данная программа предназначена для мониторинга эксплуатационных показателей хозяйства Ш (ШЧ), а также для просмотра и контроля поездной ситуации на перегонах и станциях средствами СТДМ, просмотра архива поездного положения. Работа программы возможна в нескольких режимах:

- режим просмотра диагностических и эксплуатационных показателей хозяйства Ш (ШЧ), просмотр цифр, таблиц и графиков;
- режим просмотра статистики по диагностическим и эксплуатационным показателям хозяйства Ш (ШЧ), просмотр цифр и графиков;
- режим просмотра поездного положения в реальном режиме времени или архивных.

Технологической основой центров мониторинга являются различные системы технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) состояния устройств ЖАТ [2]. Такие системы представляют собой внешние (надстраиваемые) средства функционального контроля. Они предназначены для автоматизации измерений параметров устройств СЦБ, совершенствования их технического обслуживания и ремонта, а также сокращения количества отказов за счет выявления предотказных состояний. Нарушения нормального функционирования устройств СЦБ могут привести к различным последствиям: от задержек

поездов и снижения пропускной способности линий до аварий и крушений. Использование систем технического диагностирования и мониторинга повышает отказоустойчивость и ремонтпригодность систем ЖАТ за счет своевременного определения предотказных состояний технических объектов при непрерывном мониторинге их функционирования.

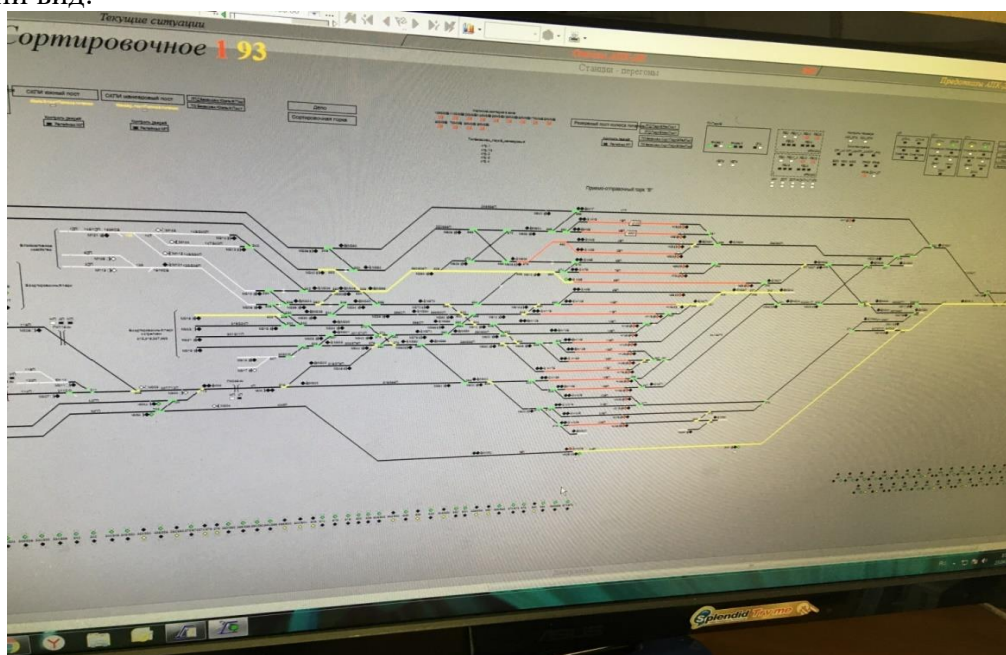
Одним из направлений развития систем мониторинга является оценка технического состояния устройств СЦБ с помощью прямых измерений в напольных объектах.

Повысить отказоустойчивость устройств СЦБ можно с помощью совершенствования технологии выявления предотказных состояний или применения методов резервирования (например, дублирования или троирования). Однако последний способ актуален только для вновь разрабатываемых систем на микропроцессорной основе, поскольку большинство действующих систем ЖАТ не позволяет этого сделать. Около 97% станций оборудованы системами автоматики релейного типа. В них сложно добавлять избыточные элементы.

Известно, что при предотказном состоянии объекта хотя бы один из параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, достигает некоторого граничного значения, определенного нормативно-технической и/или конструкторской документацией. При дальнейшем изменении параметра работоспособность объекта не гарантирована. С точки зрения скорости обнаружения предотказные состояния делятся на две категории: фиксируемые в объектах непрерывного действия (например, элементах автоматики рельсовых цепей) и дискретного действия (например, в устройствах автоматики стрелочных электроприводов).

Любая система технического диагностирования и мониторинга осуществляет функциональный контроль, т.е. данные собираются в рабочем режиме контролируемых объектов [3]. Информация снимается с постовой аппаратуры или аппаратуры релейных шкафов с помощью специализированных датчиков, которые объединены в общую сеть передачи данных. Полученная информация, централизованная в едином устройстве обработки и хранения информации – концентраторе, передается техническому персоналу в удобном виде, часто в графическом представлении зависимостей изменения параметров в режиме реального времени. В этом случае графиком является либо ступенчатая, либо аппроксимированная кривая. Технолог может определить предотказное состояние устройства СЦБ по видимым отклонениям его параметров от нормы. Графики изменения напряжений путевого генератора тональных рельсовых цепей, полученные с помощью системы технического диагностирования и мониторинга.

Примерный вид программы, где показано основное окно приложения, имеет следующий вид:



Приложение состоит из двух частей: панели элементов управления, расположенной в верхней части окна и рабочей области для отображения поездного положения на текущем участке. Изображение элементов путевого развития и их цветовая гамма полностью соответствует аналогичным элементам на пульт-табло наиболее распространенных по сети железных дорог. Это сделано специально для простоты общения между диспетчером и дежурным по станции или механиком, которые должны в некоторых случаях описать ситуацию на пульте. Отображение некоторых элементов пульта введено дополнительно: подсветка положения стрелки – окрашивается сегмент стрелки зеленым или желтым цветом в зависимости от положения стрелки; некоторые объекты на этапе выверки могут быть перечеркнутыми красным цветом – невозможное состояние, ошибка привязки объекта [4].

Таким образом, эффективность и качество работы железных дорог зависит от многих факторов, в том числе и от качества функционирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Отказы устройств ЖАТ могут не только приводить к задержкам в движении поездов, но и становиться причиной аварий, крушений и катастроф, т.е. серьезных нарушений безопасности перевозочного процесса. Именно поэтому следует поддерживать высокий уровень надежности в процессе их эксплуатации.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.
2. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
4. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.

## ОСОБЕННОСТИ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Жоллибаев А.К.

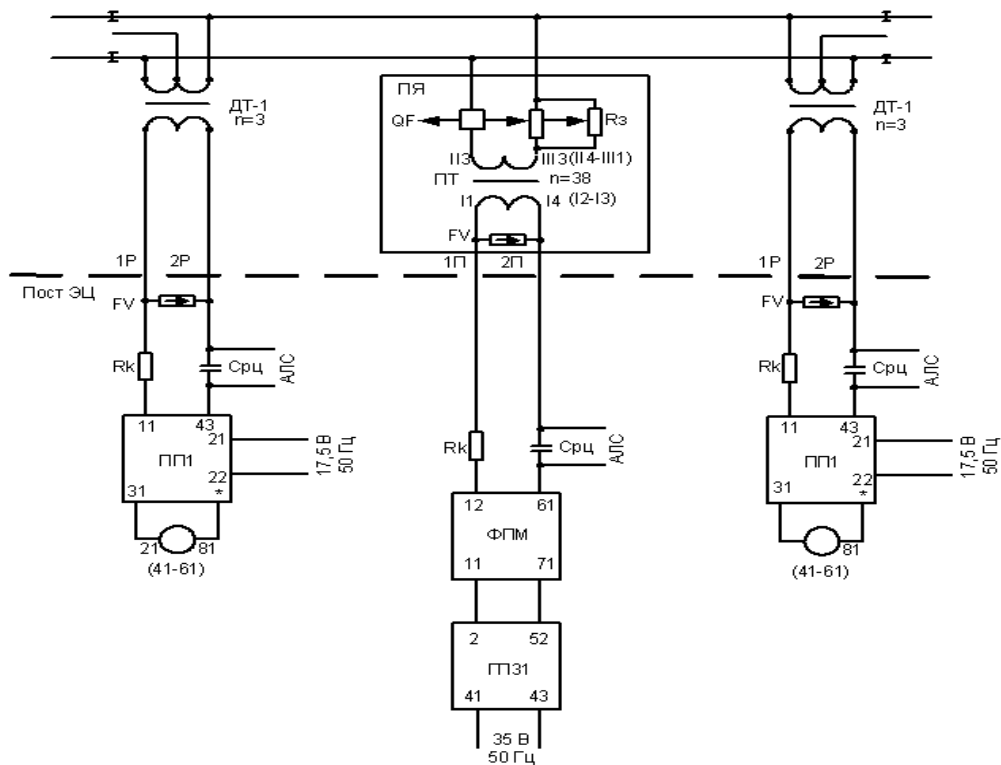
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Рассмотрены особенности современных рельсовых цепей тональной частоты и систем автоблокировок, построенных на их основе.

*Ключевые слова:* тональная рельсовая цепь, средство, сигнал, оборудование, аппаратура, изолирующий стык.

Рельсовыми цепями тональной частоты или тональными рельсовыми цепями (ТРЦ), называют класс рельсовых цепей, частота сигнального тока которых (от 125 Гц до 5 кГц) находится в диапазоне тональных частот. Другой отличительной особенностью ТРЦ является применение бесконтактной аппаратуры. Разработчиками этих РЦ и систем АБ на их основе в нашей стране является группа ученых ВНИИЖТа под руководством В.С. Дмитриева и В.А. Минина. Название тональных рельсовых цепей появилось в 90-м году XX века, хотя рельсовые цепи с тональными частотами и бесконтактной аппаратурой были разработаны и начали применяться гораздо раньше. Так, в системе ЧАБ они назывались частотными РЦ, в системах автоблокировки с централизованным размещением аппаратуры (ЦАБ) – бесстыковыми рельсовыми цепями (БРЦ). Необходимо отметить, что ТРЦ и их аппаратура развивались весьма динамично и претерпели при этом большие изменения как по принципу построения и просто технической реализации, так и в отношении их характеристик [1].

В общем случае схема станционной тональной рельсовой цепи (ТРЦ) с централизованным размещением аппаратуры и двумя путевыми приемниками имеет следующий вид:



Аппаратура питающего и релейного концов ТРЦ размещается на посту ЭЦ, которая посредством симметричного сигнально-блокировочного кабеля (с парной скруткой жил) соединяется с аппаратурой, размещенной в путевых ящиках. Использование симметричного

кабеля является обязательным условием, исключающим взаимное влияние ТРЦ друг на друга.

Использование несимметричного кабеля при проектировании допускается только в конце кабельной магистрали (кабельный отрезок от групповой муфты до путевого ящика) в том случае, когда используется только одна пара проводов. Кроме того, обязательным условием при проектировании ТРЦ является размещения питающих и релейных концов ТРЦ в отдельные кабельные магистрали, что исключает опасные отказы, возникающие при различных неисправностях в кабеле.

На посту ЭЦ располагается следующая аппаратура ТРЦ: генераторы типа ГП31, путевые приемники типа ПП1, фильтры ФПМ, путевое реле типа АНШ2-310.

Амплитудно-модулированный сигнал, который формируется ГП31, с его выхода (2-52) поступает на вход фильтра ФПМ (11-71). С выхода ФПМ (12-61) сигнал поступает в кабельную линию. Последовательно с выходом фильтра на кодируемых рельсовых цепях включается разделительный конденсатор С емкостью 4мкФ, подключающий путевую передающую аппаратуру системы АЛСН. По кабельной линии сигнал приходит к аппаратуре, размещаемой в путевом ящике (далее ПЯ) непосредственно у пути:

- согласующий путевой трансформатор типа ПОБС-2М или ПОБС-2Г;
- выравнители;
- защитные резисторы;
- автоматические выключатели.

Кабельная линия подключается к первичной обмотке согласующего путевого трансформатора ПТ (выводы Iи I4). Параллельно первичной обмотки ПТ включен выравнитель типа ВОЦН-380, выполняющий защитную функцию аппаратуры ТРЦ от перенапряжений [2]. При коэффициенте трансформации  $n=38$  путевого трансформатора ПТ выполняются нормальный, шунтовой, контрольный режимы работы ТРЦ, что соответствует выводам ПЗ-ПЗ вторичной обмотки ПТ при перемычке П4 – П1.

Если в качестве согласующего трансформатора используется дроссель-трансформатор (ДТ) типа ДТ-1-150 (при электротяге переменного тока), то он включается через дополнительный трансформатор ПОБС-2М(Г) с  $n = 13,3$ .

Защитный резистор R3 обеспечивает требуемый уровень сопротивления питающего и приемного концов и для защиты путевого согласующего трансформатора и аппаратуры ТРЦ от воздействия асимметрии тягового тока. Защитный резистор устанавливается между дополнительной обмоткой ДТ-0,1 и вторичной обмоткой ПОБС – 2М(Г). Его сопротивление в этом случае должно быть в пределах 1,8...2,2 Ом. Применяют два резистора типа РМР сопротивлением 1,1 Ом, включенные последовательно.

Автоматические выключатели QF служат для защиты путевой аппаратуры ТРЦ от воздействия перенапряжений тяговой сети или других источников. В схеме ТРЦ используется АВМ на номинальный ток 15А типа АВМ-2. Если аппаратура ТРЦ подключается через дополнительную обмотку ДТ-1-150, применяется АВМ – 5А и включается между согласующим ПТ и дополнительной обмоткой ДТ.

Затем сигнальный ток с питающего конца поступает в рельсовую линию и растекается в обе стороны от точки подключения аппаратуры. В случае, когда обеспечивается свобода и целостность рельсовой линии, сигнальный ток поступает на приемный (релейный) конец рельсовой цепи и через кабельную магистраль на вход путевых приемников ПП1 смежных ТРЦ. В случае, когда подвижная единица занимает рельсовую цепь или нарушается целостность рельсовой линии, уровень сигнала на входе ПП1 снижается ниже порога отпускания, фиксируя при помощи обесточивания путевого реле занятость участка. В качестве путевого реле используется реле типа АНШ2-310 с последовательным включением обмоток.

Защита смежных рельсовых цепей от взаимного влияния осуществляется за счет пространственного разнесения рельсовых цепей с одинаковыми несущими и модулирующими частотами [3].



Существенные достоинства, которыми обладают тональные рельсовые цепи, привели к созданию целого класса новых систем автоблокировки. Необходимо отметить, что отдельные технические решения указанных систем, как и в любых других новых разработках, недостаточно совершенны, поэтому в типовые материалы по проектированию и в схемы действующих устройств постоянно вносятся изменения. Основанием для таких изменений являются недостатки, вскрытые в процессе эксплуатации или обнаруженные в результате анализа действующих схем широким кругом специалистов. Другим недостатком систем с ТРЦ является относительно большой расход кабеля [4]. На решение этой проблемы в настоящее время направлены усилия разработчиков систем автоблокировки.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
4. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.

УДК 656.257

### УВЯЗКА ЭЦ С УСТРОЙСТВАМИ СЦБ НА ПЕРЕГОНАХ

*Соколов А.В.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности современных систем диспетчерского контроля и технической диагностики в увязке с перегонными устройствами СЦБ.

*Ключевые слова:* система, средство, сигнал, оборудование, контроллер, параллельные вычисления, надежность, отказ, управление.

Одна из основных проблем, возникающая при проектировании, — это особенность технологического процесса управления движением поездов на станции. Эту особенность характеризуют как ответственный асинхронный параллельный процесс, так как на станции

передвижение составов осуществляется независимо во времени и параллельно. Исходя из этого в МПЦ должна производиться одновременная обработка информации о нескольких маршрутах с учетом безопасности управления [1].

Безопасность и параллельное вычисление – это основные крупные проблемы, которые нужно решить при создании систем МПЦ.

В управляющих вычислительных системах параллельные процессы могут выполняться: последовательной, конвейерной, функциональной, матричной, мультипроцессорной обработкой информации.

Система с последовательной обработкой имеет один процессор, параллельные процессы в котором фактически обрабатываются по очереди. Данный принцип обработки информации возможен, если скорость вычислений процессора на порядок выше скорости изменения данных технологического процесса. В таком случае создается видимость параллельности вычислений.

Под функциональной обработкой понимается, что система имеет несколько независимых устройств, которые выполняют различные функции одновременно.

Конвейерная обработка заключается в разбиении вычислительного процесса на некоторое количество частей, которые реализуются параллельно-последовательно в различных процессорах.

При матричной обработке вычисления обеспечивает матрица процессорных элементов с совместной системой управления.

Система с мультипроцессорной обработкой использует несколько процессоров, имеющих общие шины и общую память для обмена информацией друг с другом [2].

Вторая основная проблема в МПЦ – обеспечение безопасности. В МПЦ основной идеей безопасности является то, что одиночные дефекты аппаратных, а также программных средств не должны приводить к опасным отказам устройств и должны обнаруживаться при рабочих или тестовых воздействиях, не позже, чем в системе возникнет повторный дефект. Безопасность в МПЦ достигается резервированием аппаратных и программных средств, организацией внутри процессорного и межпроцессорного контроля, а также безопасным поведением при отказах.

Методы повышения безопасности систем автоматики достигаются за счет:

- повышения безотказности: минимизации логических схем; снижение интенсивности потоков отказов элементов;
- обеспечения отказоустойчивости: резервирование; техническое диагностирование;
- обеспечения безопасного поведения при отказах: использование элементов с несимметричными отказами; безопасное кодирование внутренних состояний; резервирование элементов с опасными отказами; использование самопроверяемых схем [3].

Для резервирования аппаратных средств применяют многоканальные системы с мягкой или жесткой синхронизацией каналов. Использование безопасных схем сравнения позволяет осуществлять сравнение результатов обработки информации в этих каналах. Также в многопрограммных системах используется резервирование программного обеспечения.

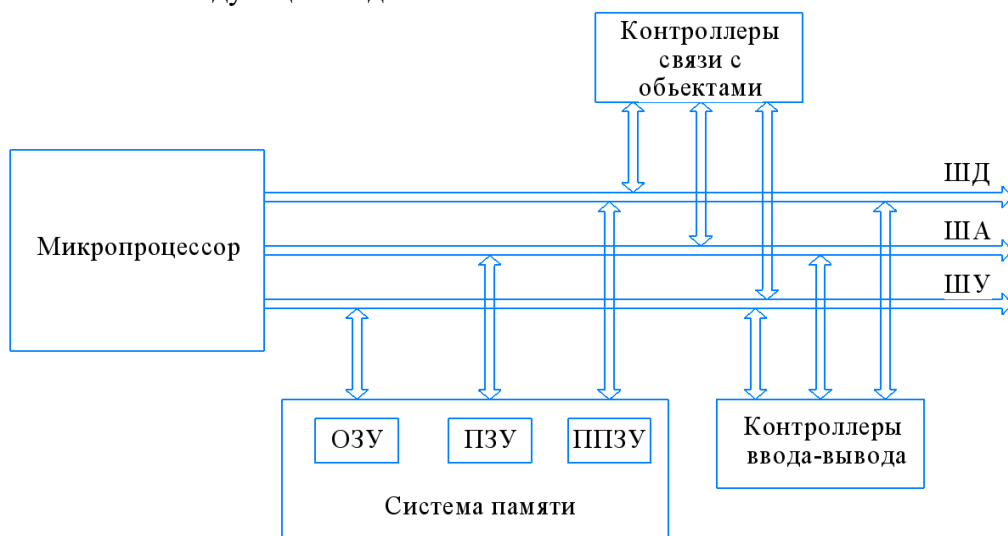
Для обнаружения отказов с максимально возможной глубиной и скоростью используется внутрипроцессорный контроль, он производит тестирование системы в отведенные для этого промежутки времени или с помощью применения принципов самоконтроля.

Межпроцессорный контроль заключается во взаимной проверке работы процессоров на уровне системных шин, памяти, выходов.

Так, на примере МПЦ Ebilock-950 обработкой всех ответственных данных осуществляется двумя диверсифицированными программами, они идентично работают в одноканальной системе, но пользуются ей по-разному. Данные программы создаются разными группами разработчиков. Полученные данные из программ попеременно посылаются в устройство управления объектом, где они будут сравниваться. Команда

управления объектом будет отправлена только при точном совпадении полученных данных. Передаваемые попеременно извещения устройства управления объектом, также созданы диверсифицированными программами, сравниваются в центральном блоке обеспечения безопасности программными средствами. Для более высокой эксплуатационной готовности возможно резервирование центрального блока обеспечения безопасности, при этом, резервная ЭВМ будет получать всю информацию от рабочей ЭВМ.

Все микропроцессорные системы, рассматриваемые как объект диагностирования, являются сложной вычислительной структурой с магистральной (шинной) организацией, так как обычно имеют следующий вид:



В основе микропроцессора лежит четыре основные группы больших интегральных схем (БИС): микропроцессор; память; контроллеры ввода-вывода; контроллеры связи с объектами [4].

Каждая представленная функциональная подсистема достаточно сложна с точки зрения диагностирования и для организации функционального и тестового диагностирования необходимо использовать декомпозиционный подход. Данный подход заключается в разделении подсистем на отдельные функциональные устройства:

- процессор;
- арифметико-логические устройства (АЛУ);
- постоянно запоминающее устройство (ПЗУ);
- оперативно запоминающее устройство (ОЗУ);
- устройства ввода-вывода;
- корпуса средних и больших интегральных схем;
- отдельные типовые элементы замены.

Структура микропроцессорной системы состоит из: ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство; ППЗУ - программируемое постоянное запоминающее устройство; ШД - шина данных; ША – шина адреса; ШУ – шина управления.

Для тестирования микропроцессоров создают специальные методы диагностирования, которые основываются на использовании функциональных тестов и обеспечивают выполнение операций микропроцессора на некотором количестве операндов.

На данный момент применяют три способа построения тестов для микропроцессора и микропроцессорных систем: модульный, микропрограммный, функциональный.

В модульном подходе БИС представляют собой наборы функционально законченных модулей (регистры, сумматоры, и др.). Создается частный тест, для каждого такого модуля, а общий тест строится методом соединения частных тестов на основе магистральной организации передачи данных между модулями [5].

Микропрограммный подход создается выбором некоторой микропрограммы, которая состоит из связанных микроопераций и передает данные от внешних входов к внешним выходам данного устройства. После этого находится та часть аппаратуры, которая участвует в выполнении выбранной микропрограммы, подбирают к ней операнды, которые будут обнаруживать неисправности данной части аппаратуры при выполнении каждой микрооперации.

Под функциональным подходом понимается тестирование функций микропроцессорной системы. Список команд будет являться источником информации об операциях микропроцессора. Тестируется каждая функция, а также та часть аппаратуры микропроцессора, что реализует данную функцию.

Таким образом, совершенствование средств вычислительной техники создало причины для улучшения систем диагностирования. Совершенствование позволяет все больше задач возложить на программное обеспечение и благодаря этому упростить аппаратную часть данных систем, повысить уровень автоматизации процесса диагностирования и обеспечить накопление и возможность компьютерной обработки информации. Повышение эффективности диагностирования может быть также достигнуто за счет использования мониторинга состояния и функционирования напольного оборудования ЖАТ, реализуемого в виде сбора и централизованной обработки данных от средств диагностирования и от устройств ЖАТ.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Эволюция высокопроизводительных ЭВМ / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 32-38. – EDN RAJDWM.
3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJUCSM.
4. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
5. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного

УДК 656.257

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭССО

*Власенко Д.К.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности устройства электронной системы счета осей, история развития и совершенствования оборудования системы.

*Ключевые слова:* система, контроль, сигнал, оборудование, контроллер, ось, процессор, участок пути.

Одним из направлений совершенствования перевозочного процесса на железнодорожном транспорте является применение и развитие устройств автоматики и телемеханики. Предназначены эти технические средства для увеличения пропускной способности железных дорог, перерабатывающей способности станций, обеспечение безопасности движения поездов, сокращение времени оборота вагонов и локомотивов, увеличение скорости доставки пассажиров и грузов, улучшение экономических показателей работы железных дорог.

Важнейшим из приоритетов перевозочного процесса является безопасность движения поездов [1]. Устройство электронной системы счета осей (ЭССО) относительно простое по конструкции и в тоже время действенное средство повышения безопасности движения. Эти устройства распространены не только в зарубежной практике, но и на отечественных железных дорогах. Такие устройства по заданию Главного управления сигнализации, связи и вычислительной техники МПС СССР стали разрабатывать с 1990 года. В 60-х годах XX века попытки создания устройств счета осей завершились в нашей стране неудачей в силу несовершенной элементной базы того времени. В 1998 году была завершена разработка системы контроля свободности перегона методом счета осей подвижного состава (УКП СО). Она принята в постоянную эксплуатацию и получила достаточно широкое распространение на сети дорог России и стран ближнего зарубежья. Счетчики используют как альтернативу рельсовым цепям. В них отсутствуют изолирующие стыки и не содержатся медесодержащие элементы, имеющиеся в рельсовых цепях. Их технические характеристики лучше, а капитальные вложения при новом строительстве ниже, чем для традиционных систем и устройств. При использовании этих устройств снижаются эксплуатационные расходы.

Это устройство предназначено для:

- контроля свободности (занятости) участка пути любой сложности и конфигурации методом счета осей;
- замены рельсовой цепи на станции при пониженном сопротивлении изоляции или применении металлических шпал (совместно с электрической централизацией любого типа, в том числе и микропроцессорной);
- контроля свободности перегона при полуавтоматической блокировке;
- контроля свободности стрелочных и бесстрелочных участков в системах горочных автоматических централизаций;
- ограждения переездов любых типов совместно с устройствами переездной автоматики;
- работы в составе информационной системы дежурного по станции (при подключении к компьютеру).

В состав аппаратуры ЭССО входят следующие элементы: рельсовые датчики, крепление рельсового датчика, напольный электронный модуль (НЭМ), пульт сброса ложной

занятости (ПСЛЗ), блок приемников, состоящий из кассеты и постовых плат, платы постовых устройств (ППУ), платы источника питания с системой сбора данных (ИП) [2].

Совместно с блоками приемников может применяться устройство сопряжения интерфейсов с каналами тональной частоты (УСИТ).

Рельсовый датчик (РД) предназначен для фиксации прохождения колесных пар, состоящий из индуктивных элементов, вмонтированных в диэлектрическую плату и трехжильного кабеля длиной 4.5 или 10 метров. Устанавливается на рельс с внутренней стороны колеи. Для установки РД на рельсы предназначен комплект крепления рельсового датчика. Крепления датчика позволяют установить РД на рельсы марки Р-50, Р-65 с соблюдением габаритов приближений и подвижного состава. Установка РД на рельсы не требует сверления и сварочных работ.

Напольный электронный модуль определяет факт прохождения и направление движения над РД колесной парой, подсчет количества осей, прошедших над РД и передачу информации постовому оборудованию ЭССО по кабельным линиям связи, а также выполняет непрерывный самоконтроль и контроль исправности и положения РД. Размещается в путевых коробках или релейных шкафах. Два НЭМ (основной, дублирующий) с подключенными к ним РД образуют счетный пункт (СП).

Плата постовых устройств ППУ предназначена для обработки поступающей информации от СП и управления контрольно-путевыми реле. Для связи с напольными модулями имеет четыре канала подключения линии связи счетных пунктов (А, В, С и D). Выполняет расчет количества осей, находящихся на контролируемом путевом участке или стрелочной секции (в зависимости от установленной конфигурации) по данным, полученным от СП [3], а также непрерывный самоконтроль исправности аппаратуры и программных узлов, формирует сигналы управления контрольно-путевыми реле с соблюдением норм безопасности движения. Два ППУ образуют ячейку постовых устройств (ЯПУ).

Источники питания с системой сбора данных (ИП) предназначены для формирования вторичных напряжений для электропитания узлов постовых устройств системы ЭССО, сбора данных с плат постовых устройств и передачи этих данных по последовательному интерфейсу, внешним устройствам различного назначения (персональный компьютер, регистрирующие контроллеры, информационные системы и т.п.).

Блок приемников состоит из кассеты приемников, установленных в ней плат постовых устройств, и плат источника питания с системой сбора данных. Кассеты приемников бывают двух типов: К-10, рассчитанная на установку в них до десяти ППУ, и К-2, рассчитанная на установку до двух ППУ. Блоки приемников размещаются в релейном помещении на посту ЭЦ или в релейных шкафах СЦБ.

Для выбора конфигурации ППУ предназначена плата переключателей типов контролируемых участков (ПТКУ). ПТКУ установлена на задней панели кассеты приемников. Кроме переключателей конфигурации ППУ на плате ПТКУ также расположены предохранители линий связи счетных пунктов.

Пульт сброса ложной занятости (ПСЛЗ) выполняет функции дистанционного управления ППУ – выключение ППУ из работы или сброс ложной занятости контролируемого участка. Размещается в помещении дежурного по станции в соответствии с эргономическими требованиями, предъявляемыми к рабочему месту ДСП.

Блок УСИТ применяется для удаленного подключения счетного пункта с использованием физических магистральных линий связи или систем уплотнения каналов ТЧ. Выполняет прямое и обратное преобразование информации, поступающей на НЭМ в сигнал ТЧ. Для подключения к каналам передачи информации или физическим линиям связи имеет четырехпроводное окончание.

Для защиты системы ЭССО от сбоев и потери информации при переключении фидеров питания, возникновения импульсных помех, а также при кратковременном аварийном отключении сети 220 В применяется источник бесперебойного питания (ИБП) соответствующей мощности [4].

Таким образом, внедрение на участке железной дороги устройств электронной системы счета осей подвижного состава является эффективным средством повышения безопасности перевозочного процесса. Эти устройства предназначены для автоматического счета колесных пар, а также для автоматической дачи согласия прибытия поезда в полном составе и являются дополнительными средствами, обеспечивающими безопасность движения поездов на железнодорожном транспорте.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
4. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.

УДК 656.257

### ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КТСМ-02

*Аввакумов А.В.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности применения комплекса технических средств мониторинга КТСМ-02 как базовой системы автоматического контроля технического состояния железнодорожного подвижного состава.

*Ключевые слова:* система, буксы, аппаратура контроля, оборудование, подвижной состав, канал связи.

Перегретые буксы в поездах ранее могли быть определены при помощи аппаратур контроля ДИСК, КТСМ-01, а также ПОНАБ. Последняя из ранее перечисленных аппаратур контроля использовалась больше тридцати лет, но в связи с тем, что она устарела, сейчас она больше не производится. Была осуществлена замена системы ПОНАБ-3 на более современную аппаратуру в середине 80-х годов XX века.

Обновленная аппаратура имеет название ДИСК-БКВ-Ц (диагностическая информационная система контроля) и состоит из нескольких подсистем, умеющих выявлять неровности поверхностей колес, перегретые буксы в подвижном составе, а также получать информацию с линейных пунктов контроля. ДИСК-Б получила наиболее частое использование в связи с тем, что имеет большой набор функций и может осуществлять свою работу автономно. У этой аппаратуры достаточно невысокие эксплуатационные показатели, поэтому при разработке другого оборудования пришлось прибегнуть к поиску более современных средств для выявления перегретых букс [1].

На следующем этапе развития (в конце 90-х годов XX века) в производство была включена аппаратура КТСМ-01, которая заменяет находящуюся в эксплуатации ПОНАБ-3, а в позднее был разработан ее аналог КТСМ-01Д, заменивший аппаратуру ДИСК-Б. В перегонном оборудовании сохраняются напольные камеры, датчики прохода колес, а также силовое оборудование. Станционное оборудование заменяется полностью, вместо него устанавливается аппаратура автоматизированного рабочего места оператора линейного поста контроля (АРМ-ЛПК) автоматизированной системы контроля подвижного состава (АСК-ПС).

В постоянную эксплуатацию аппаратура КТСМ-02 (комплекс технических средств многофункциональный) была введена в 2001 году, и она имеет напольные камеры нового поколения и другие усовершенствования. Эффективность использования этой аппаратуры подтверждена позитивными отзывами с дорог.

Комплекс технических средств многофункциональный КТСМ-02 – базовый комплекс системы автоматического контроля технического состояния железнодорожного подвижного состава. Он может состоять из одной или нескольких подсистем контроля всевозможных узлов подвижного состава в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Комплекс КТСМ-02 осуществляет согласование работы подключенных подсистем к нему, а также обеспечивает информационное взаимодействие перегонного и станционного оборудования через систему передачи данных с централизованными средствами регистрации, накопления, отражения, а также сигнализирует результаты контроля. Подсистема КТСМ-02 контролирует наличие или отсутствие поезда в зоне размещения напольного оборудования; подсчитывает число осей и подвижных единиц поезда, которые контролирует.

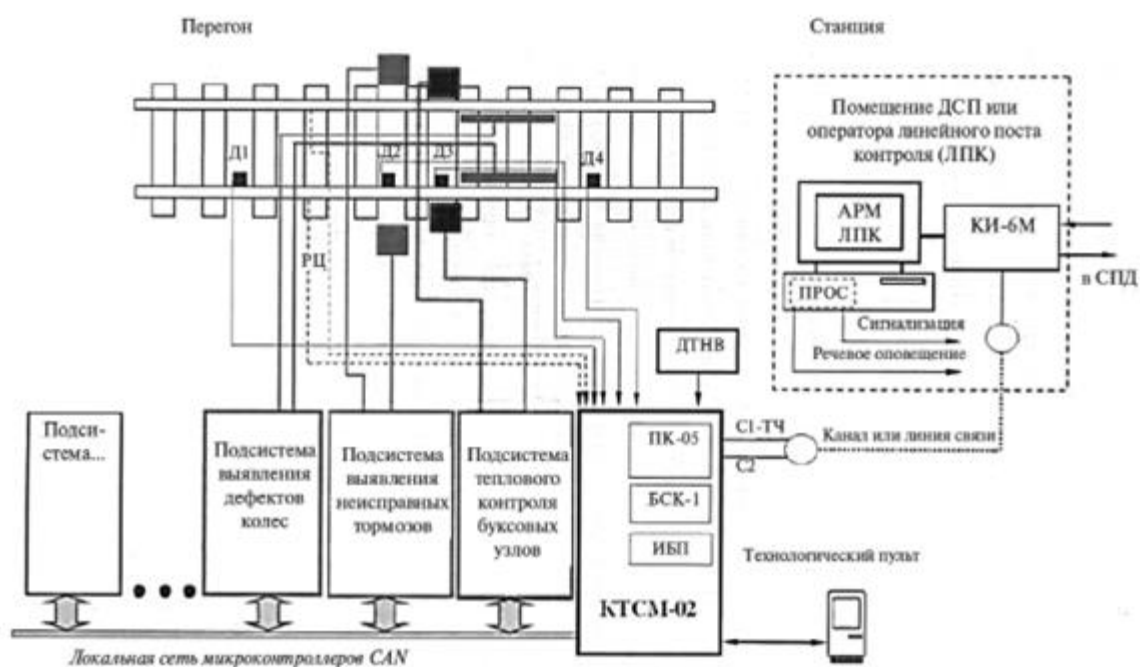
При разработке микропроцессорного комплекса КТСМ-02 применялась современная концепция интеграции средств контроля и измерения разного предназначения на базе системной шины CAN, которая обеспечивает возможность построения многофункциональной системы контроля технического состояния подвижного состава.

Комплекс КТСМ-02 служит для автоматического контроля технического состояния подвижного состава. Он состоит из подсистем обнаружения неисправностей частей подвижного состава, таких как:

- буксовые узлы;
- колесные пары;
- тормозное оборудование и оборудование автосцепки;
- волочащиеся детали;
- нарушение габарита и т.д.

Структура комплекса КТСМ-02 состоит из перегонного (напольного и постового) и станционного оборудования и соединена каналами связи в следующем порядке:





Обеспечение станционного оборудования КТСМ-02 осуществляется при помощи средств автоматизированной системы контроля подвижного состава АСК ПС, в которую входят концентратор информации (КИ-6М) и автоматизированное рабочее место оператора линейного поста контроля АРМ ЛПК, поддерживающее функции речевого оповещения и включения сигнализации. Один концентратор информации обеспечивает прием от четырех КТСМ-02.

Перегонное оборудование комплекса КТСМ-02 состоит из напольного и постового оборудования, которые соединены каналами связи с АРМ ЛПК станции и по сети передачи данных линейных предприятий (СПД ЛП) с АРМ центрального пункта контроля (ЦПК) железной дороги.

На скорости 500 Кбит/с по протоколу CAN складывается информационное взаимодействие различных подсистем КТСМ-02. Оно достигается при помощи АРМ ЛПК по двухпроводной кабельной линии связи через концентратор информации, а также на скорости 1200 бит/с по протоколу TCP/IP локальной вычислительной сети с автоматизированной системой контроля подвижного состава и с автоматизированной системой оперативного управления перевозками (АСОУП) [2].

Таким образом, в отличие от аппаратуры ПОНАБ, ДИСК и КТСМ-01(01Д) возможности КТСМ-02 включают в себя расширенные функции и имеет ряд преимуществ. Достоинством данной системы является возможность расширения до пятнадцати разных подсистем. Исключены ложные срабатывания из-за солнечного излучения. За счет простоты крепления напольных камер позволяет быстро демонтировать их и выполнять регулировочные работы [3].

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

- высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
2. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
  3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.

УДК 656.257

## **СИСТЕМА ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ СИР-ЭССО**

*Блищенко А.М.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности применения системы контроля свободности участков железнодорожного пути методом счета осей.

*Ключевые слова:* система, средство, сигнал, оборудование, контроллер, бок-участок, перегон, переезд.

Система контроля свободности участков железнодорожного пути методом счета осей (ЭССО) предназначена для контроля свободности участков пути любой сложности и конфигурации как на станциях (в том числе с маневровыми работами), так и на перегонах.

Система ЭССО работает при любом, вплоть до нулевого, сопротивлении балласта, в том числе на участках с металлическими шпалами и стяжками, на цельнометаллических мостах [1].

ЭССО контролирует свободность участков приближения к переездам, блок-участков при автоматической блокировке, стрелочных секций и приемоотправочных путей на станциях, стрелочных и бесстрелочных участков в системах горочных автоматических централизаций, осуществляет контроль прибытия поезда в полном составе при полуавтоматической блокировке. Также имеются модификации ЭССО для отметки прохождения осей в системах обнаружения перегрева букс, системах контроля передвижения и распознавания типа подвижного состава, позиционирования осей вагонов на несоизмерительных пунктах, для измерения и контроля скорости подвижного состава.

ЭССО применяется как на участках с автономной тягой, так и на участках с электротягой любого рода тока. Основными компонентами системы интервального регулирования движения поездов на основе счета осей СИР-ЭССО являются контроллеры ББК и система ЭССО [2].

Применение СИР-ЭССО позволяет привести эксплуатационные расходы в соответствие с интенсивностью движения по участку, что является важнейшей задачей для обеспечения экономической эффективности перевозочного процесса. СИР-ЭССО реализует алгоритмы автоматической блокировки, сохраняя существующие правила управления устройствами СЦБ и действия дежурного по станции.

В состав СИР-ЭССО входят станционные устройства и оборудование сигнальных точек. К станционным устройствам относятся кассеты постовых плат (КПП) и базового контроллера (КБК). Кассета сигнальной точки (КСТ) устанавливается на перегоне.

СИР-ЭССО строится как система с центральными зависимостями и децентрализованным размещением аппаратуры. Она может использоваться как в качестве основного средства интервального регулирования движения поездов на малодеятельных участках, так и для резервирования традиционных систем автоблокировки на участках с интенсивным движением [3].

СИР-ЭССО выполняет следующие функции:

- контролирует свободу блок-участков перегона методом счета осей;
- управляет огнями проходных и предупредительных сигналов на перегоне;
- обеспечивает увязку со станционными устройствами СЦБ по приему и отправлению поездов и с устройствами ограждения железнодорожных переездов;
- передает информацию о состоянии впередилежащих блок-участков на локомотив и дополнительную информацию в системы мониторинга;
- осуществляет диспетчерский контроль состояния сигнальной точки.

Основными достоинствами СИР-ЭССО являются: простота стыковки с системами АЛС, передающими информацию на локомотив по рельсовым цепям или радиоканалу; возможность резервирования линейной цепи, причем в качестве резервных могут быть использованы волоконно-оптические линии связи или системы передачи данных по радиоканалу; высокая экономическая эффективность благодаря сокращению расхода кабеля для оборудования перегона (требуется всего 1 пара жил МКС) и эксплуатационных расходов [4].

Особенно эффективно применение СИР-ЭССО в сочетании с разрабатываемой НПЦ «Промэлектроника» автоматической локомотивной сигнализацией на базе радиоканала АЛСР, которая представляет собой комплекс специализированных аппаратных средств и многоуровневого программного обеспечения, непрерывно передающего на локомотив информацию о свободе/занятости впередилежащих участков пути с учетом положения стрелок и показаний светофоров. При использовании АЛСР по всей длине перегонов, а также на станциях создается непрерывный цифровой радиоканал, обеспечивающий защищенную передачу кодированных данных АЛС, а также удаленную диагностику и мониторинг локомотивных систем, что способствует повышению безопасности и технологичности перевозочного процесса [5].

Таким образом, применение семейства систем ЖАТ на унифицированной платформе ББК позволит снизить эксплуатационные расходы, резко сократить расходы и время на адаптацию систем при изменении функциональных требований со стороны заказчика, повысить безопасность, надежность систем, эффективность и качество обслуживания.

Перечисленные системы полностью разработаны российскими специалистами, что позволило учесть местные условия (в частности, климатические и эксплуатационные факторы), принять во внимание особенности увязки с конкретными объектами, проводить качественное обучение обслуживающего персонала и оперативно реагировать на проблемы, возникающие в ходе эксплуатации и обслуживания устройств [6].

ЭССО – микропроцессорная система, обеспечивающая автоматический контроль свободы (занятости) участков пути любой сложности и конфигурации.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

- "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
  3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
  4. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.
  5. Гордиенко, Е. П. Цифровые сервисы и перспективы их реализации в перевозочном процессе / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 28-34. – EDN SQDTZQ.
  6. Гордиенко, Е. П. Технология построения производственных информационных систем / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 43-50. – EDN AYKCSF.

УДК 656.257

## **ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МПЦ-МЗ-Ф**

*Бобыльков М.В.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

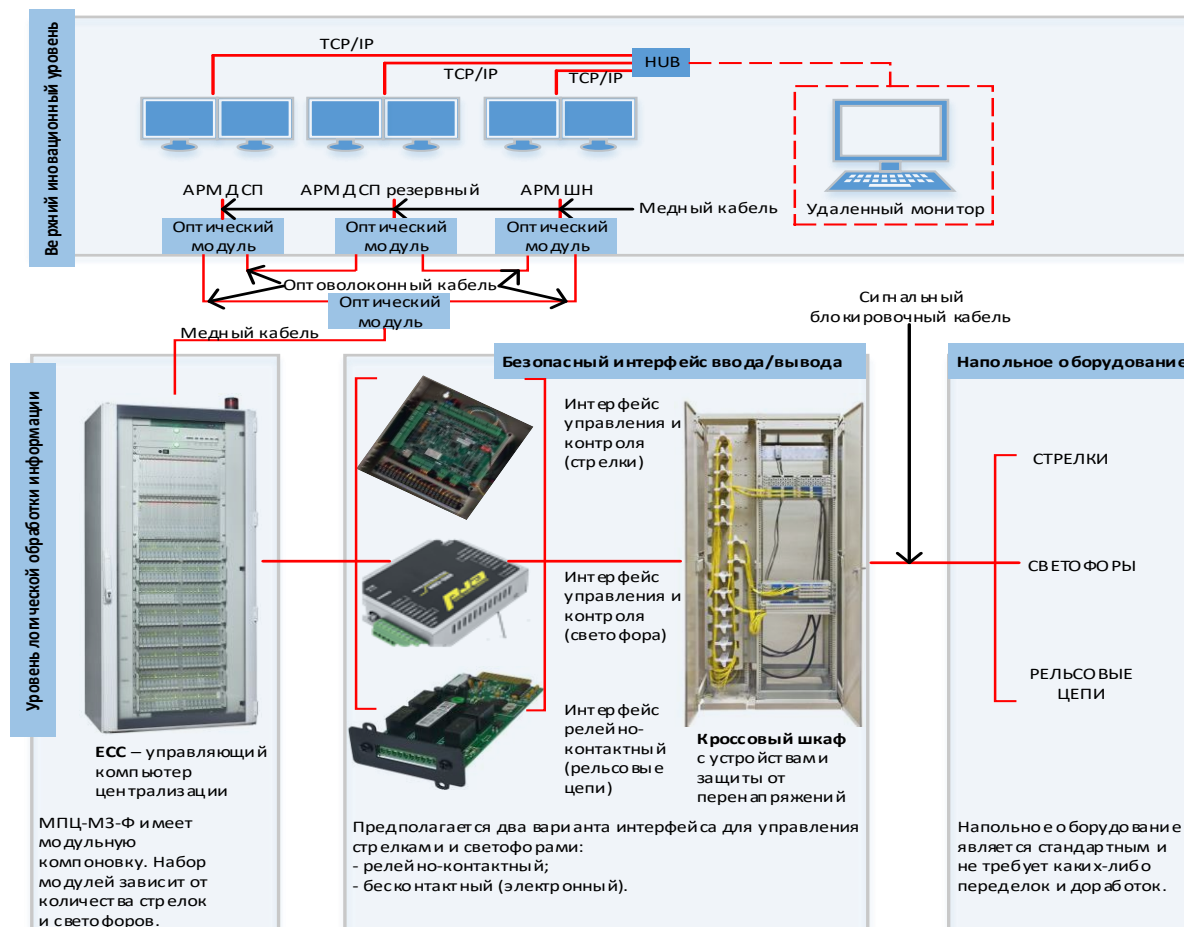
Рассмотрены особенности микропроцессорной системы централизации (МПЦ-МЗ-Ф) и ее технологические возможности.

*Ключевые слова:* система, средство, сигнал, оборудование, контроллер.

МПЦ-МЗ-Ф – это концентрированный комплекс технологических устройств и средств, неотложный для удаленного управления стрелками и светофорами в пределах станции, явного контроля технических состояний методов и устройств, играющих важную роль в развитии управления, передачи ДСП разнообразной справочной информации, а также приготовлении информации, состояний и действий работников [1].

МПЦ-МЗ-Ф принадлежит к объектно-относящимся деталям со сменным составом

функциональных блоков, которые незаменимы в создании необходимых расположений каналов ввода-вывода и осуществления определенных функций и задач, тем самым являясь программируемым устройством. Структура МПЦ-МЗ-Ф может иметь следующий вид:



В состав данной системы входят базовая и компоновка части, последняя осуществляется при проектировании. Система представляет собой трёхуровневую структуру: информационного, логического обеспечения и прямого управления объектами.

Другие оставшиеся системы МПЦ, которые имеют применение на железных дорогах России, осуществлены в одном размере и не имеют столь сильно развитого управления, как указанные выше.

Системы МПЦ имеют следующие ряд преимуществ перед релейными, среди них указывают основные: использование более гибкой системы, которая дает возможность быстрее привыкнуть к требованиям определенного проекта; высокое функциональное и техническое развитие системы [2].

Использование систем МПЦ на железных дорогах России обозначило их эксплуатационные и технические совершенства перед релейными системами.

Микропроцессорная централизация по сравнению с релейными системами централизации имеет ряд преимуществ, а именно:

- обладает наиболее высоким уровнем надежности из-за повторения ряда элементов, в это число входит центральный процессор;
- имеет высокий уровень соблюдения безопасности движения поездов по причине неостановочного обмена информацией процессора и объектами контроля;
- имеет преимущество широкого охвата технологических функций;
- дает высокую осведомленность работников железнодорожного хозяйства о состоянии устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), а далее с

отправлением разнообразной информации в главный центр управления перевозочным процессом;

- осуществляет регистрацию всех отказов устройств и приборов СЦБ;
- обладает наименьшей энергоёмкостью и др.

МПЦ-МЗ-Ф разработана для организованной манипуляции стрелками, сигналами на железнодорожных участках, осуществляя безостановочность движения подвижных единиц с повышенными условиями, предъявленными ко всей аппаратуре микропроцессорной централизации [3].

МПЦ-МЗ-Ф – централизованный комплекс технических устройств, для надлежащего контроля стрелками и сигналами на железнодорожных станциях, а также контроля порядка технических средств, которые принимают участие в ходе управления, передачи информации ДСП.

МПЦ-МЗ-Ф значителен как программируемое устройство и имеет непосредственное отношение к объектно-ориентированным изделиям с попеременным составом блоков, отличающихся по функциональным признакам и предназначенным для создания необходимых конфигураций каналов ввода-вывода и осуществления определенных функций и задач. МПЦ-МЗ-Ф относят к проектно-компонуемым изделиям, имеющим конструкцию из базовой и компоновочной части, состав последней части устанавливается при проектировании. В состав МПЦ-МЗ-Ф входят технические средства и специально предназначенные программные обеспечения [4].

Технические средства делятся на постовую аппаратуру, находящуюся на посту ЭЦ, и напольное оборудование. Электропитание МПЦ-МЗ-Ф происходит от средств электропитания, которые осуществляют полное резервирование источников питания в течение 4 часов.

Таким образом, система МПЦ-МЗ-Ф имеет определенные преимущества, которые определяют перспективы ее внедрения. Главным из них является повышение надежности благодаря безостановочной схеме обмена информацией между процессором и объектами управления.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.
2. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJUCUM.
4. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и

практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.

УДК 656.257

## **НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ АПК-ДК**

*Степаненко И.А.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены особенности системы диспетчерского контроля АПК-ДК и приведены ее основные технические характеристики.

*Ключевые слова:* система, средство, диагностика, оборудование, мониторинг, отказ, надежность, состояние.

Решение задач сокращения эксплуатационных расходов, повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте в современных условиях невозможно без использования новейших компьютерных и микропроцессорных систем. Одной из таких систем, решающих задачу автоматизации работ диспетчерского и эксплуатационного персонала, является система АПК-ДК [1].

Системы диспетчерского контроля (ДК) используются на железных дорогах России с 50-х годов прошлого века для автоматического отражения состояния перегонных и некоторых станционных объектов диспетчерского участка. В соответствии с ПТЭ устройства ДК должны обеспечивать поезду диспетчеру телесигнализацию состояния блок-участков, главных и приемоотправочных путей промежуточных станций, а также входных и выходных светофоров.

Телесигнализация состояния участка средствами ДК обеспечивает диспетчеру возможность оперативного принятия управляющих решений. Однако из-за отсутствия канала ТУ реализация телефонных команд возможна только при сохранении на станциях автономного управления, т.е. дежурных по станциям. Поэтому при наличии на участке системы ДК эффективность управления повышается, хотя сокращения эксплуатационного персонала не происходит [2].

На железных дорогах России применялись системы ДК-ЦНИИ-49, БДК-ЦНИИ-57, УДК, а в настоящее время для повсеместного использования рекомендованы компьютерные системы АПК-ДК и АСДК. Общие принципы построения этих систем:

- центральный пост соединен со станциями участка и перегонными сигнальными точками одной физической цепью (при большом удалении ЦП от участка возможно использование каналов ТУ до ближайшей станции);
- применяется циклический опрос состояния объектов контроля;
- сбор информации на станции с сигнальных точек перегонов производится с частотным разделением двоичных сообщений;
- передача информации со станций на ЦП происходит с временным разделением одноименных сообщений разных станций и частотным разделением станций.

Техническая структура системы объединена сетью передачи данных, образованной каналами связи контролируемого участка. Включает в себя комплекс устройств различных уровней системы, типы которой представлены в сводной таблице:

№	Наименование	Назначение
1	2	3
1	Аппаратная составляющая системы	Выполняет функцию сбора данных, используется на нижнем и среднем уровне иерархической структуры. Сюда можно отнести контроллеры, осуществляющие считывание информации, контроль, измерение параметров устройств, передачу данных на концентраторы
2	Концентрация и обработка данных	К этому типу относятся концентраторы, выполняющие диагностику информации, полученную с линейных и центральных постов, и специальные платы, которые обеспечивают увязку оборудования между собой, связывают работу датчиков с концентраторами, связевым оборудованием и сервером мониторинга
3	Каналы связи	Предназначены для организации связи между концентраторами ЛПД по выделенной физической двухпроводной линии связи
4	Программное обеспечение системы	Это совокупность операционной системы и прикладных программ, которые выполняют свои функции по приему, обработке, архивации, выдаче, обмену информации. Программное обеспечение АПК-ДК позволяет СТДМ наполнить АРМ такими функциями, как передача информации в ЕКАСУИ, увязка с ГИД Урал, слежение за скоростными поездами, мониторинг пригородного движения, мониторинг службы Э, мониторинг пожарно-охранных систем, диагностика стрелочных электроприводов, локализация места отказа в разветвленной тональной рельсовой цепи (ТРЦ), автоматизация ТО с АРМ ШН, табло показателей работы Дорожного ЦДМ. Прикладное программное обеспечение имеет модульную, распределенную структуру, которая позволяет сделать весь комплекс ПО более гибким. Связь между отдельными элементами ПО осуществляется на основе механизмов взаимодействия процессов. Допустима замена отдельных существующих или добавление новых модулей, которые решают новые задачи, без изменения всего комплекса программ. Так же для определенного концентратора устанавливается тот набор программных компонентов, который необходим для решения возложенных на него задач

Эксплуатационно-технические характеристики АПК-ДК [3]:

1. Информационная емкость включает:

- количество контролируемых дискретных датчиков на станции составляет 120 на один контроллер;
- количество контролируемых аналоговых сигналов на станции – 10 на один контроллер;
- количество контроллеров на станции не ограничено;
- количество контролируемых дискретных датчиков на сигнальной точке или переезде – 16;
- количество контролируемых сигнальных точек в одном станционном комплексе – 32.

2. Цикл опроса станционных датчиков – не более 200 мс.

3. Периодичность передачи данных с перегонных устройств автоматики (сигнальной



точки):

– о поездном положении (занят или свободен блок-участок) – не более 4 с;

– о состоянии устройств – не более 30 с.

4. Количество станций (линейных пунктов) – не ограничено.

Дополнительно в АПК-ДК можно включать подсистемы для передачи информации контроля удаленным пользователям: ШЧ, ПЧ, ЭЧ, ТЧ и т.д.

В настоящее время система АПК-ДК применяется взамен устаревших и выработавших свой ресурс систем ЧДК, а также при строительстве новых участков железной дороги. Прежде всего эффект внедрения получается за счет повышения безопасности движения поездов. Система АПК-ДК дает возможность своевременно выявлять предотказные состояния устройств СЖАТ, что повышает надежность их работы. Соответственно, значительно снижаются затраты на простой подвижного состава при отказах устройств автоматики.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Перспективы развития систем электрической централизации / Е. П. Гордиенко, О. В. Орловцева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019") : Труды международной Научно-практической конференции, Воронеж, 24 октября 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 17-20. – EDN YRWOPA. (28)
3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.

УДК 656.257

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ СЦБ**

*Зубцов П.С.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены история, современность и перспективы внедрения и использования микропроцессорных систем электрической централизации.

*Ключевые слова:* система, средство, сигнал, оборудование, станция, стрелка.

Системы электрической централизации (ЭЦ) стрелок и сигналов предназначены для управления движением поездов на железнодорожных станциях. Они обеспечивают необходимую пропускную способность и безопасность передвижений. Первые системы централизации на станциях появились в середине XIX века (1856, Англия) и были механическими. В них для перемещения остриев стрелок и крыльев семафоров

применялось усилие человека, которое передавалось переводным механизмам с помощью стрелочных и сигнальных рычагов и жестких или гибких (проволочных) тяг. Блокировочные зависимости между стрелками и семафорами также осуществлялись механическим путем в специальных ящиках зависимостей и с помощью механических замков. В России первые системы механической централизации были построены на линии С.Петербург–Москва в 70-х годах XIX века.

С появлением электричества, электродвигателей и электромагнитных контактных реле исчезла необходимость применять мускульные усилия человека для управления удаленными объектами. В конце XIX века начинают применяться электромеханические и электрические централизации (1891, США; 1893, Австрия). В России первая электромеханическая централизация была построена на станции Витебск Риго-Орловской дороги (1909 г.). На станции Гудермес в 1934 году была введена в эксплуатацию первая чисто релейная ЭЦ.

XX век прошел под знаком внедрения и эксплуатации релейных систем централизации стрелок и сигналов. При этом наибольшее распространение получила блочная маршрутно-релейная централизация (БМРЦ), разработанная в институте Гипротрансигнальсвязь (ГТСС) в 1961 году. Она имела хорошие технические и эксплуатационные характеристики. Принципы, заложенные в БМРЦ, использовались и в других разработках ЭЦ.

Релейные системы имели важные преимущества перед механическими. Прежде всего они существенно уменьшили время установки маршрута, что совместно с использованием принципа деления маршрутов на секции и посекционного размыкания позволило резко увеличить пропускную способность горловин станций. Принципиально по-новому решалась в релейных системах проблема безопасности. Блокировочные зависимости реализуются в них схемным, логическим путем, что делает алгоритмы ЭЦ более гибкими и совершенными [1].

В 60-х годах прошлого века после появления полупроводниковой техники начинаются работы по созданию первых электронных систем ЭЦ, построенных на транзисторах и других бесконтактных элементах. Эти работы проводились в трех направлениях: реализация ЭЦ в виде электронной блочной системы на безопасных элементах или элементах с симметричными отказами; решение задач ЭЦ на универсальных ЭВМ; построение ЭЦ в виде специализированной ЭВМ. В это время появляются опытные установки электронных систем в Англии, Германии, Франции, Японии и др. странах.

Первой отечественной бесконтактной системой станционной автоматики является система бесконтактного маршрутного набора (БМН), разработанная в Петербургском государственном университете путей сообщения [2]. Она была построена на транзисторных элементах ИЛИ–НЕ и использовалась совместно с релейной исполнительной группой ЭЦ. Применение транзисторов позволило уменьшить габариты блоков ЭЦ, сократить расходы на содержание аппаратуры, повысить надежность действия устройств. Система БМН была внедрена на станциях Резекне (1968 г.) и Обухово (1969 г.). Опыт эксплуатации этих систем (а система БМН на ст. Обухово Октябрьской железной дороги проработала свыше 30 лет практически без обслуживания) показал, что бесконтактная техника дает возможность создавать высоконадежные необслуживаемые системы.

В эти же годы в Петербургском государственном университете путей сообщения была разработана система электронной централизации, которая явилась первым опытом создания бесконтактной исполнительной группы ЭЦ [3]. Для ее построения использовались безопасные элементы на феррит-транзисторных элементах, работающие во временном парафазном коде. Система прошла испытания на станции Новый Петергоф Октябрьской железной дороги, но в постоянную эксплуатацию не включалась.

Электронные системы ЭЦ разработки 60-х годов XX века не получили широкого распространения на сети отечественных и зарубежных дорог, так как элементная база, на которых они строились, не являлась перспективной. Такая элементная база поступила в

распоряжение инженеров в середине 70-х годов XX века после появления на рынке микропроцессоров фирмы Intel. Преимущества и возможности микропроцессорной техники по сравнению с релейной настолько велики, что именно она определяет в конце XX века и в начале XXI века пути развития средств автоматизации в промышленности и на транспорте. К основным преимуществам относятся: более высокая надежность вследствие отсутствия механических перемещений деталей и замыканий–размыканий контактов, что позволяет создавать высоконадежную, необслуживаемую аппаратуру; малые размеры интегральных схем дают возможность практически вводить существенную избыточность для придания аппаратуре свойств отказоустойчивости и контролепригодности; быстрая динамика развития интегральной техники приводит к постоянному улучшению ее характеристик и уменьшению стоимости.

Первая микропроцессорная централизация JZH-850 фирмы «Ericsson» была введена в эксплуатацию на станции Гетеборг (Швеция) в 1978 году. С тех пор за четверть века системы МПЦ различных фирм построены на сотнях станций многих стран мира. В этом направлении активно работают фирмы «Ericsson», «Bombardier» (Швеция), «Siemens», AEG (Германия), Alcatel (Австрия), «Westinghouse» (Англия), DSI (Дания), JNR (Япония) и др.

На Российских железных дорогах в настоящее время в соответствии с Программой обновления технических средств железнодорожной автоматики, разработанной Департаментом автоматики и телемеханики, осуществляется интенсивное строительство и ввод в эксплуатацию новых современных систем ЭЦ. Это тем более важно, что на начало 2004 года на сети дорог эксплуатировалось около 40 тысяч стрелок ЭЦ со сроком службы более 25 лет и 202 станции (5800 стрелок) со сроком службы более 40 лет [4].

Обновление систем ЭЦ происходит в двух направлениях. Первое направление состоит в строительстве микропроцессорных централизаций (МПЦ). Наиболее функционально развитой в настоящее время является система МПЦ Ebilock-950, поставляемая Транспортейшн (Сигнал)». Первая установка Ebilock-950 была введена в эксплуатацию на станции Калашниково Октябрьской железной дороги в 2000 году.

На стадии внедрения и развития находятся также такие системы микропроцессорных централизаций, как:

- ЭЦ-ЕМ (разработчики – проектный институт Гипротрансигналсвязь и АО «Радиоавионика», станции Новый Петергоф, Жихарево, Назия Октябрьской ж.д.);
- МПЦ-2 (разработчики – Гипротрансигналсвязь и Санкт-Петербургский Электротехнический завод, станция Шоссейная Октябрьской ж.д.);
- МПЦ-И (разработчик – научно-производственный центр «Промэлектроника», г. Екатеринбург).

Второе направление обновления ЭЦ состоит в строительстве релейно-процессорных централизаций (РПЦ).

Система РПЦ является гибридной, в которой сохраняется релейная часть аппаратуры, отвечающей за безопасность (исполнительная группа реле). В то же время верхний уровень компьютерного управления ЭЦ позволяет обеспечить многие из тех новых функциональных и сервисных возможностей, которые предоставляют микропроцессорные централизации. Внедрение РПЦ во многих случаях экономически оправдано и обеспечивает короткие сроки проектирования и строительства.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.

2. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
3. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
4. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.

УДК 656.257

## **ФИКСАЦИЯ ПРИЧИН ОТКАЗОВ УСТРОЙСТВ СЦБ**

*Кружалин Р.А.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены вопросы фиксации и восстановления устройств СЦБ, которые носят особый характер и критичны для работы систем СЦБ.

*Ключевые слова:* система, отказ, надежность, оборудование, узел, стрелка, цепь.

Длительность восстановления устройств после отказа существенно зависит от способа фиксации этого отказа. Во всех обслуживаемых технических системах, к которым относятся и системы СЦБ, применяются два основных способа фиксации отказов или получения информации об отказе: непосредственно в момент отказа (мгновенный или непрерывный способ) и в момент использования (способ «квитирования»).

Непрерывный способ фиксации отказов дает возможность приступить к поиску отказа и его устранению сразу после того, как он произошел. При этом значительно возрастает вероятность восстановления отказавшего элемента до того, как наступит необходимость в его использовании. Таким способом фиксируются отказы в рельсовых цепях, контрольных цепях стрелок и в ряде других узлов [1].

Фиксация отказов способом «квитирования» означает, что предварительная информация об отказе отсутствует и отказ будет зафиксирован только тогда, когда наступит необходимость в использовании отказавшего узла или элемента, т.е. не будет получена «квитанция» об его исправном действии. Так фиксируются отказы разрешающих ламп сигналов, рабочих цепей стрелок и всех цепей аварийного назначения (пригласительные сигналы, схемы искусственной разделки, схемы вспомогательной смены направления, резервные источники питания и др.).

Поиск и устранение отказов в работе этих узлов начинается после неудачной попытки воспользоваться устройствами, что, как правило, приводит к задержкам поездов. С целью уменьшения потерь от отказов таких узлов разработана специальная система профилактических проверок и измерений, выполняемая в составе технологического процесса. Однако существующая периодичность проверок не может дать гарантии того, что

за время, прошедшее с последней проверки до очередного пользования устройством, не произойдет отказ [2]. Поэтому в последнее время наметилась тенденция к переводу особенно ответственных узлов на непрерывный контроль.

Как показывает опыт эксплуатации устройств СЦБ, в процессе восстановления устройств после отказа обычно больше времени затрачивается на обнаружение отказа, чем на его устранение. Особенно это относится к полевой аппаратуре при отказе таких элементов, как реле, предохранитель, конденсатор и т. д. Поэтому применение рационального способа поиска отказа может значительно сократить общее время восстановления.

Для отыскания отказавшего элемента в действующих устройствах СЦБ обычно требуется: знать расположение аппаратуры, схему устройства, физику явлений, происходящих в этом устройстве; уметь работать с контрольно-измерительными приборами; правильно оценивать полевую ситуацию; знать и соблюдать требования правил техники безопасности.

Такой комплекс знаний достаточен для отыскания неисправности, но может оказаться недостаточным для того, чтобы время, затраченное на этот поиск, было минимальным. Для сокращения времени поиска отказов разработан ряд методов, совокупность которых составляет основу новой, быстро развивающейся научной дисциплины, получившей название технической диагностики.

Методы диагностирования дают возможность построить такую последовательность контрольных и проверочных операций, при которой среднее время поиска окажется минимальным. В то же время следует иметь в виду, что даже при пользовании самой совершенной системой поиска затраченное время в отдельных случаях при редко встречающихся отказах может оказаться больше, чем при случайных проверках, хотя вероятность такого случая невелика. Для отыскания отказавших элементов и проверки работоспособности систем в целом широко применяются два основных метода поиска: комбинационный и последовательный.

Комбинационный поиск характерен тем, что все проверки намечаются заранее и относительный порядок их применения не имеет значения. По окончании всех проверок анализируются полученные результаты и устанавливается отказавший элемент или делается вывод об исправности системы. Такой метод поиска носит также название «тестовый контроль», а последовательность проверок, достаточная для того, чтобы убедиться в исправности системы или отыскать отказавший элемент, носит название «тест».

В устройствах СЦБ комбинационный метод поиска или тестовый контроль применяется в тех случаях, когда заранее неизвестно, исправна система или нет, главным образом в процессе приемки новых устройств (предпусковые проверки по специальным программам) и при проверке блоков на специальных стендах. Во всех остальных случаях применяется последовательный поиск, который предусматривает обязательное наличие зафиксированного отказа [3].

Разновидности последовательного поиска можно классифицировать по способу проверки элементов и по способу выбора последовательности проверок. По способу проверки элементов различают следующие: внешний осмотр, способ замены и способ измерений.

Внешний осмотр является наиболее простым и доступным способом проверки, но с его помощью редко удается обнаружить скрытую неисправность. Наиболее эффективен этот способ при поиске отказа в напольных устройствах (рельсовые цепи, стрелки, сигналы, линия связи). Однако и здесь для исключения возможной ошибки результаты, полученные при внешнем осмотре, следует, как правило, проверять путем замены или с помощью измерений.

Способ замены предусматривает изъятие элемента, узла или блока, в котором предполагается отказ, и установку на его место другого такого же элемента, узла или блока, но заведомо исправного [4].

Способ измерений является наиболее эффективным при поиске отказов в электрических цепях. При этом чаще всего используется вольтметр, амперметр и омметр. Характерными ошибками, допускаемыми при производстве измерений в процессе поиска отказа, являются неправильная установка пределов измерений, переключателей рода тока, а также несоблюдение полярности, наличие скрытого обрыва в измерительном шнуре или отсутствие контакта между шнуром и клеммой прибора. Из-за таких ошибок может быть сделан поспешный вывод о результате измерения и затрачено много лишнего времени.

Анализ статистических данных об отказах устройств электрической централизации показывает, что наибольшее число неисправностей приходится на рельсовые цепи, стрелочные электроприводы, релейную аппаратуру, светофоры, элементы защиты. Непрерывный контроль за состоянием устройств электрической централизации в значительной степени может повысить ее эксплуатационную надежность и сократить время восстановления.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.
2. Гордиенко, Е. П. Особенности разработки аппаратно-программных средств и комплексов систем реального времени / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С.126-130. – EDN YJCUCM.
3. Гордиенко, Е. П. Системы SCADA и анализ их применения / Е. П. Гордиенко, С. Н. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г.Воронеж, 2019. – С. 10-14. – EDN WOYIRW.
4. Гордиенко, Е. П. Перспективы развития систем электрической централизации / Е. П. Гордиенко, О. В. Орловцева // Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019") : Труды международной Научно-практической конференции, Воронеж, 24 октября 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 17-20. – EDN YRWOPA.

УДК 656.257

### **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ**

*Сидельников С.А.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Выполнен анализ тенденций в разработке систем диспетчерской централизации.

*Ключевые слова:* безопасность, надежность, объект, техническое состояние, принцип, технология.

Системы диспетчерской централизации (ДЦ) различаются по следующим принципам:

1. По импульсному: временного кода (ДВК), полярного (сигнал ТУ ПЧДЦ), Частотного (ЧДЦ, «Нева», сигнал ТС ПЧДЦ и системы «Луч»), фазового (сигнал ТУ системы «Луч»).

2. По способу передачи сообщений: спорадические, т.е. время от времени (сигналы ТУ во всех системах, сигналы ТС – во всех системах, кроме «Нева» и «Луч»); циклические (сигналы ТС в системах «Нева» и «Луч»).

3. По использованию линии связи при передаче сигналов: симплексные, когда существует или сигнал ТУ, или ТС (ДВК, ПЧДЦ, ЧДЦ); дуплексные, когда могут одновременно передаваться сигналы ТУ и ТС («Нева», «Луч»).

4. По элементной базе: релейные (ДВК, ПЧДЦ, ТУ-ЧДЦ), бесконтактные («Нева», «Луч», ТС-ЧДЦ) [1].

Устройства ДЦ могут иметь разную элементную базу, различные схемное обеспечение и конструктивное оформление, однако все они содержат ряд характерных узлов, выполняющих вполне определенные функции и объединенных в общую систему [2]. Структура такой системы представлена на рис. 1.

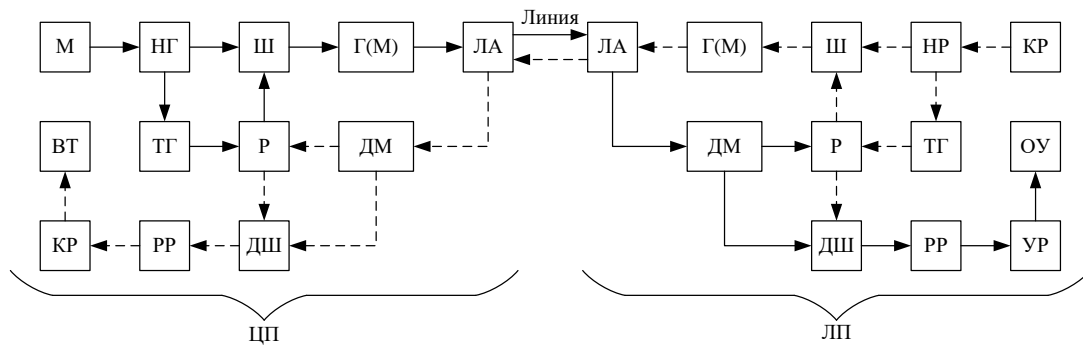


Рис. 1 – Структурная схема ДЦ

Для формирования приказов ТУ на рабочем столе ДНЦ монтируется манипулятор М, содержащий кнопки выбора станции, кнопки задания маршрута и вспомогательные (командные). Маршрутные кнопки располагаются в центре манипулятора таким образом, что соответствуют местам установки поездных светофоров наиболее развитой в путевом плане промежуточной станции диспетчерского участка. К командным относятся кнопки формирования приказов местного опрвления, сезонного управления, автоматической установки маршрутов, отмены приказов и др. Слежение за поездной обстановкой и состоянием объектов осуществляется по выносному табло ВТ (рис. 2).

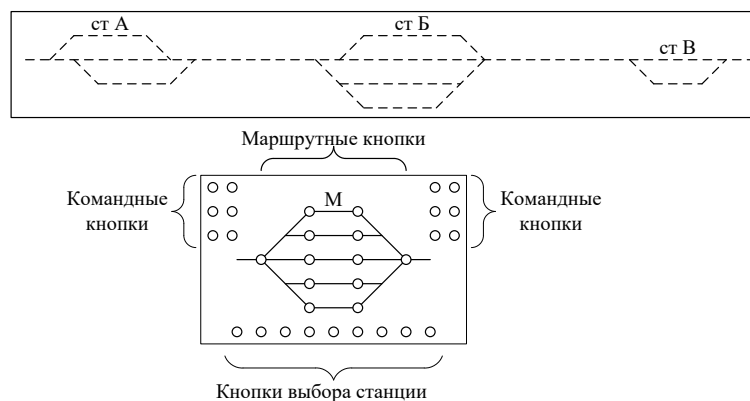


Рис. 2 – Аппараты управления и контроля ДЦ

Для передачи приказа ТУ ДНЦ на манипуляторе нажимает кнопку нужной станции, а затем маршрутные кнопки по принципу «откуда – куда». Наборная группа реле НГ запоминает нажатие кнопок, определяет станцию и направление движения и включает необходимые станционные избирательные ИС и групповые избирательные ИГ для настройки адресной оперативной части приказа. После этого осуществляется запуск тактового генератора ТГ.

Назначение ТГ заключается в выдаче меток, фиксирующих временные границы импульсов (тактов). При этом импульсы могут быть как разделёнными друг от друга интервалами, так и сливающимися в сплошной сигнал. Тактовый генератор включает в работу распределитель, который осуществляет подсчёт тактов (импульсов), поступающих на его вход, и распределяют их по выходным цепям (рис. 3).

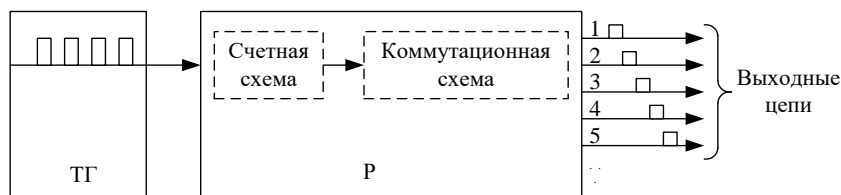


Рис 3 – Общее решение функциональной задачи тактовым генератором и распределителем

Конструктивно ТГ и Р оформляются как одно целое. В первых отечественных системах ДЦ они выполнялись на реле, в современных – на бесконтактных элементах (с использованием мультивибраторов, триггеров с общим входом, диодных матриц).

После запуска разделителя в работу вступает шифратор Ш. От распределителя он получает номер очередного импульса, а от наборной группы его смысл (1 или 0). Управляя генератором Г (модулятором М) кодовой системы, шифратор заставляет его на каждом шаге выдавать в линию определённое качество: плюсовую или минусовую полярность в полярной системе, частоту  $f_1$  или  $f_2$  в частотной и т.п. Если представить генератор системы и распределитель в виде абстрактных реле, то шифратор будет являть собой набор цепочек, реализующих логическую операцию «И» (рис. 4).

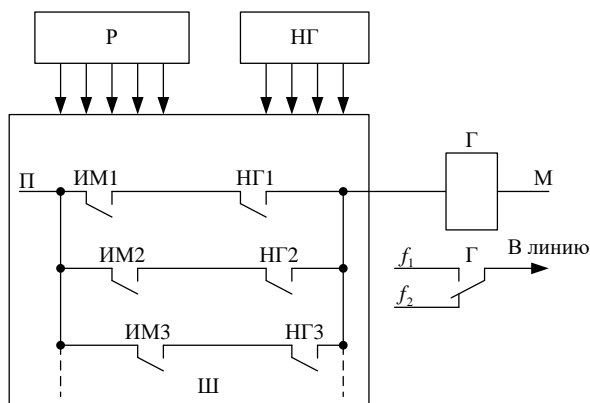


Рис. 4 – Общее решение функциональной задачи шифратором и генератором системы

Шифраторы и генераторы полярных систем выполнялись на реле, в системах с частотной и фазовой модуляцией – на бесконтактных элементах. Имеются примеры раздельного и смешанного выполнения шифраторов и генераторов.

Сформированный сигнал ТУ через устройства согласования ЛА поступает в линию. Поскольку он в дальнейшем претерпевает затухание, то на ЛП он усиливается и подается на демодулятор ДМ. Демодулятор определяет, с каким (1 или 0) поступил очередной импульс, а



также управляет линейным распределителем Р. Сведения о номере импульса (от Р) и его качестве (от ДМ) поступают в дешифратор ДШ. Последний, как и шифратор ЦП, реализует логические операции «И», только здесь он включает регистрирующие реле РР (рис. 5).

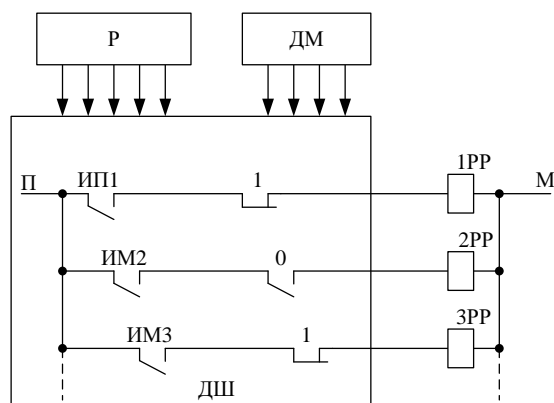


Рис. 5 – Общее решение функциональной задачи дешифратором и регистрирующими реле

Поскольку регистрирующее реле фиксирует только комбинацию импульсов в приказе, то объектовая принадлежность приказа распознается управляющими реле УР [3].

Передача и расшифровка приказа ТС происходит аналогичным образом. Сигналом к началу передачи является изменившееся состояние контрольного реле КР. В формировании адресной и оперативной частей приказа, цепей Ш и запуске ТГ здесь участвуют начинающие реле НР. После расшифровки кода на ЦП реле КР включает соответствующую индикацию на ВТ.

#### Список используемой литературы

1. Гордиенко, Е. П. Цифровые тренды развития железнодорожного транспорта / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 39-44. – EDN OBTDYK.
2. Гордиенко, Е. П. Общая организация службы технической поддержки информационных систем на основе структуры ГВЦ / Е. П. Гордиенко // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 44-49. – EDN MNLVWL.
3. Гордиенко, Е. П. Применение информационных систем в техническом обслуживании устройств ЖАТС / Е. П. Гордиенко // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 38-42. – EDN NCRBZP.

УДК 656.21+06

**СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА  
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**

*Кирилин В.А.*

*Филиал СамГУПС в г. Нижний Новгород*

Данная статья обсуждает важность развития транспортной инфраструктуры, особенно железнодорожного пути, для успешного развития строительной отрасли и обеспечения удобства перевозок грузов и пассажиров. В статье рассматриваются вопросы эксплуатации и обновления существующей инфраструктуры.

*Ключевые слова:* проектно-изыскательские работы, проектная документация, установка сигнально-блокировочных устройств, электрификация, подстанции, контактная сеть.

Строительство железнодорожного пути начинается с выбора маршрута, проведения проектно-изыскательских работ и разработки проектной документации.

Проектно-изыскательские работы на железной дороге проводятся для разработки проектов по строительству новой или реконструкции существующей инфраструктуры. Они включают в себя комплекс обследований, геодезических, геологических, экологических, технических и других исследований, необходимых для определения технических параметров проектируемого объекта. Этапы проведения проектно-изыскательских работ на железной дороге включают:

1. Предварительная оценка условий местности и выбор маршрутов.
2. Геодезические работы для определения топографических особенностей и рельефа местности.
3. Геологические и исследования грунтового покрова для определения геологической структуры, свойств грунтов и возможных опасностей при строительстве.
4. Оценка экологических условий в районе проектируемого объекта и определение возможных воздействий на окружающую среду.
5. Проведение технических исследований для определения технических характеристик проектируемого объекта и выбора оптимальных технологий строительства.

В результате проведения проектно-изыскательских работ на железной дороге получается комплексная информация о местности, условиях строительства и характеристиках проектируемого объекта, необходимая для составления проектной документации.

Разработка проектной документации на железной дороге – это процесс подготовки документов, определяющих условия и требования к созданию, реконструкции, модернизации, ремонту и эксплуатации железнодорожных объектов и сооружений [1]. Проектная документация на железной дороге включает в себя следующие этапы:

1. Эскизный проект (ЭП) – первичный этап, на котором осуществляется разработка технического задания (ТЗ), обоснование проекта и его экономической эффективности.
2. Технический проект (ТП) – на этом этапе происходит разработка документации, определяющей технические решения, применяемые при строительстве, реконструкции и модернизации железнодорожных объектов.
3. Рабочая документация (РД) – на этом этапе производится разработка документов, необходимых для проведения строительных работ, это в первую очередь чертежи и спецификации.

4. Паспортные данные и техническое описание готового объекта – это документы, определяющие параметры и характеристики оборудования, материалов, технологий, используемых при создании железнодорожных объектов.

5. Авторский надзор (АН) – это комплекс мероприятий, обеспечивающих контроль и надзор за строительством железнодорожных объектов для соблюдения принятых проектом требований и норм.

6. Экспертиза проектов – это процедура проверки разработанных проектов на соответствие нормативным требованиям и техническим стандартам, а также экономической целесообразности.

Все вышеописанные этапы проектной документации на железной дороге предусматривают обязательные требования к оформлению документов, использованию современных технологий и материалов при строительстве объектов, а также требования к обслуживанию и эксплуатации железнодорожной инфраструктуры [2].

Затем проводят земляные работы, включающие прокладку полотна, укладку шпал и рельсов, устройство пути и дренажных систем. Также строятся мосты, туннели, путепроводы и др.

Важным этапом является установка сигнально-блокировочных устройств и электрификация дороги.

Установка сигнально-блокировочных устройств (СБУ) на железной дороге происходит для обеспечения безопасности движения поездов и предотвращения аварийных ситуаций. СБУ включают в себя световые и звуковые сигналы, электрические и механические устройства, которые сообщают машинисту поезда о состоянии пути и сигнализируют о приближении к опасной зоне.

Установка СБУ происходит на участках железнодорожной линии, где происходит смена перегонов, перекрёстков, железнодорожных станций. Также СБУ устанавливаются на мостах, тоннелях, на участках с ограниченной видимостью.

Установка СБУ начинается с проектирования и разработки схем СБУ для конкретного участка железной дороги. Затем происходит монтаж СБУ, который включает в себя установку светофоров, приводов и рельсовой цепи. После монтажа происходит испытание СБУ на соответствие нормам и требованиям безопасности.

Установка СБУ на железной дороге – процесс важный и ответственный, который требует профессиональных знаний и навыков. Установка СБУ может проводиться только специализированными организациями с соответствующими лицензиями и сертификатами.

Электрификация железной дороги обычно проводится для улучшения эффективности и уменьшения загрязнения окружающей среды, поскольку электрическая энергия обычно более чистая, чем традиционная генерация энергии.

Шаги электрификации железной дороги

Шаг 1: Первым шагом в электрификации железной дороги является определение необходимости. Это может означать оценку того, что требуется для стимулирования экономического развития, улучшения безопасности и снижения загрязнения окружающей среды. Важно также рассмотреть, насколько высоки затраты на инфраструктуру, электрооборудование и поддерживающую инфраструктуру.

Шаг 2: Второй шаг включает разработку новой инфраструктуры, создание моделей железнодорожных линий с использованием компьютерной симуляции или анализа старой инфраструктуры для определения соответствующих мер безопасности.

Шаг 3: Третий шаг включает установку инфраструктуры для электрификации железной дороги, такую как контактные провода, подстанции и трансформаторы. Электрификация железной дороги может быть выполнена с использованием различных систем, таких как верхний или нижний провод, которые обеспечивают энергию для поездов.

Шаг 4: Четвертым шагом является установка поездов, которые будут использоваться с установленной инфраструктурой, и обновление соответствующего оборудования текущих

возможных вагонов для работы с электроэнергией. Компании могут выделять средства на новое оборудование или обновление существующего оборудования.

Шаг 5: Пятый шаг – это поддержка и техническое обслуживание системы. Это может включать в себя обновление устаревшего оборудования, ежегодное техническое обслуживание и замены компонентов, когда это необходимо.

Подстанции на железной дороге - это объекты, предназначенные для преобразования и распределения электроэнергии. При строительстве подстанций учитываются технология и объем предстоящей переработки энергоносителей, наличие внешних и внутренних ресурсов. Подстанции строятся с учётом технических требований, определённых стандартами Российской Федерации. Процесс строительства подстанций на железной дороге включает:

1. Разработку проекта. Это включает выбор места под строительство, разработку технических условий, разработку проектно-сметной документации.

2. Подготовительные работы. Это позволяет подготовить территорию для начала строительных работ. В плане проекта эти работы включают строительство дорог, водоснабжения, канализации, электроснабжения и т.д.

3. Строительство технической базы. Это означает, что на строящейся подстанции нужно создать все необходимые объекты и устройства для последующей работы: трансформаторы, коммутационные аппараты, провода, крытый гараж.

4. Электромонтажные и пусконаладочные работы. В финальной стадии строительства происходят все монтажные работы, которые подчинены специальным требованиям и нормам.

После строительства подстанции на железной дороге начинается ее эксплуатация. В ходе эксплуатации существует необходимость в регулярном обслуживании и ремонте подстанций. Обслуживание подстанций на железной дороге включает:

- 1) ремонт и замена изношенных частей устройств;
- 2) регулярный контроль состояния и работы устройств;
- 3) обеспечение безопасности;
- 4) соблюдение энергоэффективности [3].

Эксплуатация подстанции включает в себя важный процесс сдачи техники снова в эксплуатацию после произведения ремонта или техобслуживания. Это позволяет более эффективно использовать энергетические ресурсы и улучшить экономику объекта. Автоматизация и компьютеризация процессов эксплуатации подстанций позволяет уменьшать расходы на их обслуживание. Системы контроля и управления подстанцией позволяют контролировать технические параметры устройств и вести их мониторинг. Кроме того, автоматизация процессов эксплуатации даёт возможность оптимизировать расходы на электроэнергию, т.к. регуляция нагрузки на устройства позволяет уменьшить объем ненужного потребления электроэнергии.

Контактная сеть на железной дороге монтируется в несколько этапов:

1. Проектирование. Сначала необходимо разработать проект контактной сети, определив требуемую мощность и параметры электроснабжения. В проекте учитываются географические и климатические условия, скорость движения поездов и тип используемого транспорта.

2. Подготовка площадки. Для установки контактной сети необходимо изготовить фундаменты для установки опор. Это может быть бетонный столб или металлическая опора, которая фиксируется в земле.

3. Установка опор. На готовые фундаменты устанавливаются опоры контактной сети. Они должны иметь достаточную прочность и устойчивость, чтобы выдерживать вес силовых кабелей и панелей контактной сети.

4. Укладка кабелей. Силовые кабели протягиваются между опорами контактной сети и соединяются в узлах. Кабели должны быть достаточно прочными и гибкими, чтобы выдерживать нагрузки и не ломаться при напряжении.

5. Установка панелей контактной сети. На опоры устанавливаются панели контактной сети, на которые крепятся колбы контактных проводников. Панели контактной сети должны иметь высокую степень защиты от атмосферных воздействий и активную защиту от коррозии.

6. Установка оборудования. В конце устанавливается контактный провод, который соединяется с колбами на панелях контактной сети. Контактный провод должен иметь высокую прочность и не деформироваться под нагрузками.

7. Тестирование и наладка. После установки контактной сети проводится тестирование и наладка оборудования. Проверяется правильность работы всей системы и отрезков контактной сети, а также качество подачи электроэнергии.

Весь процесс установки контактной сети должен проводиться специализированными компаниями, имеющими опыт в данной сфере и высокую квалификацию сотрудников.

Преимущества электрификации железной дороги:

1. Уменьшение загрязнения окружающей среды – электрические поезда обычно обладают более низким уровнем выбросов, чем традиционные поезда с использованием угля и других нефтепродуктов.

2. Улучшение эффективности – поезда, работающие на электроэнергии, обычно имеют более высокую скорость, уменьшая время, необходимое для проезда по некоторым участкам.

3. Сокращение издержек – в долгосрочной перспективе установка системы электрификации может снизить затраты на топливо, что сокращает затраты на эксплуатацию.

Недостатки электрификации железной дороги:

1. Высокие затраты на начальное оборудование – установка инфраструктуры, необходимой для электрификации железной дороги, может быть очень затратной.

2. Необходимость обучения персонала – руководители поездов и обслуживающий персонал должны быть знакомы с технологиями и правилами безопасности, относящимися к работе на электрифицированных железнодорожных линиях.

3. Зависимость от питания – поезда, работающие на электроэнергии, нуждаются в системах электропитания, что делает их более уязвимыми для возможных сбоев в энергоснабжении.

Несмотря на затраты этого процесса, в долгосрочной перспективе, преимущества настолько существенны, что электрификация – это необходимость для развития современной транспортной системы, которая должна обеспечивать наибольшую безопасность и комфорт пассажиров.

Подводя итоги, можно выделить несколько способов развития железнодорожных перевозок, а именно внедрение новейших технологий и информационных систем таких, как система автоматического управления поездами (АУП), GPS-навигация, цифровая табличная информация на вокзалах, онлайн-бронирование билетов и т.д. Они помогут более точно планировать и координировать спрос, управление процессами перемещения, снизить простои и увеличить скорость и безопасность движения, развитие грузовых перевозок: создание специализированных терминалов, складов, транспортно-логистических центров на близлежащих территориях крупных промышленных комплексов. Это повлияет на снижение транспортных затрат, более быстрое и надёжное перемещение грузов, а также способствовать расширению бизнеса. Увеличение инвестиций: получение дополнительного государственного и частного финансирования, направленного на создание современной и ориентированной на будущее железнодорожной инфраструктуры, развитие логистических и технических возможностей, улучшение качества обслуживания и повышение мотивации персонала. Сотрудничество с другими компаниями: совместное использование инфраструктуры, увеличение объёмов перевозок, взаимная скидка на услуги и инновации, полученные от других предприятий. Это поможет увеличить прибыль, снизить расходы на транспортировку и совершенствовать сервис для покупателей.

#### Список используемой литературы

1. Козлов, В.Ю., Рыжик, Е.А. Основы проектирования железных дорог. Часть 1: учебное пособие. – Москва: МГУПС (МИИТ), 2016. – 112 с.
2. Приказ Министерства транспорта РФ от 23 июня 2022 г. № 250 «Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации».
3. Леоненко, Е.Г. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения: учебное пособие. – Москва, 2017.

УДК 656.21+06

### ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Сомов Я.М.*

*Филиал СамГУПС в г. Нижний Новгород*

В статье рассматриваются вопросы по эксплуатации систем энергоснабжения, необходимых для работы поездов, также обеспечение энергоэффективности и экологической безопасности при использовании различных источников энергии.

*Ключевые слова:* электрификация железной дороги, внедрение технологий, железнодорожная отрасль, энергоэффективность и экологическая безопасность.

Развитие транспортной энергетики на железной дороге можно условно разделить на несколько этапов. Первые эксперименты с использованием паровой машины для движения поездов начались в начале XIX века. В этот период транспортная энергетика на железной дороге еще только зарождалась, и в основном использовались лошади и люди для тяги вагонов.

В середине XIX века паровые машины стали использоваться на железных дорогах все шире, что привело к значительному увеличению скорости и грузоподъемности поездов. Паровая машина позволила существенно увеличить производительность транспорта и сделала железные дороги наиболее эффективным способом перевозки грузов на дальние расстояния.

В начале XX века паровые машины начали заменяться электро- и дизель-поездами. Это позволило существенно улучшить экологическую ситуацию в городах и на железных станциях, а также повысить эффективность и надежность железнодорожного транспорта.

В середине XX века произошел значительный рост железнодорожных перевозок, что привело к увеличению мощности и масштабов железнодорожной транспортной системы. В этот период были созданы крупные транспортные узлы и многие грузы стали перевозиться контейнерами.

В настоящее время основными тенденциями в развитии транспортной энергетики на железной дороге являются повышение эффективности и надежности железнодорожного транспорта, а также улучшение экологической ситуации в городах и на железных станциях. Для этого используются новые технологии и материалы, такие как бесконтактная электротяга, высокоскоростные поезда, более эффективные системы управления и контроля транспорта, а также технологии снижения выбросов [1].

Транспортная энергетика играет важную роль в железнодорожной отрасли, так как для производства, передачи и потребления электроэнергии для обеспечения работы и передвижения поездов требуется большое количество энергии. В железнодорожной отрасли используется несколько типов энергии, включая электрическую, дизельную и паровую энергию.

Электрическая энергия широко используется в электрифицированных железнодорожных сетях. Она поступает на поезда через контактную сеть, которая размещена над путями. Электрификация железнодорожных сетей имеет ряд преимуществ, таких как

более высокая скорость поездов, более низкий уровень выбросов и более низкие затраты на эксплуатацию в долгосрочной перспективе.

Электрификация железной дороги в России на сегодняшний день можно охарактеризовать как довольно развитую. Электрификация железных дорог в России началась в начале XX века, и на сегодняшний день электрифицировано более 43 тысяч километров железнодорожных путей, что составляет более 50% от общей длины железных дорог в России.

Дизельная энергия используется в тех случаях, когда электрификация железнодорожной сети не является экономически или технически целесообразной. Это часто бывает в отдаленных или малонаселенных районах, где нет доступа к электрической сети. Дизельные поезда могут быть более громоздкими и менее экономичными, чем электрические поезда, но они могут работать на больших расстояниях и в различных условиях.

Паровая энергия, хотя и является устаревшей технологией, все еще используется в некоторых частях мира для поездов туристического назначения. Это технология, которая была широко использована в прошлом, но постепенно уступила место электрификации и дизельным двигателям.

Эксплуатация систем электроснабжения на железной дороге включает в себя комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойной работы электрооборудования и организации энергетического баланса на железнодорожной транспортной сети.

Основными задачами эксплуатации систем электроснабжения на железную дорогу являются:

- обеспечение надежности и безопасности электрических сетей;
- обеспечение стабильности напряжения и частоты на координированных интерконнектах с другими системами электроснабжения;
- рациональное использование ресурсов и энергосбережение;
- обеспечение приемлемого качества электроэнергии для всех потребителей.

Для обеспечения надежности и безопасности системы электроснабжения на железной дороге проводятся регулярные технические осмотры и ремонтные работы, при которых проверяется исправность и работоспособность электрооборудования, а также выполняется замена изношенных и поврежденных деталей.

Организация энергетического баланса включает в себя координацию работы генерирующих и потребляющих установок, распределение энергии между различными станциями и сборами, а также оптимизацию процессов потребления и производства энергии. Рациональное использование ресурсов и энергосбережение достигаются за счет использования высокоэффективных технологий и оборудования, а также оптимизации процессов передачи и распределения электроэнергии. Обеспечение приемлемого качества электроэнергии для всех потребителей достигается благодаря проведению мероприятий по фильтрации и стабилизации напряжения, а также разработке и внедрению стандартов и нормативов, регулирующих качество электрической энергии на железнодорожной транспортной сети.

В целом, транспортная энергетика в железнодорожной отрасли направлена на обеспечение эффективного, безопасного и экологически чистого движения поездов, с учетом потребностей пассажиров и грузовой перевозки.

В настоящее время в России активно внедряются современные технологии и инновации в области электрификации железных дорог, направленные на увеличение энергоэффективности и снижение экологической нагрузки [2].

Одним из наиболее перспективных направлений является использование высоковольтных технологий и современных систем управления, позволяющих сократить потери энергии в процессе передачи и обеспечить более эффективное использование электроэнергии на железнодорожном транспорте. Также активно развиваются технологии регенеративного торможения, позволяющие восстанавливать часть энергии, выделяемой при торможении поездов, и использовать ее для питания других систем [3].

Одним из ключевых инновационных решений является внедрение цифровых технологий и систем управления транспортными потоками, позволяющих более эффективно распределять нагрузку на различные участки железных дорог, ускорять процесс обработки и передачи информации, а также повышать точность и надежность управления транспортными потоками.

Также стоит отметить разработку современных систем автоматизации и дистанционного управления, позволяющих значительно повысить эффективность работы железнодорожной инфраструктуры и обеспечить более быстрое и точное реагирование на возникающие проблемы.

Энергоэффективность и экологическая безопасность железнодорожного транспорта в России — это одни из ключевых задач, стоящих перед отраслью. В настоящее время в России активно внедряются новые технологии, направленные на повышение энергоэффективности и снижение экологической нагрузки [4].

Важным фактором является оптимизация транспортных потоков и увеличение скорости движения поездов. Для этого используются системы автоматического управления поездами, цифровые системы управления транспортными потоками и другие.

Использование современных материалов: использование новых материалов, которые обладают высокой энергоэффективностью и прочностью, таких как композитные материалы, позволит создавать более легкие и эффективные конструкции для железнодорожного транспорта, что в свою очередь снизит энергопотребление.

Использование умных сетей позволит железнодорожным предприятиям более эффективно управлять энергопотреблением и снизить затраты на энергоснабжение.

Кроме того, важным моментом является обучение и повышение квалификации персонала.

Железнодорожная отрасль играет важную роль в доставке грузов и пассажиров на разные дистанции, в то же время, железнодорожный транспорт является наиболее экологически чистым видом транспорта.

Также важно проводить модернизацию и реконструкцию железнодорожных линий, чтобы повысить скорость и грузоподъемность поездов и сократить время в пути, что позволит снизить расходы на топливо и выбросы парниковых газов.

Кроме того, необходимо совершенствовать системы управления энергопотреблением и сокращать потери энергии в процессе передачи и использования.

В России есть ряд планов и программ, направленных на развитие транспортной энергетики на железной дороге:

1. Модернизация парка электровозов и электропоездов: на замену устаревшего парка предусмотрено внедрение новых технологий и современных моделей, повышающих энергоэффективность и экологическую безопасность.

2. Внедрение новых технологий управления транспортом: планируется внедрение систем управления движением поездов, что снизит затраты на энергопотребление и улучшит пунктуальность.

3. Развитие магистральных грузовых контейнерных перевозок: планируется создание новых терминалов и увеличение скорости доставки грузов, включая использование новых высокоскоростных поездов.

4. Переход на бесконтактную электротягу: планируется внедрение бесконтактной электротяги на участках с высокой грузооборотной способностью, что позволит повысить производительность и снизить затраты на эксплуатацию.

5. Развитие магистральных пассажирских перевозок: планируется создание новых высокоскоростных магистралей, что позволит сократить время в пути и увеличить комфорт пассажиров.

6. Внедрение новых технологий для снижения выбросов: планируется внедрение технологий, направленных на снижение выбросов вредных веществ, что позволит снизить влияние железнодорожного транспорта на окружающую среду.



7. Развитие экспортно-импортных перевозок: планируется создание новых маршрутов и увеличение объемов грузовых перевозок, что позволит укрепить позиции России на мировом рынке.

Эти и другие планы направлены на повышение эффективности и надежности железнодорожного транспорта, снижение затрат и улучшение экологической ситуации в стране.

В заключении можно сказать, что транспортная энергетика на железной дороге является важным и актуальным вопросом для транспортной инфраструктуры и экономики в целом. Железнодорожный транспорт является одним из наиболее экономически эффективных способов доставки грузов на большие расстояния. Однако для обеспечения надежной и безопасной работы железных дорог необходимо обеспечить их энергетическую эффективность.

Актуальность данной темы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, энергетические затраты на транспортировку грузов по железной дороге составляют значительную часть операционных расходов транспортной компании. Поэтому, оптимизация использования энергии на железнодорожном транспорте может значительно сократить затраты и повысить конкурентоспособность данного вида транспорта.

Во-вторых, железные дороги являются значительными источниками выбросов парниковых газов, таких как углекислый газ, оксиды азота и другие загрязняющие вещества. Поэтому, снижение энергопотребления и повышение энергетической эффективности железнодорожного транспорта поможет сократить вредные выбросы в атмосферу и способствовать экологически устойчивому развитию транспортной инфраструктуры.

В-третьих, повышение энергетической эффективности на железнодорожном транспорте также поможет обеспечить надежность и безопасность перевозок грузов, улучшить качество обслуживания и снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на железнодорожных путях.

#### Список используемой литературы

1. Транспортная энергетика и энергоэффективность / Под ред. Н.В. Грехня и Л.С. Сигалкина. – Москва: Энергоатомиздат, 2009. – 304 с.
2. Экологические аспекты транспортной энергетики / Под ред. В.В. Гаврилова. – Москва: Наука, 2012. – 274 с.
3. Альтернативные источники энергии в транспортной энергетике / Под ред. А.В. Глушенкова и Ю.А. Кушнина. – Москва: Изд-во МЭИ, 2012. – 312 с.
4. Энергосбережение и энергоэффективность в транспортной отрасли / Под ред. Р.А. Ибрагимова. – Москва: Изд-во МЭИ, 2010. – 284 с.

УДК 656.21+06

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ТЕКУЩЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КТСМ-02 НА СТ. РОССОШЬ**

*Аввакумов А.Г.*

*Научный руководитель: к.э.н., доцент Тимофеев А.И.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье приведены сведения о станции Россошь ЮВЖД, описан состав многофункционального комплекса технических средств, определены капитальные и текущие затраты на его эксплуатацию

*Ключевые слова:* станция, КТСМ-02, техническое обслуживание, затраты.

Россошь — узловая железнодорожная станция, расположена в городе Россошь Воронежской области. Находится на линии Юго-Восточной железной дороги Лиски —

Миллерово. От Россоши отходят двухпутные электрифицированные перегоны на станции Подгорное, Райновская и однопутная неэлектрифицированная тупиковая ветвь на Ольховатку.

Комплекс технических средств многофункциональный (КТСМ-02) представляет собой систему программно-аппаратных средств автоматического контроля технического состояния подвижного состава, в состав которой входят:

1. Перегонное оборудование, которое устанавливается на подходах к станции и состоит из:

- постового оборудования, установленного в помещении поста контроля;
- напольного оборудования, которое крепится к элементам пути или устанавливается в непосредственной близости от железнодорожного полотна;
- кабельного хозяйства, предназначенного для осуществления взаимодействия между напольными устройствами и постовым оборудованием.

Перегонное оборудование осуществляет контроль различных элементов подвижного состава, производит цифровую обработку полученной информации о проконтролированном поезде и посредством каналов связи передает ее на станцию или ПТО (ПОТ, ППВ), а также в АСК-ПС.

Постовое оборудование размещается на перегоне в специальном отапливаемом помещении, сооруженном вблизи участка установки напольных устройств. Оно осуществляет предварительную обработку сигналов, полученных от напольных устройств, формирование и передачу информации на станцию.

Напольное оборудование устанавливается на участке контроля и размещается на подготовленном участке пути, протяженностью 8,5 м.

Напольное оборудование предназначено:

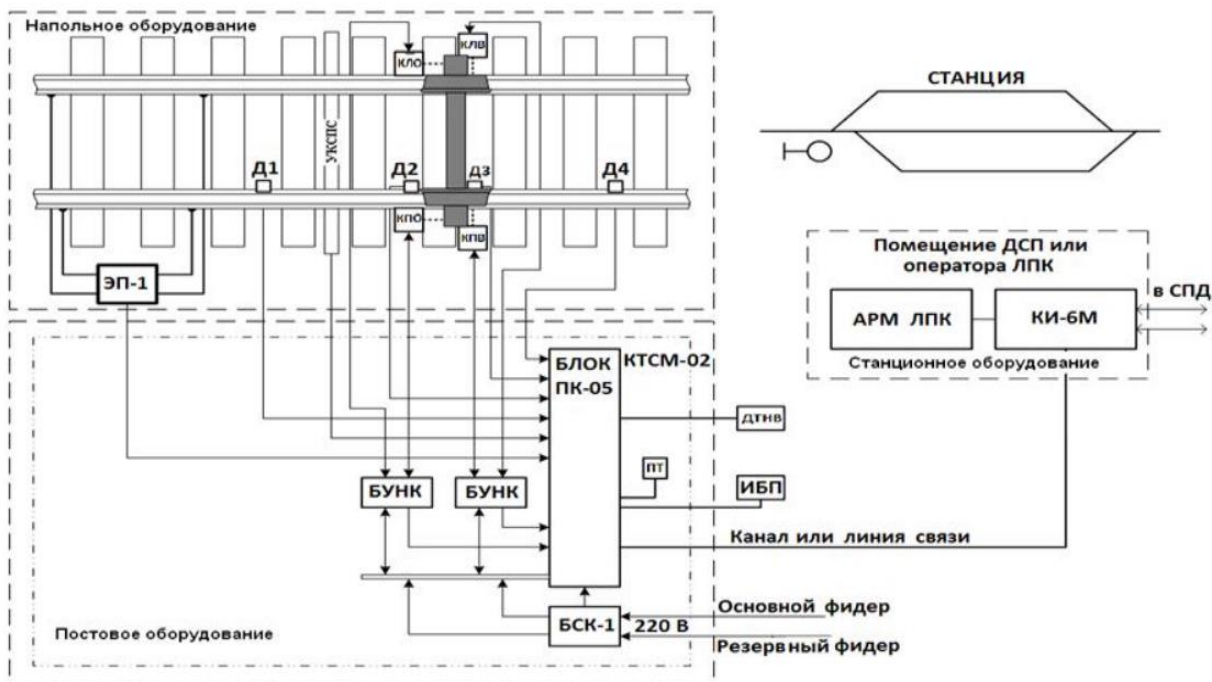
- для определения моментов захода поезда на участок контроля и удаления поезда с участка контроля (занятость участка);
- определения параметров подвижного состава в соответствии с назначением диагностического оборудования (уровень нагрева, наличие заторможенных колес, волочащихся деталей и др.);
- определение конкретного места неисправности (номер оси, сторона, номер вагона и др.);
- определение общих данных о составе (время захода и схода поезда с участка контроля, номер поезда, тип состава, количество вагонов, локомотивов, неисправных вагонов и др.).

В состав напольного оборудования входят: рельсовая цепь наложения, напольные камеры, датчики прохода колёсных пар. В напольное оборудование также включаются датчики устройства контроля схода подвижного состава (УКСПС), а при их отсутствии - системы контроля нижнего габарита (СКВП), которые могут использоваться, как самостоятельные устройства.

2. Станционное оборудование, устанавливаемое в станционных служебных помещениях дежурных по станции (ДСП) или пунктов технического обслуживания вагонов (ПТО, ПОТ, ППВ, ПБ), которое включает в себя:

- персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) с программным обеспечением линейного поста контроля (АРМ ЛПК);
- принтер, для регистрации информации на бумаге;
- системы голосового оповещения ПРОС-1 (ПРОС-1М) и РИ-1;
- концентратор информации (КИ-6М), предназначенный для обеспечения информационного обмена с перегонным оборудованием, который, при организации распределенной сети передачи данных линейных предприятий (СПД-ЛП), также обеспечивает связь между перегонным оборудованием и автоматизированной системой контроля подвижного состава (АСК-ПС).

Структурная схема КТСМ-02 выглядит следующим образом:



Напольное оборудование:

- ЭП-1 — рельсовая цепь наложения (электронная педаль);
- Д1-Д4 — датчики прохода колес;
- УКСПС — устройство контроля схода подвижного состава;
- КПО — основная напольная камера, правая;
- КЛО — основная напольная камера, левая;
- КПВ — вспомогательная напольная камера, правая;
- КЛВ — вспомогательная напольная камера, левая.

Постовое оборудование:

- БУНК — блок управления напольными камерами;
- Блок ПК-05 — периферийный контроллер;
- БСК-1 — блок силовой коммутационный;
- ПТ — пульт технологический;
- ДТНВ — датчик температуры наружного воздуха;
- ИБП — источник бесперебойного питания.

На ст. Россошь установлены один комплект станционного оборудования и два комплекта перегонного оборудования на направлениях на ст. Подгорная и Райновская.

Техническое обслуживание комплекса КТСМ-02 производится электромеханиками специализированных цехов дистанций сигнализации и связи. Для организации ТО старшим электромехаником цеха с учетом местных условий разрабатывается ежемесячный и годовой графики технологического процесса, которые утверждаются начальником дистанции.

Все виды работ, связанные с пуско-наладкой, регулировкой и отключением аппаратуры, установкой, заменой и регулировкой напольного оборудования, проводятся в технологические перерывы – «окна», или в промежутках между движением поездов при условии обеспечения безопасности движения, и обязательном соблюдении действующих правил и инструкций, обеспечивающих личную безопасность обслуживающего персонала.

Работы по установке, осмотру, очистке, смазыванию и покраске напольного оборудования, проверке основных узлов в контрольных режимах, проверке информации, регистрируемой АРМами ЛПК или ЦПК, а также по установке пороговых значений тревожной сигнализации производятся линейными электромеханиками дистанции (ШН).

Отдельные виды работ по восстановлению работоспособности и комплексной проверке аппаратуры выполняются с участием старшего электромеханика (ШНС).

Работы по графику техобслуживания производятся в соответствии с требованиями инструкции ЦВ-ЦШ-453, при согласовании с дежурным по станции (ДСП) или оператором ПТО, а при отсутствии обслуживающего персонала на станции (диспетчерская

централизация или работа станции на автодействии) – с поездным диспетчером (ДНЦ) или инженером-технологом центрального поста контроля.

Результаты обслуживания КТСМ-02 по графику технологического процесса фиксируются в рабочих журналах электромеханика формы ШУ-2, которые оформляются отдельно для перегонного и станционного оборудования, а также для оборудования центрального поста контроля.

При выполнении всех видов работ по обслуживанию аппаратуры КТСМ-02 персонал использует набор инструмента и вспомогательные устройства, входящие в комплект поставки аппаратуры. Перечень контрольно-измерительных приборов, которыми оснащен РТУ:

- осциллограф типа С1-83;
- генератор сигналов типа ГЗ-120;
- измеритель индуктивности, емкости и сопротивления типа Е7-15;
- мегомметр типа ЕС0202/1;
- комбинированный прибор типа Ц4317М;
- электронный контактный термометр типа ТК5-07;
- калибратор температуры портативный КТП-1.

На станции для текущего ремонта обеспечен подменный фонд модулей в составе (табл 1.):

Таблица 1. Состав подменного фонда

Наименование	количество
Модуль ВИП КТСМ 02	1
Модуль МЦМК КТСМ 02	1
Модуль МГР-М КТСМ 02	1
Модуль МФДО КТСМ 02	1
Модуль МФРЦ КТСМ 02	1
Модуль МУС КТСМ 02БТ	1
Модуль МИП КТСМ 02БТ	1
Модуль МКК КТСМ 02БТ	1
Датчик ЭП-1	1
Датчик ДМ-95	2
Датчик К1	2

В РТУ дистанции установлена перегонная стойка с полным набором используемых подсистем (без напольного оборудования, но с комплектом соединительных кабелей) и ПЭВМ с программным обеспечением «Стенд». А также, для проверки и настройки ориентации оптической оси приемников инфракрасного излучения установлен «Стенд ориентирный» ИН7.800.600. Там же, в РТУ, хранится дополнительный резерв блоков ПК-05, БСК и БУНК по 1 шт.

Хронометражное исследование трудоёмкости технического обслуживания

Для обоснования трудоёмкости технического обслуживания было проведено хронометражное наблюдение выполнения проверки работы датчиков прохода осей, выполняемой в соответствии с технологией обслуживания - технологическая карта 2.3 [1].

Проверка работы и регулировка порога срабатывания датчиков прохода осей выполняется один раз в квартал, двумя электромеханиками. Применяется прибор комбинированный и набор электромеханика. Результат хронологических наблюдений приведен в таблице 2.

Таблица 2. Хронометраж технического обслуживания датчиков прохода осей

Операция	Продолжительность, минут, секунд
Подготовка прибора к работе, включение сигнализации о приближении поезда	8:20
Проверка геометрии установки датчиков	3:55
Проверка реакции датчиков	8:15
Регулировка датчиков	2:05
Анализ работы датчика по проконтролированным поездам	1:25
ИТОГО	24:00

При разработке (составлении) графика технологического процесса обычно совмещают работы по подсистемам, с различной периодичностью их выполнения, а также однотипные работы по обслуживанию различных подсистем.

Трудоёмкость технического обслуживания комплекса КТСМ-02 приведена в табл. 3.

Таблица 3. Трудоёмкость технического обслуживания

Вид работ	Периодичность	Количество единиц, шт	Трудоёмкость ТО одной единицы, нормо-час	Трудоёмкость общая в год, нормо-час
<i>Станционное оборудование</i>				
Внешний осмотр и диагностика станционного оборудования КТСМ	2 раза в неделю	1	0,25	26
Профилактика станционного оборудования	2 раза в год	1	0,30	0,6
Проверка силового оборудования (станционное)	2 раза в год	1	0,5	1
<i>Постовое оборудование</i>				
Проверка показаний и анализ работы	2 раза в неделю	2	0,20	20,8
Внешний осмотр и очистка напольного оборудования	1 раз в неделю	2	0,5	26
Проверка работы датчиков прохода осей	1 раз в квартал	2	0,8	3,2
Проверка соединительных коробок и рельсовой цепи наложения	1 раз в месяц	2	0,4	4,8
Внешний осмотр перегонного оборудования	1 раз в квартал	2	0,25	1
Проверка работы БСК	1 раз в квартал	2	0,3	1,2
Проверка работы ПК-05	1 раз в квартал	2	0,75	3
Проверка силового оборудования (напольное)	2 раза в год	2	0,55	1,1
Проверка контура заземления	2 раза в год	2	0,50	1
Измерение изоляции кабелей напольного оборудования	2 раза в год	2	0,50	1
Проверка состояния железнодорожного полотна	1 раз в квартал	2	1,00	4
Окраска напольного оборудования	1 раз в год	2	0,60	0,6

Измерение параметров линии связи	1 раз в год	2	1,50	1,5
Измерение уровня передачи сигнала	2 раза в год	2	1,50	3
Проверка трассы кабельной линии связи	1 раз в год	2	1,00	1
<i>Напольные камеры</i>	<i>1 раза в неделю</i>			
Проверка показаний и анализ работы подсистемы БТ	2 раза в неделю	2	0,25	26
Внешний осмотр и очистка напольного оборудования	1 раз в неделю	2	0,40	20,8
Проверка ориентации напольных камер	1 раз в месяц	2	0,60	7,2
Калибровка приемно-усилительного тракта	1 раз в неделю	2	0,12	6,24
Проверка работы КНМ-05	1 раз в месяц	2	0,25	3
Профилактика напольной камеры	2 раза в год	2	1,20	2,4
Измерение изоляции кабелей напольных камер	2 раза в год	2	1,00	2
Окраска напольного оборудования	1 раз в год	2	0,60	0,6
<i>ИТОГО</i>				169,04

Общая трудоёмкость технического обслуживания КТСМ 02 составит 169,04 нормо-часа.

#### Список используемой литературы

1. Комплекс технических средств многофункциональный КТСМ-02 Технология обслуживания. – Москва: НПП ИНФОТЭКС, 2006 – 72с.

УДК 656.21+06

### **ОБОРУДОВАНИЕ УЧАСТКА ВОСКРЕСЕНСК - ЕГОРЬЕВСК УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ ЭССО**

*Блищенко А.М.*

*Научный руководитель: к.э.н., доцент Тимофеев А.И.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье рассмотрены функциональные возможности и состав системы счета осей (ЭССО), определены капитальные затраты на установку ЭССО на участке.

*Ключевые слова:* система счета осей, капитальные затраты.

Система ЭССО предназначена для контроля свободности участков пути любой сложности и конфигурации как на станциях (в том числе с маневровыми работами), так и на перегонах. Система ЭССО работает при любом, вплоть до нулевого, сопротивлении балласта, в том числе на участках с металлическими шпалами и стяжками, на цельнометаллических мостах.

ЭССО контролирует свободность участков приближения к переездам блок-участков при автоматической блокировке, стрелочных секций и приемоотправочных путей на станциях, стрелочных и бесстрелочных участков в системах горочных автоматических централизаций, осуществляет контроль прибытия поезда в полном составе при полуавтоматической блокировке. Также имеются модификации ЭССО для отметки

прохождения осей в системах обнаружения перегрева букс, системах контроля передвижения и распознавания типа подвижного состава, позиционирования осей вагонов на весоизмерительных пунктах, для измерения и контроля скорости подвижного состава.

ЭССО применяется как на участках с автономной тягой, так и на участках с электротягой любого рода тока. Аппаратура ЭССО проста в установке, отличается малыми габаритами и не нуждается в сезонных регулировках. Система не требовательна к качеству линий связи и адаптирована к работе в условиях неустойчивого энергоснабжения. Нет необходимости в использовании специальных типов кабеля. ЭССО обеспечивает увязку со всеми отечественными системами СЦБ, оснащена встроенной подсистемой диагностики и удаленного мониторинга.

ЭССО состоит из комплекта напольных и постовых устройств. Напольные устройства включают:

- напольный электронный модуль;
- рельсовый датчик;
- устройство защиты от грозовых и импульсных перенапряжений;
- комплект крепления датчика.

Напольный электронный модуль и рельсовый датчик (рис. 1-2) образуют счетный пункт, который определяет направление движения и осуществляет подсчет числа проследовавших осей и передачу информации на постовые устройства.

Постовые устройства (рис 3) анализируют информацию о числе прошедших осей и принимают решение о свободности или занятости участков пути, управляют включением (выключением) путевых реле и являются источником первичной информации для микропроцессорных систем сбора данных. Они состоят из:

- блок-приемников, состоящих из кассеты блока приемников, плат постовых устройств, платы источника питания с системой сбора данных;
- устройство сопряжения интерфейсов;
- пульт сброса ложной занятости;
- устройство бесперебойного питания;
- устройство защиты от грозовых и импульсных перенапряжений.



Рис. 1 – Путевой ящик с напольным электронным модулем и устройством грозозащиты



Рис. 2 – Рельсовый датчик



Рис. 3 – Блок приёмников

Основные технические характеристики системы ЭССО:

- потребляемая одним счетным пунктом мощность не более 15 ВА;
- скорость прохождения оси над рельсовым датчиком 0...360 км/ч.;
- гарантированная дальность передачи информации между напольной аппаратурой и аппаратурой поста централизации: до 10 км – по сигнально-блокировочному кабелю, от 20 до 35 км – по кабелям связи, без ограничений – через каналы уплотненной кабельной, радиорелейной или волоконно-оптической линии связи;
- диапазон рабочих температур: - 60 до +85°С.

Экономическая эффективность системы ЭССО обусловлена следующими эффектами:

- снижение стоимости оборудования участков пути по сравнению с рельсовыми цепями;
- снижение затрат на содержание устройств СЦБ и верхнего строения пути;
- уменьшение простоев подвижного состава и увеличение пропускной способности за счет уменьшения времени на восстановление устройств СЦБ;
- исключается применение медьсодержащей аппаратуры рельсовых цепей, ставшей излюбленным объектом хищений;
- стоимость оборудования ЭССО существенно меньше, чем стоимость других систем аналогичного назначения.

Расстояние от ст. Воскресенск до ст. Егорьевск – 22 км., дорога однопутная, не электрифицированная. На участке осуществляется пригородное движение в объёме 4 пары поездов в сутки. Есть два остановочных пункта: Рудниковская и Хорлово. Комплекты напольных устройств ЭССО устанавливаются между южной горловиной ст. Егорьевск, и местом примыкания путей необщего пользования ООО «Бентопром». Для связи с постовыми устройствами используются существующие линии связи.

Капитальные затраты с перечнем оборудования, работ и услуг по внедрению ЭССО на участке Воскресенск - Егорьевск могут быть сведены в следующем виде:

Наименование	Стоимость
Разработка проекта и документации	157 000
Комплект постовых устройств – 2 шт.	136 000
Комплект напольных устройств – 2 шт.	262 000
Монтажные работы	179 300
Пусконаладочные работы	86 500
Обучение персонала	30 000
<b>ИТОГО</b>	<b>850 800</b>

НПЦ «Промэлектроника», являющаяся разработчиком и поставщиком оборудования, осуществляет следующее обучение персонала:

- электромеханики обучаются техническому обслуживанию и ремонту элементов системы в условиях РТУ, обучение проводится в учебном центре компании. Программа подготовки рассчитана на 3 дня, её трудоёмкость составляет 24 часа очного обучения.

- дежурные по станции - обучение проводится непосредственно на железнодорожной станции, программа подготовки рассчитана на 2 дня, её трудоёмкость составляет 16 часов очного обучения. Стоимость обучения группы до 15 человек составляет 25 тыс. руб. (без учёта командировочных расходов).

Для контроля работоспособности элементов, аппаратуры и систем в целом в условиях РТУ дистанций СЦБ используется прибор КПА-СКП, выпускаемый также разработчиком и производителем ЭССО. Принимая во внимание тот факт, что в дистанции уже эксплуатируются комплекты ЭССО на других станциях и перегонах, приобретение КПА-СКП, а также дополнительное обучение электромехаников РТУ не потребуется.

УДК 656.21+06

## **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ МПЦ МЗ Ф НА СТ. РАДА ЮВЖД**

*Бобыльков М.В.*

*Научный руководитель: к.э.н., доцент Тимофеев А.И.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье рассмотрены функциональные возможности и состав микропроцессорной системы централизации железнодорожной станции, приведен расчет капитальных затрат.

*Ключевые слова:* микропроцессорная централизация, капитальные затраты.



Станция Рада ЮВЖД расположена на направлении Тамбов – Саратов в 13 км от Тамбова в 2 км от ст. Новая Ляда Тамбовского района. На станции Рада совершаются следующие операции:

- посадка и высадка пассажиров на (из) поезда пригородного и местного сообщения, но без приема и выдачи багажа;
- прием и выдача грузов повагонными и мелкими отправками, загружаемых целыми вагонами, только на подъездных путях и местах необщего пользования;
- прием и выдача грузов в универсальных контейнерах массой брутто 20 и 24 т на подъездных путях;
- прием и выдача грузов в универсальных контейнерах массой брутто 24 (30) и 30 т на подъездных путях.

Путевое развитие станции включает 2 главных пути, 3 станционных пути, к станции примыкают два пути необщего пользования, 14 стрелочных переводов, из них 12 централизованных. Устройства централизации также включают 8 светофоров и пост дежурного по станции.

МПЦ-МЗ-Ф представляет собой централизованный комплекс, предназначенный для дистанционного управления и контроля за состоянием стрелок, светофоров и других станционных объектов, а также для выдачи дежурному по станции оперативной, архивной и нормативно-справочной информации с протоколированием работы устройств и действий персонала. МПЦ-МЗ-Ф является проектно-компонованной системой, построенной по иерархическому принципу с возможностью использования на железнодорожных станциях любой конфигурации. Базовой аппаратной платформой системы является специализированный управляющий компьютер централизации ЕСС производства компании Siemens (рис. 1).

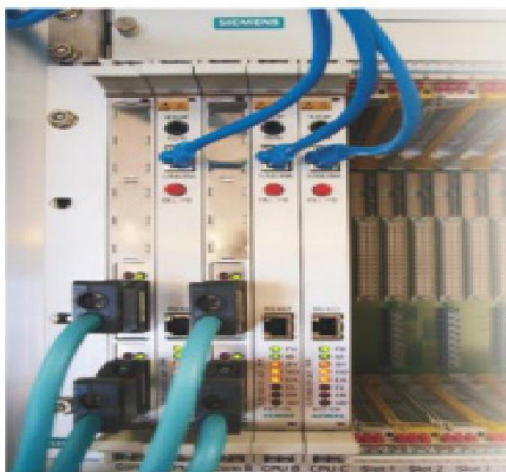


Рис. 1 – Специализированный управляющий компьютер централизации ЕСС

Система МПЦ-МЗ-Ф имеет трехуровневую иерархическую структуру, включающую уровни информационного и логического обеспечения, а также подсистему безопасного управления и контроля за объектами низовой и локальной автоматики (безопасный интерфейс ввода/вывода).

Уровень информационного обеспечения системы содержит автоматизированные рабочие места дежурного по станции, а также дополнительные устройства сопряжения с информационными системами различного назначения. На уровне логической обработки реализованы функции управления централизацией, а также формирования команд управления интерфейсом ввода/вывода.

Управляющий вычислительный комплекс (УВК) МПЦ-МЗ-Ф, показанный на рис. 2, построен на базе управляющего компьютера централизации ЕСС и обеспечивает выполнение основных функций системы.



Рис. 2 – Управляющий вычислительный комплекс

Высокая эксплуатационная готовность управляющего компьютера централизации и всей системы в целом достигается за счет применения трех идентичных процессорных модулей ЕСС-CU, работающих по схеме «2 из 3». Для обеспечения безопасности дальнейшая обработка информации осуществляется только в том случае, если как минимум два вычислительных канала выдают одинаковые результаты. Это позволяет зафиксировать сбой в работе любого из трех процессорных модулей и отключить поврежденный модуль. Система продолжает работать в режиме «2 из 2», а информация об ошибке фиксируется в базе данных. Поврежденный модуль можно заменить и ввести в работу без остановки всей системы.

В состав УВК также входят модули увязки с напольными устройствами. Такое решение позволяет рационально использовать ресурс МПЦ. Например, для станции с числом стрелок порядка десяти требуется установка всего одного шкафа УВК. К МПЦ можно подключать стандартное российское напольное оборудование без каких-либо доработок.

Программное обеспечение УВК состоит из технологического программного обеспечения УВК и операционной системы СРМ32. Оно позволяет реализовать логику управления процессом перевозок на станциях, принятую на Российских железных дорогах, а также оперативно реагировать на различные изменения требований, предъявляемых к микропроцессорным централизациям со стороны заказчика.

В состав программного обеспечения системы МПЦ-МЗ-Ф входят:

- неизменяемая часть (ядро логики централизации), которая отвечает за выполнение требований Правил технической эксплуатации и Инструкции по сигнализации. Эта часть программы универсальна и используется на всех проектируемых станциях. Ядро логики централизации проверяется в испытательной лаборатории и защищено от изменений;
- изменяемая часть (конфигурация станции), отражающая путевое развитие конкретной станции, а также число объектов управления и контроля. Эта часть создается при проектировании станции. Конфигурация проверяется силами разработчика при помощи программного имитатора станции, а также при вводе станции в эксплуатацию совместно с представителями заказчика согласно утвержденной Департаментом автоматики и телемеханики ОАО «Российские железные дороги» программе и методике испытаний.

Такое разделение программного обеспечения микропроцессорной централизации позволяет значительно упростить внесение изменений, обусловленное корректировкой путевого развития станции.

На сегодняшний день имеется два варианта реализации системы — с релейно-контактным и бесконтактным интерфейсом управления стрелками и светофорами. На станции применяется релейно-контактный интерфейс подключения.

Капитальные затраты с перечнем оборудования, работ и услуг по внедрению МПЦ МЗ Ф на ст. Рада приведены в таблице 1.

Таблица 1. Капитальные затраты, рублей

Наименование	Стоимость
АРМ ДСП в составе: системный блок, монитор 21” (2шт), клавиатура, мышь – 2 комплекта	130 000
Управляющий вычислительный комплекс, включающий специализированный управляющий компьютер централизации ЕСС, модули увязки с напольными устройствами, коммутационное ТСР-IP оборудование (модем), источник бесперебойного питания на 4 часа. – 1 шт.	1 123 255
Монтажные работы	75 000
Программное обеспечение (разработка, тестирование, пусконаладочные работы)	337 200
Обучение персонала	264 163
ИТОГО	1 929 618

Учитывая специфику профессиональной подготовки обслуживающего персонала систем сигнализации, централизации и блокировки на сети дорог в целом, ориентированной, как правило, на релейную элементную базу, компания «Форатек АТ», являющаяся разработчиком программного обеспечения и поставщиком оборудования, уделяет большое внимание процессу обучения персонала. Обучение проводится в два этапа: в учебном центре «Форатек АТ» и непосредственно на объекте внедрения (железнодорожной станции) с привлечением при необходимости отдельных сотрудников компании для более детального раскрытия конкретных технических или технологических вопросов.

Расходы на обучение включают плату за обучение и оплату командировочных расходов, а также затраты на оплату труда дополнительно привлекаемого персонала. На обучение направляются 5 дежурных по станции и 5 электромехаников. Продолжительность обучения - 72 часа, из них 24 часа – на площадке «Форатек АТ» и 16 часов на рабочем месте на станции, 32 часа – самостоятельная подготовка. Расчет расходов на обучение персонала приведен в таблице 2.

Таблица 2. Расходы на обучение персонала

Элемент затрат	рублей
Плата за обучение дежурных по станции	12 500
Плата за обучение электромехаников	17 500
Командировочные расходы	118 000
в т ч. проезд	48 000
проживание	45 000
суточные	25 000
Дополнительная заработная плата	89 356
Отчисления на дополнительную заработную плату	26 807
ИТОГО	264 163

Стоимость обучения одного дежурного по станции составляет 2 500 рублей, стоимость обучения одного электромеханика – 3 500 рублей. На обучение с отрывом от производства в учебный центр АО «Форатек АТ» направляются 10 человек, сроком на 3 дня.

Примерные расходы на проезд железнодорожным транспортом из г. Тамбов в г. Санкт-Петербург и обратно составляют:  $2 \times 10 \times 2\,400 = 48\,000$  рублей, где 2 400 – стоимость проезда в плацкартном вагоне в одну сторону.

Исходя из стоимости проживания 1 500 рублей на человека в сутки расходы на проживание составят:  $3 \times 10 \times 1\,500 = 45\,000$  рублей.

Командировочные расходы исходя из продолжительности командировки 5 дней и суточных 500 рублей составляют:  $500 \times 10 \times 5 = 25\,000$  рублей.

Итого командировочные расходы:  $48\,000 + 25\,000 + 45\,000 = 118\,000$  рублей.

Расчёт дополнительной заработной платы выполним исходя из отсутствия персонала в связи с командировкой в течении 6 суток, или 12 смен. В смену привлекается 1 электромеханик 5 разряда и 1 дежурный по станции 7 разряда. Тарифные коэффициенты соответственно равны 2,12 и 2,50. Действует надбавка 40% за работу в ночное время – с 22 до 6 часов, а также выплачивается премия в размере 20%. Часовую тарифную ставку первого разряда определяем исходя из минимального месячного размера оплаты труда 16 242 руб. и среднемесячного фонда рабочего времени 164,41 часа:  $16\,242 / 164,41 = 98,78$  руб. Таким образом, заработная плата дополнительно привлекаемого персонала составит:  $98,78 \times 12 \times 12 \times (2,50 + 2,12) \times (1 + 8/24 \times 0,4) \times 1,2 = 89\,356$  рублей. Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30%:  $89\,356 \times 0,3 = 26\,807$  рублей.

УДК 656.21+06

## **ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕГОНА ЖУРАВКА-МИЛЛЕРОВО УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ АПК-ДК (СТДМ)**

*Степаненко И.А.*

*Научный руководитель: к.э.н., доцент Тимофеев А.И.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье рассмотрены назначение, состав и функции системы АПК-ДК, определены капитальные затраты на оборудование перегона указанной системой.

*Ключевые слова:* микропроцессорная централизация, капитальные затраты.

Назначение, построение и функции системы АПК-ДК (СТДМ)

Основные характеристики: эксплуатационная длина участка Журавка — Миллерово — 137,5 км; развёрнутая длина пути — 294 км; проектная скорость подвижного состава — 160 км/ч; максимальный вес поезда — до 7,1 тыс. тонн; пропускная способность (интенсивность движения) — до 140 пар поездов в сутки, род тока — переменный, 25 кВ, 50 Гц, железная дорога двухпутная, электрифицированная.

На линии внедрена новейшая система микропроцессорной централизации (МПЦ) без использования светофоров, где применяются рельсовые цепи с плавающими стыками (такая же функционирует на Московском центральном кольце). Автоматика и телемеханика линии позволяют в будущем обеспечить движение поездов в беспилотном режиме с использованием цифровых технологий и радиоканалов.

Основой верхнего уровня системы АПК-ДК (СТДМ) является центральный пост диагностирования и мониторинга (ЦПДМ). В него входят:

1. Сервер АПК-ДК (СТДМ), осуществляющий прием данных от концентраторов ЦПДМ, систем ДЦ/ДК в рамках унифицированного обмена, обработку принятых данных, сохранение обработанной информации в архивах, ведение нормативно-справочной информации (НСИ), обработку запросов приложений-клиентов на предоставление информации.

2. Концентратор ЦПДМ, осуществляющий прием данных от линейных пунктов диагностики (ЛПД), обработку, хранение, отображение, передачу данных на сервер АПК-ДК (СТДМ).

В состав связевого оборудования входят модемы, маршрутизаторы, конвертеры интерфейсов, а также каналы передачи данных.

3. Нижним уровнем системы АПК-ДК (СТДМ) является линейный пункт диагностирования (ЛПД), включающий концентратор ЛПД, осуществляющий прием данных от низовых контроллеров и микропроцессорных устройств (МПУ), обработку, хранение, отображение, передачу данных на ЦПДМ;

В концентраторе ЛПД размещены платы расширения для ввода данных от контроллеров.

Измерительная подсистема АПК-ДК (СТДМ) выполняет следующие функции:

- измерение среднеквадратических значений напряжений и токов;
- измерение сопротивления изоляции электрических цепей;
- измерения напряжений тональной частоты;
- измерение постоянных напряжений и токов;
- измерение временных характеристик и анализ кодовой последовательности сигналов АЛС, АЛС-ЕН.

Подсистема сбора дискретных данных контролирует состояние устройств СЦБ на станциях и перегонах: контроль ламп на пульт-табло ДСП, состояние реле ЭЦ и АБ, состояние питающих установок и вспомогательных устройств.

Дополнительное оборудование предназначено для выполнения вспомогательных функций, таких как измерение собственных параметров работы подсистемы измерений, параметров работы перегонных контроллеров и системы в целом.

Состав АПК-ДК (СТДМ)

Состав аппаратуры АПК-ДК (СТДМ) на перегоне Журавка-Миллерово приведен в таблице:

Изображение	Наименование Назначение, характеристики	Количество	Стоимость, тыс. руб.
<b>Центральный пост диагностирования и мониторинга (ст. Миллерово)</b>			
	Сервер АПК-ДК (СТДМ), осуществляющий прием данных от концентраторов ЦПДМ, систем ДЦ/ДК в рамках унифицированного обмена, обработку принятых данных, сохранение обработанной информации в архивах, ведение нормативно-справочной информации (НСИ), обработку запросов приложений-клиентов на предоставление информации. Представляет собой промышленный сервер на базе процессора Intel® Xeon® X5660 (6 ядер, 2.80 ГГц) Два процессора; 12 Гб оперативной памяти 5 жестких дисков емкостью не менее 146 Гб Исполнение корпуса для установки в стойку 19''	2	196,2
	Промышленный компьютер ADVANTECH 19'' - Концентратор ЦПДМ, осуществляющий прием данных от линейных пунктов диагностики (ЛПД), обработку, хранение, отображение, передачу данных на сервер АПК-ДК (СТДМ), может включать до 13 плат расширения PCI и ISA	2	162,4
	ГМ-2-MPR - связевое оборудование, предназначено для передачи информации о состоянии объектов СЦБ с нижнего уровня системы на центральный пост.	2	42,0

Линейный пункт диагностирования (9 шт)			
	Модем М2. Конвертер интерфейса G.703 2048кбит/с Предназначен для организации связи между концентраторами ЛПД по выделенному потоку 2Мб. Физическая линия 4-х-проводная, дуплексный режим, длина: до 2 км	5	90,0
	Модем К713. Конвертер интерфейса G703.1 64 кбит/с Предназначен для организации связи между концентраторами ЛПД по выделенному каналному интервалу с интерфейсом G703.1	5	90,0
	Концентратор ЛПД. Предназначен для приема данных от контроллеров, обработки, хранения и отображения данных. Осуществляет передачу данных на ЦПДМ и организацию информационного обмена с другими МПУ ЖАТ. Представляет собой Промышленный компьютер ADVANTECH 19”	9	639,3
	БКА. Блок контроля автоблокировки Предназначен для контроля параметров устройств автоблокировки и автоматической переездной сигнализации с передачей оперативной информации по модемной связи в концентратор ЛПД. Число каналов дискретного ввода: до 32. Число каналов измерения напряжения: до 24. Число каналов измерения тока: 8. Длина линии связи между блоками: до 3 км	42	1344,0
	Коммуникационный модуль (КМ) является промежуточным компонентом канала передачи данных и обеспечивает согласование интерфейсов физической линии связи с интерфейсом Ethernet, который используется для стыковки БКА с концентратором ЛПД АПК-ДК (СТДМ).	9	176,2
	АДСУ-24/16. Автомат диагностики сигнальной установки предназначен для комплексного контроля параметров работы устройств автоблокировки, автоматической переездной сигнализации, пешеходных дорожек и других систем, аппаратура которых расположена в релейных шкафах на перегоне.	9	389,3
	АКСТ-Ч Контроллер дискретного ввода используется для сбора информации с устройств автоблокировки, автоматической переездной сигнализации, пешеходных дорожек и других систем, аппаратура которых расположена на перегоне. Число приборов на одну линию связи: до 30. Адресация приборов: частотная селекция. Период обновления данных для 30 приборов: 4-10 сек. Дальность линии связи: до 18 км	7	262,3



Измерительное оборудование			
	УКТРЦМ Измерительный контроллер Устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное (УКТРЦМ) предназначено для: - измерения среднеквадратичного значения напряжения амплитудно-манипулированного сигнала тональных рельсовых цепей на входах путевых приемников, выходах путевых генераторов и выходах путевых фильтров; - измерения постоянного напряжения на входах путевых реле	2	18,6
	АКНСИ-8 Измерительный контроллер для измерения переменного напряжения частотой (25/50/75 Гц) и сопротивления изоляции кабеля относительно земли	1	12,9
	ПМИ-РЦ Измерительный контроллер для измерения параметров сигналов АЛСН, АЛС-ЕН, ТРЦ, КРЛ	9	153,3
	Сигнализатор заземления СЗИЦ-Д-Л предназначен для контроля сопротивления изоляции полюсов питания и жил кабелей относительно земли	9	70,2
	Прибор Прорыв-КЭ предназначен для контроля качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного однофазного и трехфазного тока номинальной частотой 50 Гц. Прорыв-КЭ используется для контроля качества электроэнергии питающих фидеров	9	113,4
Дополнительное оборудование			
	Прибор ИУКС-05 используется для проверки и регулировки уровня сигнала АКСТ-Ч и АДСУ-24/16 при их установке, обслуживании и замене	1	58,3

Монтажные работы. На объекты строительства АПК-ДК (СТДМ) шкафы ЦПДМ и ЛПД поставляются с полностью выполненным в соответствии с проектом, внутренним монтажом. В них установлены полки для размещения аппаратуры, колодки для установки измерительных контроллеров, измерительные трансформаторы и блоки защитных резисторов, а также необходимое количество предохранителей. Монтаж шкафа на объекте

сводится к установке в него необходимых контроллеров и подключению к клеммным панелям внешнего монтажа.

Структура капитальных вложений представлена в таблице:

Таблица состава капитальных затрат

Наименование затрат	Тыс. руб.
Проектные работы	12 065,3
Стоимость оборудования	3 818,4
Программное обеспечение	1 580,0
Монтажные работы	43 788,3
Пуско-наладочные работы	1 236,5
ИТОГО	62 488,5

УДК 378.4:620.1.051

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТЫ КАБЕЛЯ

*Афанасьев А.А.*

*Научный руководитель: доцент Малахова В.В.*

*ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля», г. Луганск*

Рассматриваются вопросы совершенствования оснащения учебных лабораторий для проведения образовательного процесса.

*Ключевые слова:* лабораторное оборудование, линия электропередач, микропроцессорный блок.

Качественное проведение образовательного процесса, подготовка специалистов высокой квалификации вряд ли возможны без оснащения учебных лабораторий современным лабораторным оборудованием [1].

Бесперебойное и надежное транспортирование электроэнергии к потребителям – одна из базовых задач, повседневно решаемых энергетиками. Для этого созданы электрические сети, включающие в себя распределительные подстанции и линии электропередач.

Кабельные и воздушные линии электропередач в процессе эксплуатации находятся под напряжением, величина которого определяется назначением и структурой электрической сети.

В случае локального нарушения изоляции в любом месте кабельной или воздушной ЛЭП, приложенное к линии напряжение создает ток утечки или короткого замыкания через поврежденный участок [2].

Причинами нарушения изоляции могут быть различные внутренние и внешние факторы, некоторая часть из которых способны самоустраниться через некоторый промежуток времени, остальная часть факторов имеет необратимый характер.

Такие повреждения в состоянии нанести значительный ущерб предприятиям электроэнергетики. Возникающие токи коротких замыканий обладают огромной тепловой энергией, способной вывести из строя не только провода подводящих линий, но и элементы силового оборудования питающих подстанций [3].

В связи с этим все возникающие повреждения на линиях электропередачи необходимо мгновенно локализовать и ликвидировать. Это производится снятием напряжения с поврежденной линии на питающей стороне.

Если же такая линия получает питание с двух сторон, то обе стороны должны отключить напряжение.

Функции непрерывного отслеживания электрических параметров текущего состояния

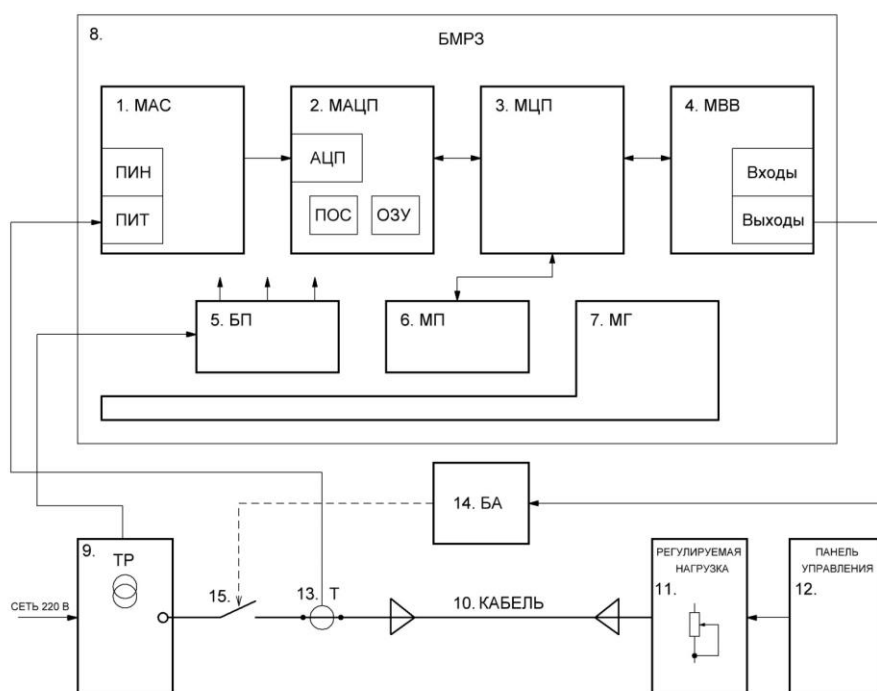


всех линий электропередач и снятия с них напряжения, подаваемого со всех сторон, при возникновении аварийных ситуаций возложены на специализированные технические системы, которые по сложившейся традиции называют релейными защитами [4].

Каждый тип устройств защиты выполняется с применением индивидуальных программных и схемотехнических решений, что затрудняет, а в большинстве случаев и исключает возможность взаимозаменяемости компонентов и программного обеспечения [5]. Технические описания и инструкции по эксплуатации представляют собой многостраничные книги, содержащие по несколько сотен страниц. Для их изучения требуется значительное количество времени, соответствующий уровень базовой подготовки и квалификация персонала.

При поступлении на рынок новых видов микропроцессорных устройств релейной защиты даже одних и тех же производителей, процесс обучения персонала и повышения его квалификации необходимо возобновлять [6; 7].

Структурная схема лабораторной установки может быть следующего вида:



Силовая часть стенда состоит из источника питания (9), имитатора участка силового кабеля (10), блока регулируемых нагрузок (11), панели управления (12), трансформатора тока (13), блока автоматики (14) и микропроцессорного блока (БМРЗ) (8).

Источник питания (9) представляет собой силовой трансформатор, первичная обмотка которого подключена к однофазной питающей сети 220 В, 50 Гц, со вторичных обмоток снимаются напряжения 120 В для питания БМРЗ (8) и 12 В для подключения блока нагрузок (9) через имитатор участка силового кабеля (10).

Переключателями, входящими в состав панели управления (12), регулируется сопротивление между входными клеммами блока регулируемых нагрузок (11) [8].

Изменение сопротивления в цепи «выход источника питания (9) – имитатор силового кабеля (10) – сопротивление нагрузки (11)» приводит к изменению тока, протекающего через имитатор участка силового кабеля (10).

Предусмотрена имитация следующих режимов работы силового кабеля: нормальный режим; перегрузка; короткое замыкание. Ток, проходящий через имитатор участка силового кабеля (10), измеряется и регистрируется цепью устройств «токовый трансформатор (13) – микропроцессорный блок БМРЗ (8)». Включение, отключение и аварийное отключение линии микропроцессорный блок БМРЗ (8) производит через блок автоматики (14).

Разрабатываемый лабораторный стенд позволит закрепить знания, полученные студентами в процессе изучения лекционного материала, рядом практических навыков и умений.

#### Список используемой литературы

1. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – Москва: Высшая школа, 1991. – 496 с.
2. Гуревич, В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. – Москва: Инфра-Инженерия, 2014 - 248 с.
3. Перспективы применения метода магнитной памяти металлов к диагностике состояния металлов / О. В. Малахов, А. В. Кочергин, Д. С. Девяткин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 4, № 5(64). – С. 20-24. – EDN QZFTGX.
4. Шестакова, В.В. Усовершенствование защиты от замыканий на землю в сетях с компенсацией емкостного тока и в сетях постоянного оперативного тока: Дисс. на соискание степени к.т.н. Защищена 13.06.2000. – Новосибирск, 2000. – 168 с.
5. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
6. Кискачи, В.В. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях напряжением 6–10 кВ с различным режимом заземления нейтрали типа ЗЗН. – Москва: ИПК госслужбы, 2001. – 63 с.
7. Влияние геометрических параметров кодирующей апертуры на формирование тенеграммы / А. А. Никуляк, О. В. Малахов, Д. О. Мельничук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 5, № 9(53). – С. 54-58. – EDN QICRWT.
8. Теоретическая оценка эффективности эксплуатации горнотранспортных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2022. – № 6. – С. 72-82. – EDN MCCUFZ.

УДК 62-531.3:62-403.3

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКЕ**

*Губанов Б.С.*

*Научный руководитель: доцент Малахов О.В.*

*ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля», г. Луганск*

Рассматриваются вопросы эффективности применения инновационных информационных технологий в криогенной технике.

*Ключевые слова:* информационная система, криогенная установка, воздухоразделение.

Безотказное и безопасное функционирование сложных технологических объектов промышленного назначения невозможно без надежной работы информационных и измерительных систем, входящих в состав АСУ ТП эксплуатируемого оборудования [1].

Целью исследования является разработка информационной системы мониторинга технологических параметров промышленной криогенной установки воздухоразделения К-0,4.

Установки воздухоразделения предназначены для разделения воздуха на различные компоненты, такие как: кислород, аргон, ксенон, неон, азот.

Атмосферный воздух представляет собой смесь газов, объемное содержание которых: кислород 21%, азот 78%, аргон 0,9% и другие инертные газы, водяной пар, углекислый газ и пр. Для разделения воздуха на технически чистые атмосферные газы его подвергают

глубокому охлаждению и ожижению (температура кипения жидкого воздуха при атмосферном давлении  $-194,5^{\circ}\text{C}$ ) [2].

Процесс происходит следующим образом: воздух, засасываемый многоступенчатым компрессором, очищается от пыли в воздушном фильтре, осушается во влагоотделителе, где отделяется конденсат, образующийся при сжатии воздуха, и охлаждается в водяном холодильнике, где отдает тепло, вырабатываемое в процессе сжатия. Поглощение углекислоты из воздуха производится в аппарате — декарбонизаторе, заполняемом адсорбером — гранулированным цеолитом [3].

Очищенный и охлажденный сжатый воздух поступает в так называемый турбодетандер, где резко расширяется, выполняет механическую работу, вращая турбину турбодетандера и, как следствие, охлаждается и сжижается. Полученный жидкий воздух проходит процесс ректификации или дробной перегонки в ректификационной колонне. При постепенной газификации жидкого воздуха сначала улетучиваются легкокипящие фракции — преимущественно азот, а остающаяся жидкая фракция всё более обогащается кислородом. Процесс многократно повторяется на ректификационных тарелках воздуходелительной колонны [4]. В результате получают жидкий кислород, азот и аргон необходимой чистоты. После разделения газы отводятся и накапливаются в реципиентах или в жидком виде в специальных криогенных емкостях, из которых поступают для собственного потребления либо на продажу.

Информацию о процессах, происходящих в установке воздуходеления, оператор получает из показаний датчиков температуры, давления, расхода газов и т.д.

Особый интерес представляет информационный канал измерения расхода греющего газа. Первичный преобразователь «ВР-100» расходомера «Ирга РВ» (Россия) осуществляет преобразование объемного расхода измеряемого газа в частотный сигнал.

Принцип работы вихревых расходомеров основан на использовании явления периодического образования и отрыва вихрей, образующихся при обтекании потоком среды вихреобразующего тела в виде призмы, смонтированного перпендикулярно потоку. Частота вихреобразования измеряется детекторами вихрей, преобразующими пульсации давления, вызванные вихреобразованием, в электрический сигнал.

Частота сигнала зависит от геометрических размеров вихреобразующего тела, диаметра трубопровода и скорости потока. На основании этой частоты формируется выходной сигнал в виде последовательности импульсов, который несет информацию о величине объемного расхода [5].

Нижний предел  $R_e$  определяется числом Рейнольдса (1):

$$R_e = \frac{\rho \cdot u \cdot l}{\eta}, \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность среды, зависящая от давления и температуры,  $\text{кг/м}^3$ ;

$u$  — скорость набегающего потока среды,  $\text{м/с}$ ;

$l$  — характерный размер вихреобразующего тела,  $\text{м}$ ;

$\eta$  — динамическая вязкость среды,  $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$ .

Минимальный расход газа, фиксируемый расходомером, соответствует частоте следования импульсов 100 Гц. Максимальный расход — 1100 Гц. Импульсы прямоугольной формы, амплитуда 5В, скважность равна единице.

Для удаленной передачи показаний расходомера в неблагоприятных условиях электромагнитных помех преобразуем частотный сигнал, получаемый с выхода первичного преобразователя «ВР-100», в сигнал формата «токовая петля 4÷20 мА», что может быть представлено в виде такой схемы информационного канала измерения расхода греющего газа, как:



Для этого используем адаптер интерфейсов «АВ-2».

Ток выходного сигнала адаптера рассчитывается по формуле (2):

$$I_{out} = I_{min} + \frac{(F - F_{min}) \cdot (I_{max} - I_{min})}{(F_{max} - F_{min})}, \quad (2)$$

где  $I_{out}$ , мА – выходной ток;

$F_{min} = 100$  Гц – нижний предел частоты входного сигнала;

$F_{max} = 1100$  Гц – верхний предел частоты входного сигнала;

$I_{min} = 4$  мА – нижний предел токового выходного сигнала;

$I_{max} = 20$  мА – верхний предел токового выходного сигнала;

$F$ , Гц – текущее значение частоты входного сигнала.

Индикация текущего расхода греющего газа и выработка дискретных управляющих и аварийных сигналов выполняется одноканальным цифровым измерителем ИДЦ1 производства ОВЕН (Россия).

Таким образом, применение современных средств измерения, передачи, обработки и отображения информации позволяет при выполнении капитального и восстановительного ремонта промышленных объектов заменить морально и технически устаревшие элементы оборудования с одновременным улучшением потребительских свойств модернизируемых объектов.

#### Список используемой литературы

1. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения / Под ред. В.И. Епифановой, Л.С. Аксельрода. – Т. 1-2. – Москва, 1973.
2. Снижение уровня акустического излучения тормозных механизмов подвижного состава за счет уменьшения интенсивности фрикционных автоколебаний / В. В. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2021. – № 10(52). – С. 180-184. – EDN VGRNVD.
3. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
4. Определение комплекса мер по снижению уровня шумового загрязнения окружающей среды подвижным составом железных дорог методом SWOT-анализа / В. В. Сильянов, В. В. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 138-140. – EDN NADSGS.

5. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MUNGMT.
6. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е.А. Шорникова. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Политехника, 2004. — 412 с.

УДК 62-531.3:62-403.3

## КАРСТОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

*Пятахина А.В., Масляева Э.В.*

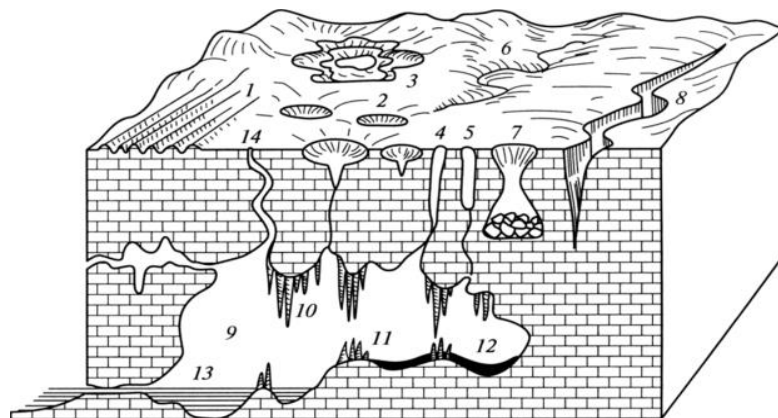
*Филиал СамГУПС в г. Нижний Новгород*

В данной статье рассматривается вопрос карстообразования на железных дорогах Российской Федерации, являющийся актуальным для большинства регионов страны. Приведена основная информация о карстах: виды, причины возникновения, мероприятия по ликвидации и другое.

*Ключевые слова:* карст, причины возникновения карстов, способы выявления, влияние на железнодорожный путь карстов.

Карст – это геологическое образование, которое возникает из-за растворения карбонатных пород (например, известняка) водой. При этом образуются пещеры, подземные реки и озера, а также поверхностные впадины и воронки. Карстовые образования могут быть очень крупными и сложными, и часто представляют интерес для исследования геологов и спелеологов.

Карстовые образования разделяют на два вида: поверхностные и подземные. К поверхностным карстовым формам относятся карры, желоба и рвы, воронки, блюдца и западины, котловины, поля, останцы, навесы, ниши и др.; Типичными подземными формами являются карстовые пещеры (см. рисунок).



Формы карстовых образований: 1 - карры; 2 - воронки; 3 - поля; 4 - колодцы; 5 - шахты; 6 - исчезающие реки; 7 - провальные воронки; 8 - ущелье; 9 - пещера; 10- сталактиты; 11- сталагмиты; 12 - «terra-росса»; 13 - пещерное озеро; 14 - сифоны.

Причины карстовых образований связаны с химическими и физическими процессами, которые происходят в горных породах, содержащих растворимые минералы, такие как известняк, гипс и соль. Когда вода проникает в породу, она растворяет эти минералы и создает пустоты и каналы, которые могут привести к образованию пещер, углублений и провалов на поверхности земли. Карстовые образования также могут быть вызваны

изменениями уровня подземных вод, изменением климата или деятельностью человека, такой как добыча нефти и газа или строительство дамб и туннелей.

По степени опасности для строительства дорожных сооружений карст подразделяют на два основных типа:

1. Карст в легкорастворимых породах (сульфаты, сульфатокarbonат). При таком типе карста ежегодно возникают воронки и образуются просадки.

2. Карст в труднорастворимых горных породах (карбонат, мел, известняк). Развитие карста протекает медленнее, новые формы могут возникать раз в несколько десятков лет. При данном виде карста допускается прокладывать дороги и отводить сооружения на прочных участках. При этом необходимо учитывать расчетный срок службы.

Ориентировочную степень интенсивности развития карста можно определить по количеству воронок на 1 кв. км в течении года. Например, степени интенсивности развития карста по количеству воронок на 1 кв. км в течении года могут быть следующие:

Категория района	Характеристика устойчивости рельефа	Количество воронок на 1 кв. км
I	Весьма неустойчивый	5-10 в год
II	Неустойчивый	1-5 в год
III	Среднеустойчивый	1 в 20 лет
IV	Устойчивый	1 в 20-50 лет
V	Весьма устойчивый	За 50 лет ни одной (1 в 100 лет)

Карстовые явления негативно сказываются на инфраструктуре, в том числе на железнодорожных путях, нарушая устойчивость железнодорожного пути. Пещеры и подземные реки, образующиеся в карстовых породах, а также провалы и обвалы на поверхности земли могут привести к нарушению движения поездов, а затопления – к повреждению инфраструктуры и перерыву сообщения. Поэтому изучение карстовых образований важно для обеспечения безопасности не только населения, но и транспортной инфраструктуры. При проектировании и эксплуатации железнодорожных магистралей в районах с карстовыми образованиями необходимо учитывать особенности геологического строения и принимать меры для защиты от возможных опасностей.

Карстовые образования на железной дороге представляют опасность для безопасности движения поездов и требуют ликвидации. Некоторые мероприятия, которые могут применяться для этой цели, включают:

1. Укрепление карстовых полостей и пещер с помощью специальных материалов, таких как бетон или стальные конструкции.

2. Заполнение карстовых полостей и провалов с помощью инъекционных материалов, таких как цемент или глина.

3. Построение дренажных систем для отвода воды из карстовых полостей и пещер.

4. Регулярный мониторинг состояния карстовых образований и проведение ремонтных работ при необходимости.

5. Ограничение скорости движения поездов на участках с высоким риском возникновения карстовых образований.

6. Обучение персонала железнодорожной компании методам обнаружения и ликвидации карстовых образований.

При проектировании железных дорог в районах с карстовыми образованиями необходимо учитывать следующие особенности:

1. Геологические условия. Необходимо провести геологические и гидрогеологические исследования для определения мест расположения карстовых образований и оценки их влияния на устойчивость железнодорожного пути.

2. Выбор маршрута. При выборе маршрута необходимо избегать зон с наибольшим риском обрушений и провалов.

3. Конструктивные решения. Необходимо использовать конструктивные решения, которые увеличивают устойчивость железнодорожного пути в условиях карста. Например, можно использовать специальные грунтозацепы, которые уменьшают смещение насыпей.

4. Регулярный мониторинг. Необходимо проводить регулярный мониторинг состояния железнодорожного пути и окружающей территории, чтобы своевременно выявлять возможные опасности и предотвращать аварии.

5. Обучение персонала. Все работники, связанные с эксплуатацией железной дороги, должны быть обучены основам безопасности при работе в условиях карста.

Таким образом, проектирование и эксплуатация железных дорог в районах с карстовыми образованиями требует комплексного подхода и учета особенностей геологического строения для обеспечения безопасности пассажиров и грузовых перевозок.

Существует несколько способов выявления карстовых образований:

1. Геологические и гидрогеологические исследования, проводимые при проектировании железнодорожных магистралей. Они позволяют определить местоположение карстовых образований и оценить их влияние на устойчивость железнодорожного пути.

2. Методы геофизического зондирования, такие как георадар и электроразведка, которые позволяют обнаруживать изменения в геологическом строении земной коры.

3. Обзорная аэрофотосъемка, которая может выявить поверхностные признаки карстовых образований, такие как воронки и провалы.

4. Методы наземной геодезии, такие как лазерное сканирование и триангуляция, которые позволяют получать точные данные о рельефе местности и выявлять изменения в нем.

5. Визуальный осмотр местности специалистами, обученными распознаванию признаков карста.

Проблема карстообразования актуальна во многих регионах России, в том числе и в Нижегородской области. Карстовые образования могут привести к опасным явлениям, таким как провалы, обвалы, затопления, нарушение грунтовых вод, что может нанести ущерб экономике и жизни людей. Нижегородская область имеет большое количество карстовых водоносных горизонтов, которые используются для питьевого и хозяйственного водоснабжения. Поэтому выявление и изучение карстовых образований в этом регионе является необходимым для обеспечения безопасности и устойчивости экономического развития региона.

Существует несколько способов решения проблем карстообразования:

1. Укрепление и защита поверхности земли, на которой находится инфраструктура. Это может быть достигнуто путем создания специальных конструкций, например, укрепления берегов рек или построения подземных стен.

2. Использование специальных технологий и материалов для укрепления и защиты подземных и надземных инженерных сооружений. Например, использование гидроизоляционных материалов и резиновых покрытий для защиты от проникновения воды.

3. Мониторинг карстовых явлений и регулярное обследование инфраструктуры, чтобы своевременно обнаруживать и решать проблемы.

4. Разработка и реализация специальных программ по управлению карстовыми рисками, которые могут включать в себя меры по предотвращению возникновения карстовых явлений, а также меры по минимизации последствий при их возникновении.

Исследования по вопросам карстовых образований имеют огромную значимость в различных областях, таких как геология, геофизика, инженерное дело, гидрология и

экология. Они позволяют понимать процессы формирования карста, его структуру и свойства, а также прогнозировать возможные опасности и риски для окружающей среды и человеческой жизни.

Изучение карстов также помогает разрабатывать эффективные методы предотвращения карстовых явлений и защиты инфраструктуры, а также определять наиболее эффективные способы управления карстовыми рисками.

Таким образом, исследования по вопросам карстовых образований имеют важное значение для обеспечения безопасности движения поездов и устойчивости железнодорожного пути.

#### Список используемой литературы

1. Попов, Ю.В., Пустовит, О.Е. Курс «Общая геология»: Учебное пособие «Карст» - Ростов-на-Дону, 2015. - 64 с.
2. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах /ЦПИ — 22/1, МПС РФ, 1997.

УДК 621.311.1

### **РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ «НАРА» МОСКОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

*Иванов А.Ю.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Климентов Н.И.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены вопросы расчета и моделирования режима короткого замыкания для нетяговых потребителей тяговой подстанции.

*Ключевые слова:* тяговая подстанция, нетяговые потребители, токи короткого замыкания, расчет, моделирование.

Одним из важнейших вопросов проектирования и реконструкции объектов электроснабжения является выбор электрических аппаратов трансформаторных подстанций. Выбирают электрические аппараты, после того как произведен подсчет электрических нагрузок в сетях и выбраны марки проводов и кабелей. Электрические аппараты выбираются по условиям нормального и аварийного режимов. Для этого необходимо знать, как номинальные данные электрических установок, так и токи короткого замыкания (КЗ).

Расчет токов короткого замыкания производят для решения следующих основных задач:

- выбора схемы электрических соединений, ее оценки и сопоставления с другими;
- выявления условий работы потребителей в аварийных режимах;
- выбора аппаратов электроустановок и их проверки по условиям работы при коротких замыканиях;
- проектирования защитных заземлений;
- определения влияния линий электропередачи на провода связи;
- подбора характеристик разрядников;
- проектирования и настройки релейных защит;
- анализа аварий в электроустановках.

В данной работе представлены расчет и моделирование режима короткого замыкания для линии электропередачи напряжением 10 кВ от вновь монтируемого распределительного пункта тяговой подстанции «Нара» Московской железной дороги до блочной комплектной трансформаторной подстанции нетягового потребителя РосНефть-Москва (ЛЭП РП 10 кВ ТП Нара – БКТП РН-Москва). Работа выполнена в рамках планируемой реконструкции



устройств электроснабжения тяговой подстанции Нара Московской железной дороги для присоединения нетяговых потребителей.

Расчет выполняется на основании ГОСТ Р 52735-2007 [1].

Расчет токов короткого замыкания производят одним из двух методов: методом именованных единиц или методом относительных единиц. Методом именованных единиц пользуются при расчете токов короткого замыкания сравнительно простых электрических схем с небольшим числом ступеней трансформации, а также в сетях с напряжением 380/220В. Методом относительных единиц удобнее пользоваться при расчете токов короткого замыкания в сложных электрических сетях с несколькими ступенями трансформации.

Для электроустановок напряжением свыше 1000В расчеты токов короткого замыкания удобнее проводить в относительных единицах. При этом необходимо привести все сопротивления к базисным условиям.

В качестве базисных условий удобно задавать базисную мощность  $S_б$  (равной 100МВА; 1000 МВА) и базисное напряжение  $U_б$  (равное среднему эксплуатационному напряжению той ступени, на которой выполняется расчёт токов короткого замыкания: 37 кВ, 115 кВ, 10,5 кВ) [1].

Для линий РП 10 кВ ТП Нара – БКТП РН-Москва принципиальная схема и соответствующая ей схема замещения могут быть изображены следующим образом:

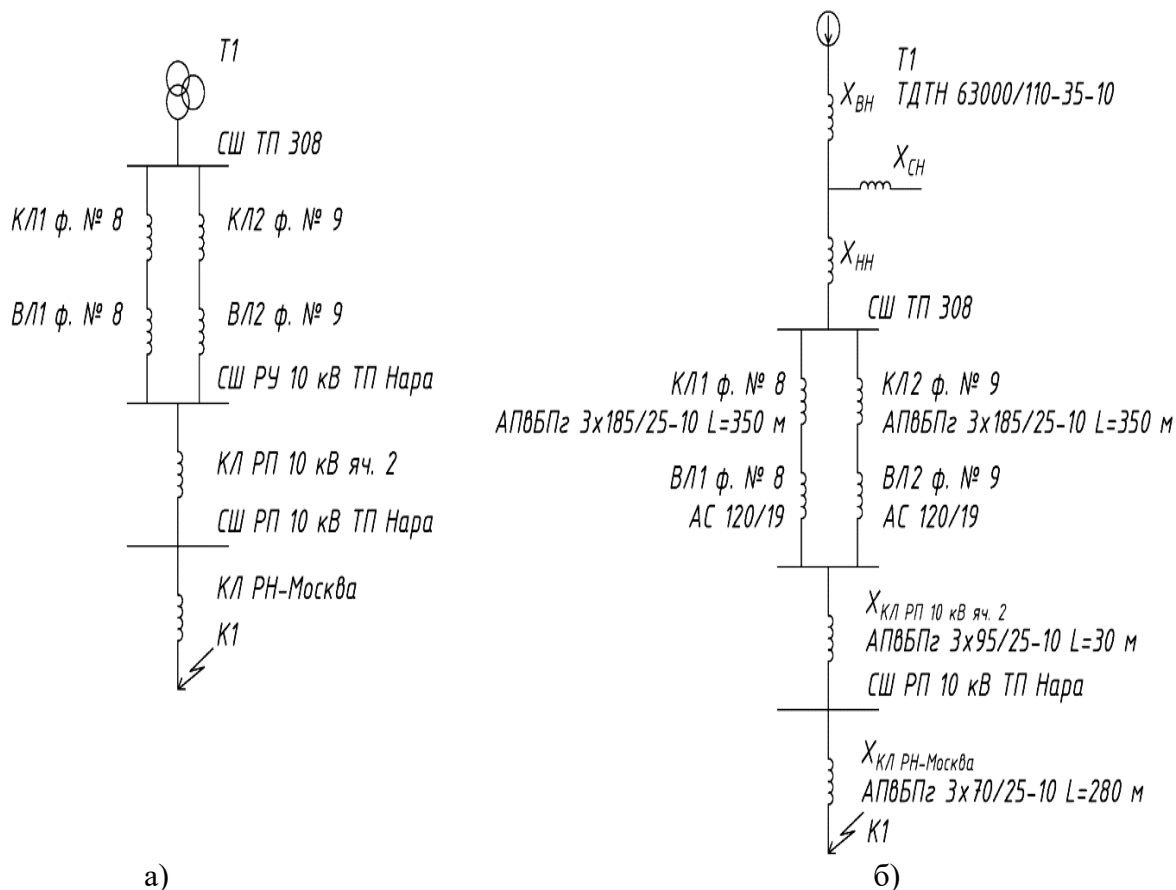


Рис.1 – Схема принципиальная (а) и схема замещения (б)

В данной работе в качестве базисных условий принимаем:  $S_б = 100\text{МВА}$ ;  $U_б = 10,5\text{ кВ}$ .

Производим расчет базисного тока

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА.} \quad (1)$$

Определяем значения индуктивных сопротивлений элементов схемы замещения

$$X_{ВН} = 0,5 \cdot (x_{\text{тр ВН-СН}} + x_{\text{тр ВН-НН}} - x_{\text{тр СН-НН}}), \quad (2)$$

$$X_{НН} = 0,5 \cdot (x_{\text{тр ВН-НН}} + x_{\text{тр СН-НН}} - x_{\text{тр ВН-СН}}). \quad (3)$$

Рассчитываем значения сопротивлений  $x_{\text{тр ВН-СН}}$ ,  $x_{\text{тр ВН-НН}}$  и  $x_{\text{тр СН-НН}}$  по следующим формулам

$$x_{\text{тр ВН-СН}} = \frac{u_{\text{к}}\%_{\text{тр ВН-СН}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}, \quad (4)$$

$$x_{\text{тр ВН-НН}} = \frac{u_{\text{к}}\%_{\text{тр ВН-НН}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}, \quad (5)$$

$$x_{\text{тр СН-НН}} = \frac{u_{\text{к}}\%_{\text{тр СН-НН}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}, \quad (6)$$

где  $u_{\text{к}}\%$  - напряжение короткого замыкания трансформатора, из справочных данных для трансформатора ТДТН 63000/110-35-10 имеем  $u_{\text{к}}\%_{\text{тр ВН-НН}} = 18\%$ ,  $u_{\text{к}}\%_{\text{тр ВН-СН}} = 10,5\%$ ,  $u_{\text{к}}\%_{\text{тр СН-НН}} = 7\%$ ,

$S_{\text{н}}$  – номинальная мощность трансформатора, равная 63000 кВА.

В результате расчетов по выражениям (4), (5) и (6) получены следующие значения:  $x_{\text{тр ВН-НН}} = 0,286$  о.е.,  $x_{\text{тр ВН-СН}} = 0,167$  о.е. и  $x_{\text{тр СН-НН}} = 0,111$  о.е..

Тогда, из выражений (2) и (3) имеем

$$X_{ВН} = 0,5 \cdot (0,167 + 0,286 - 0,111) = 0,171 \text{ о.е.}$$

$$X_{НН} = 0,5 \cdot (0,286 + 0,111 - 0,167) = 0,115 \text{ о.е.}$$

Индуктивные сопротивления кабельных линий определяем по выражению (7), а воздушных линий – по выражению (8) для соответствующих марок кабелей и проводов воздушных линий, указанных нами на рис. 1б:

$$X_{\text{КЛ}} = x_{\text{п кл}} \cdot l_{\text{кл}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{б}}^2}, \quad (7)$$

$$X_{\text{ВЛ}} = x_{\text{п вл}} \cdot l_{\text{вл}} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{б}}^2}, \quad (8)$$

где  $x_{\text{п кл}}$  и  $x_{\text{п вл}}$  – погонное индуктивное сопротивление кабельной и воздушной линии, соответственно, Ом/км;

$l_{\text{кл}}$  и  $l_{\text{вл}}$  – длина соответствующей кабельной и воздушной линии, км.

В результате выполненных расчетов по выражениям (7) и (8) получены следующие значения индуктивных сопротивлений кабельных и воздушных линий, представленных на схеме замещения (рис.1б):

а) кабельные линии

$$X_{\text{КЛ1}} = X_{\text{КЛ2}} = 0,026 \text{ о.е.}, X_{\text{КЛ РП 10 кВ}} = 0,002 \text{ о.е.}, X_{\text{КЛ РН-Москва}} = 0,031 \text{ о.е.},$$

б) воздушные линии

$$X_{ВЛ1} = X_{ВЛ2} = 0,95 \text{ о.е.}$$

Эквивалентное сопротивление  $X_{\text{экв}}$ , соответствующее схеме замещения (рис.1б), может быть рассчитано по выражению (9)

$$X_{\text{экв}} = X_{ВН} + X_{ВН} + \frac{(X_{КЛ1} + X_{ВЛ1}) \cdot (X_{КЛ2} + X_{ВЛ2})}{(X_{КЛ1} + X_{ВЛ1}) + (X_{КЛ2} + X_{ВЛ2})} + X_{КЛ \text{ РП } 10 \text{ кВ}} + X_{КЛ \text{ РН-Москва}} \quad (9)$$

После выполнения расчетов, имеем  $X_{\text{экв}} = 0,808 \text{ о.е.}$

Произведем расчет периодической составляющей тока КЗ в начальный момент времени по выражению (10)

$$I_{п.0} = \frac{E_c}{X_{\text{экв}}} \cdot I_6 \quad (10)$$

где  $E_c$  – мощность энергосистемы в относительных единицах, которую принимаем равной единице.

В результате получаем  $I_{п.0} = 6,807 \text{ кА.}$

Рассчитываем величину ударного тока. Так как исходная расчетная схема является радиальной (рис. 1а), то величина ударного тока короткого замыкания определяется по следующему выражению [1]

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{п.0} \cdot K_y \quad (11)$$

где  $K_y$  – ударный коэффициент тока КЗ, равный  $K_y = 1,6 \div 1,82$ , принимаем  $K_y = 1,65$ .

Тогда величина ударного тока составит  $i_y = 15,9 \text{ кА.}$

Рассчитанные значения токов необходимы для проверки оборудования на термическую и динамическую устойчивость.

На основании расчетной схемы, изображенной на рис. 1б, в программе Multisim [2] разработана соответствующая ей модель (рис. 2). На модели все элементы схемы представлены их сопротивлениями в относительных единицах.

На модели (рис. 2) с помощью коммутационного аппарата S1 выполнена имитация трехфазного короткого замыкания, аналитический расчет которого был выполнен выше.

На модели показания амперметров, установленных в расчетной точке короткого замыкания К1 (5,56 кА), совпадают с расчетным базисным током КЗ (5,5 кА) в этой точке.

Разработанная модель позволяет оперативно менять место короткого замыкания, устанавливая коммутационный аппарат в любой точке схемы. При этом возможна имитация режимов как симметричных, так и несимметричных коротких замыканий.

Полученные в данной работе результаты будут использованы при реконструкции устройств электроснабжения тяговой подстанции Нара Московской железной дороги для присоединения нетяговых потребителей.

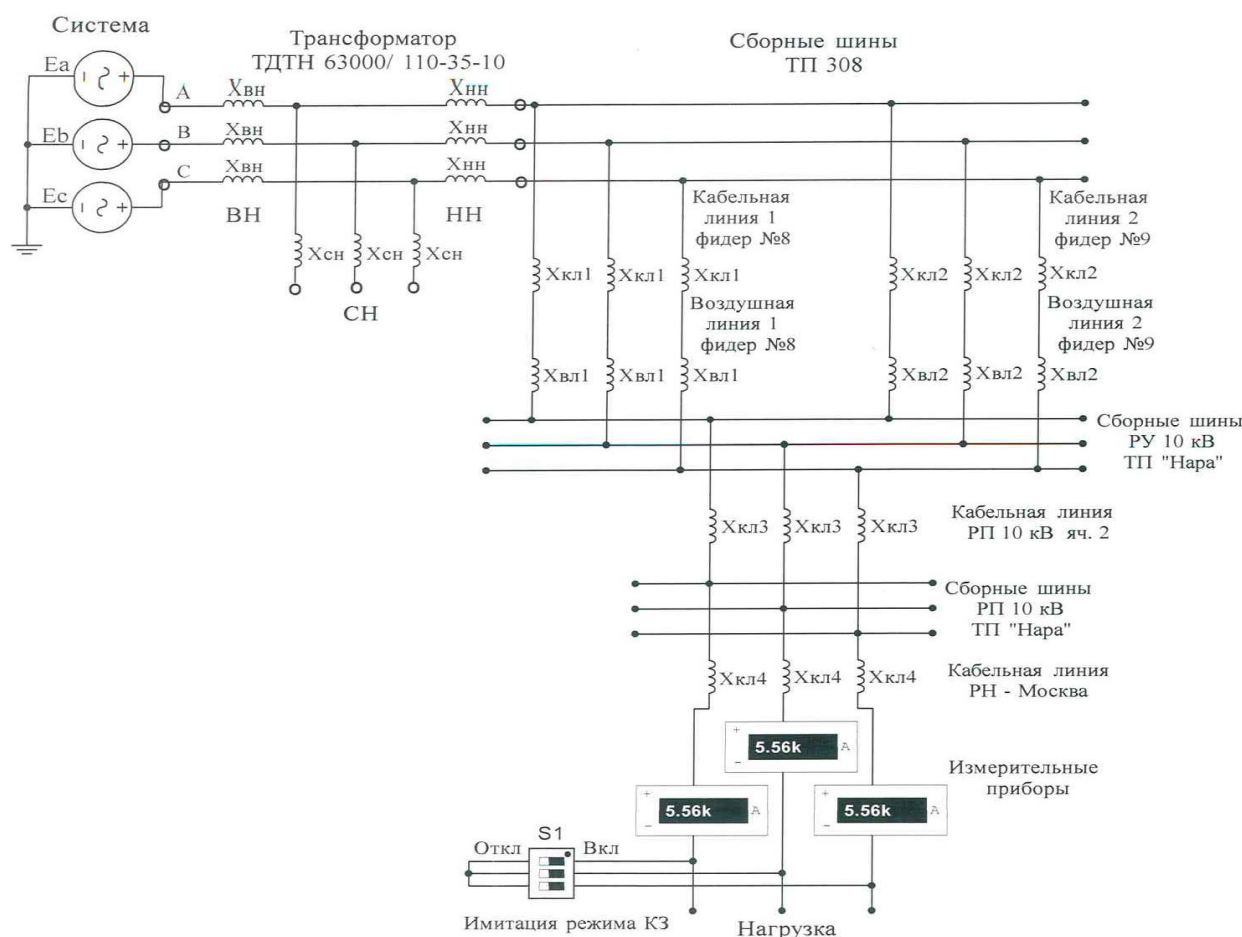


Рис. 2 – Схема моделирования режима короткого замыкания на ЛЭП РП 10 кВ ТП Нара – БКТП РН-Москва

#### Список используемой литературы

1. ГОСТ Р 52735–2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. Статус: действующий. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 39 с.
2. Хернигер, Марк Е. Multisim: Современная система моделирования и анализа схем электронных устройств. (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – Москва: Издательский дом ДМК-пресс, 2006. – 488с.

УДК 621.31

### ИСПЫТАНИЕ МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПО КЛАССУ НАПРЯЖЕНИЯ ДО 10 КВ

Зеленина О.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Климентов Н.И.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Рассмотрены методы испытания масляных выключателей, изложено их содержание и условия проведения.

*Ключевые слова:* масляный выключатель, испытания, нормативные показатели.

Испытания масляных выключателей необходимы для обеспечения бесперебойного питания электроприемников и безаварийной работы электрооборудования. Они включают: измерение сопротивления изоляции, измерение сопротивления постоянному току, оценка

состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств, испытание вводов, испытание трансформаторного масла и испытание повышенным напряжением [1].

Условия проведения испытаний: температура изоляции должна быть не ниже  $+10^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность не более 90%. Изоляция масляных выключателей (МВ) должна быть очищена от грязи, пыли и поверхностной влаги. Измерения и испытания проводятся при наличии протокола испытания трансформаторного масла из выключателя, указывающего на пригодность масла к эксплуатации. Измерение сопротивления изоляции МВ производится мегомметром на 2500В. Измеренное значение сопротивления изоляции подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов должно быть не ниже допустимых значений [1].

Для измерения сопротивления внутрибаковой изоляции, на её поверхность, в верхней и нижней частях, накладываются временные электроды и к ним присоединяются провода от мегомметра. Измерение сопротивления изоляции подвижных частей на отключенном выключателе производится подключением мегомметра, с одной стороны к траверсе, а с другой - к конструкции бака выключателя. Измерение у многообъемных выключателей производится до заливки баков маслом. После заливки измеряется сопротивление изоляции подвижных частей и вводов при включенном положении выключателя.

Сопротивление изоляции обмоток включения и отключения и вторичных цепей привода выключателя измеряется мегомметром 1000В и должно быть не менее 1 МОм.

Испытание масляных выключателей повышенным напряжением промышленной частоты производится в течение 1 мин. Изоляция выключателей и изоляция контактного разрыва у выключателей испытываются напряжением, значение которого зависит от номинального напряжения выключателя (для выключателей с номинальным напряжением до 35 кВ включительно эти испытания обязательны). Значения испытательного напряжения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Номинальное напряжение выключателя, кВ	3	6	10
Испытательное напряжение для фарфоровой изоляции, кВ	24	32	42
Испытательное напряжение для других видов изоляции, кВ	21,6	28,8	37,6

Изоляция вторичных цепей и обмоток привода испытывается напряжением переменного тока 1 кВ в течении 1 мин.

Измерение сопротивления постоянному току контактной системы масляных выключателей производится микроомметром пофазно у каждой пары рабочих контактов выключателя. Если результаты измерений больше значений, установленных нормами [1], необходимо произвести повторное измерение после ревизии контактов.

Измеренные значения сопротивлений шунтирующих резисторов дугогасительных устройств не должны отличаться от заводских данных более чем на 3%.

Проверка регулировочных характеристик выключателей (измерение хода подвижных контактов, определение вжима контактов и одновременности замыкания фаз) производится в объёме, определённом в заводской инструкции на данный тип выключателя.

Проверка выключателей многократным включением и отключением проводится при номинальном напряжении на выводах электромагнитов управления. Число циклов включения-отключения для масляных выключателей равно 3-5.

Проверка временных характеристик выключателей проводится для определения времени срабатывания и отключения МВ.

Проверка минимального напряжения срабатывания электромагнитов управления: электромагниты управления должны срабатывать при напряжении включения -  $0,85U_{\text{ном}}$  и напряжении отключения -  $0,7U_{\text{ном}}$ .

При получении результатов, сопротивления изоляции подвижных частей МВ, меньших допускаемых нормами, необходимо произвести измерение сопротивления изоляции при отключенном выключателе и замкнутых накоротко вводах. По результатам измерений

сопротивления изоляции во включенном и отключенном положениях масляного выключателя определяется сопротивлением изоляции  $R_{из}$  подвижных частей по формуле

$$R_{из} = \frac{R_{из.вкл} \cdot R_{из.откл}}{R_{из.откл} - R_{из.вкл}}$$

где  $R_{из.вкл}$  и  $R_{из.откл}$  – сопротивление изоляции, соответственно, включенного и отключенного масляного выключателя, МОм.

Сопротивление изоляции сильно зависит от температуры. Для приведения сопротивления изоляции полученного при измерениях к заводским данным используется следующая формула

$$R_{T2} = R_{T1} \cdot K$$

где  $R_{T1}$ ,  $R_{T2}$  – сопротивление изоляции при температурах  $T1$  и  $T2$ ;

$K$  – коэффициент, зависящий от типа изоляции (для изоляции класса А –  $K = 40$ , для изоляции класса В –  $K = 60$ ).

Сопротивление изоляции класса А при понижении температуры на каждые  $10^{\circ}\text{C}$  увеличивается в 1,5 раза и наоборот. На основе этого определены коэффициенты приведения результатов измерения к одной температуре, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Разность температур $T2-T1$ , $^{\circ}\text{C}$	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
Коэффициент изменения $R_{60}$	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4

Сопротивление изоляции класса В при повышении температуры на каждые  $18^{\circ}\text{C}$  снижается примерно в 2 раза. Из этого закона исходят при приведении результатов измерения  $R_{из}$  к одной температуре для изоляции класса В [1].

Полученные результаты выполненных измерений и вычислений заносятся в рабочую тетрадь, с последующим составлением протокола испытания масляного выключателя.

#### Список используемой литературы

1. Интернет-ресурс: metodika - ispytaniya - maslyanyh - vykljuchatelej. (lukielektrozamer.ru)

УДК 621.31

## МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Зеленина О.А.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Климентов Н.И.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены меры безопасности при проведении испытаний высоковольтного оборудования и требования к персоналу, проводящему испытания.

*Ключевые слова:* высоковольтное оборудование, испытание, меры безопасности.

Работы при проведении испытаний высоковольтного оборудования должны проводиться в соответствии требованиями Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [1].

Испытания электрооборудования выполняются по наряду бригадой, в составе которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, – группу II.

Перед началом работ необходимо: получить наряд (разрешение) на производство работ; подготовить рабочее место в соответствии с характером работы; убедиться в достаточности принятых мер безопасности со стороны допускающего (при работах по наряду) либо принять все меры безопасности самостоятельно (при работах по распоряжению); подготовить необходимый инструмент и приборы; при выполнении работ действовать в соответствии с программами (методиками) по испытанию электрооборудования: типовыми или на конкретное присоединение; при проведении высоковольтных испытаний на стационарной установке действовать в соответствии с инструкцией.

Проводить измерения с помощью мегомметра разрешается выполнять обученным работникам из числа электротехнической лаборатории. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения проводятся по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению. В тех случаях, когда измерения мегомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется. Измерять сопротивление изоляции мегомметром может работник, имеющий группу III и выше.

Измерение сопротивления изоляции мегомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путём предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегомметра. При измерении мегомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг). В электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

При работе с мегомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединён, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путём их кратковременного заземления.

Работы с подачей повышенного напряжения от постороннего источника, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду.

Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний электрооборудования и подготовительных работ к ним, должен быть выполнен только после удаления с рабочих мест других бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов допускающему. В электроустановках, не имеющих местного дежурного персонала, производителю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

Испытываемое оборудование, испытательная установка и соединительные провода между ними должны быть ограждены щитами, канатами с предупреждающим плакатом «Испытание. Опасно для жизни», обращенным наружу. Ограждение должны устанавливать работники, проводящие испытания.

При испытании кабельной линии (КЛ), если ее противоположный конец расположен в запертой камере, отсеке комплектного распределительного устройства (КРУ) или в помещении, на дверях или ограждении должен быть вывешен предупреждающий плакат «Испытание. Опасно для жизни». Если двери и ограждения не заперты либо испытанию подвергается ремонтируемая линия с разделанными на трассе жилами кабеля, помимо вывешивания плакатов у дверей, ограждений и разделанных жил кабеля, должна быть выставлена охрана из членов бригады, имеющих группу II, или оперативного персонала, находящегося на дежурстве.

При сборке испытательной схемы, прежде всего, должно быть выполнено защитное и рабочее заземление испытательной установки. Перед испытанием следует проверить надёжность заземления корпуса.

Перед присоединением испытательной установки к сети напряжением 380/220В вывод высокого напряжения её должен быть заземлён. Сечение медного провода, применяемого в испытательных схемах заземления, должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup>.

Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В должно выполняться через коммутационный аппарат с видимым разрывом или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

Провод или кабель, используемый для питания испытательной установки от сети напряжением 380/220В, должен быть защищен установленными в этой сети предохранителями или автоматическими выключателями. Подключать к сети передвижную испытательную установку должны представители организации, эксплуатирующие эти сети. Соединительный провод между испытательной установкой и испытуемым оборудованием сначала должен быть присоединён к её заземлённому выводу высокого напряжения.

Не допускается с момента подачи напряжения на вывод установки находиться на испытываемом оборудовании, а также прикасаться к корпусу испытательной установки, стоя на земле, входить и выходить из передвижной лаборатории, прикасаться к кузову передвижной лаборатории.

После окончания испытаний производитель работ должен:

- снизить напряжение испытательной установки до нуля и отключить её от сети напряжением 380/220В;
- заземлить вывод установки и сообщить об этом бригаде словами «Напряжение снято». Только после этого допускается пересоединять провода или в случае полного окончания испытания отсоединять их от испытательной установки и снимать ограждения;
- убрать рабочее место, восстановив нарушенные в процессе работы коммутационные соединения (если таковое имело место);
- сдать наряд (сообщить об окончании работ руководителю или оперативному персоналу);
- сделать запись в кабельный журнал о проведённых испытаниях (при испытании кабеля), либо сделать запись в черновик для последующей работы с полученными данными;
- оформить протокол на проведённые работы.

#### Список используемой литературы

1. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок: текст с изменениями на 2022 год. – Москва: Эксмо, 2022. – 96 с. – (Законы и кодексы).

УДК 656.075

### **СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

*Бобыльков М.В.*

*Научный руководитель: доцент О.С. Шерстюков*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрены основные этапы составления схематического плана, позволяющие выстроить правильную работу современной железнодорожной станции с высокоскоростной проходимостью.

*Ключевые слова:* схематический план, железнодорожная станция, системы ЭЦ, проектирование.

Процесс проектирования любой системы обеспечения безопасности движения поездов является очень ответственным процессом. От правильности выбора определенной системы, а также соответствия проектных решений утвержденным типовым альбомам, методическим указаниям, техническим решениям напрямую зависит безопасность движения поездов и сохранность перевозимых грузов [1].

Утверждаемой частью любой системы электрической (ЭЦ) или микропроцессорной централизации являются схематический план железнодорожной станции; таблицы

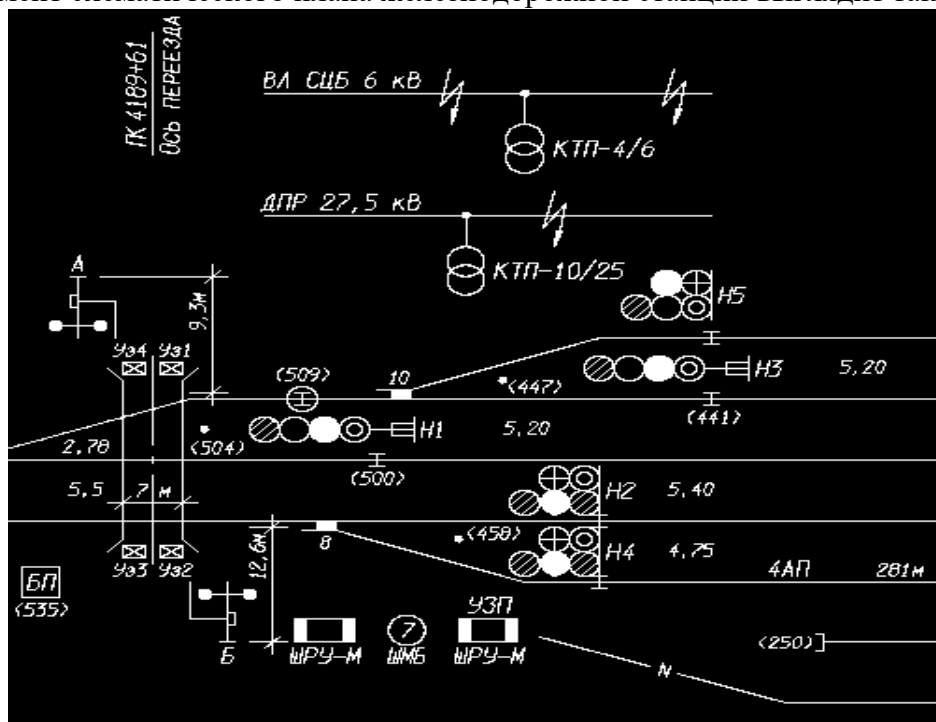


взаимозависимостей стрелок, сигналов и маршрутов; ведомость точек САУТ (при наличии данных устройств на станции).

Основным документом системы ЭЦ будет являться схематический план станции. От правильности его составления зависит дальнейшее проектирование.

На схематическом плане, помимо объектов, оборудуемых ЭЦ, должны быть приведены: таблица основных показателей, ведомость стрелочных переводов, таблица зон оповещения монтеров пути, перечень светофоров с двухнитевыми лампами и пригласительными сигналами, основные маршруты с автоматической локомотивной сигнализацией, сведения о системах технической диагностики и мониторинга, примечания и др. [2-5].

Фрагмент схематического плана железнодорожной станции выглядит так:



Следующим этапом после согласования схематического плана и таблицы взаимозависимостей стрелок, сигналов и маршрутов железнодорожной станции производится разработка двухниточного плана станции, принципиальных схем и монтажных схем системы ЭЦ.

Технически грамотно выполненный проект позволит не только правильно организовать перевозочный процесс на станции, сделать его безопасным, удобным в эксплуатации [1], но и не израсходовать лишние средства заказчика проекта, что в современных условиях является очень важным моментом.

#### Список используемой литературы

1. Шерстюков, О. С. Организация проектирования системы электрической централизации / О. С. Шерстюков, В. И. Попов // Исследования в сфере естествознания и технических наук: экспериментальный и теоретический поиск : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Белгород, 27 сентября 2019 года / Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2019. – С. 37-40. – EDN STCJSY.
2. Шерстюков, О. С. Современные системы технической диагностики и их роль в решении задач по обеспечению безопасности движения поездов / О. С. Шерстюков // . – 2018. – №9(12). – С. 41-43. – EDN PNNWID.

3. Шерстюков, О. С. Основные направления развития систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России / О. С. Шерстюков // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов, Ростов-на-Дону, 23–26 апреля 2019 года. Том 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 81-84. – EDN LERGPX.
4. Шерстюков, О. С. Направления развития систем интервального регулирования движения поездов / О. С. Шерстюков // Естественные и технические науки: проблемы трансдисциплинарного синтеза : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Белгород, 25 декабря 2020 года. – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2020. – С. 61-65. – EDN UZKJMR.
5. Шерстюков, О. С. Анализ отечественных систем технической диагностики и мониторинга на железнодорожном транспорте / О. С. Шерстюков // Современное развитие науки и техники : Сборник научных трудов Всероссийской национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–03 декабря 2020 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 351-354. – EDN UVWCKJ.

УДК 656.07

## **НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЭЦ-ЕМ**

*Бондарь С.А.*

*Научный руководитель: доцент Шерстюков О.С.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Перечислены основные составляющие питающих установок, обеспечивающих бесперебойное питание железнодорожных систем, и оценены требования к их надежности.

*Ключевые слова:* система ЭЦ-ЕМ, микропроцессорная централизация.

Электроснабжение любых устройств железнодорожной автоматики и телемеханики должно выполняться от трёх независимых источников питания [1].

Микропроцессорные централизации предъявляют более жёсткие требования к надёжности системы энергоснабжения по сравнению с системами релейных централизаций.

Система ЭЦ-ЕМ должна обеспечивать бесперебойное электропитание шкафов УВК РА и ПЭВМ рабочего места дежурного по станции (РМ ДСП) [2].

Организация питания релейного оборудования и напольных устройств системы ЭЦ-ЕМ аналогична организации питания систем релейных электрических централизаций. На станциях, где возможно одновременное пропадание напряжения во всех фидерах, должны применяться устройства бесперебойного питания (УБП), обеспечивающие бесперебойность электропитания на время отсутствия напряжения во всех фидерах за счёт преобразования постоянного напряжения резервного источника питания в требуемое переменное напряжение.

В состав питающей установки ЭЦ-ЕМ входят:

– вводное устройство;

– щит распределительный;

– трансформаторный щит;

– система бесперебойного питания с применением УБП категории Site Pro в комплекте с необслуживаемыми аккумуляторными батареями, размещёнными в батарейном кабинете. Ёмкость аккумуляторных батарей определяется расчётом по конкретному проекту с учётом резервирования питания нагрузки не менее 4 часов;

– изолирующий трансформатор нагрузок СЦБ;

– контрольная батарея;

– дизель-генераторный агрегат.

Конкретный выбор типа устройства бесперебойного питания, типа батарей или электронных накопителей и их количество зависит от расчётной мощности нагрузки (шкафов УВК РА, ПЭВМ РМ ДСП) и максимально возможного времени прерывания питания всех фидеров.

Индикация состояния фидеров питания выведена на экран монитора РМ ДСП.

Независимо от применяемой системы управления движением поездов к энергоснабжению устройств электрической централизации предъявляются высокие требования [3].

#### Список используемой литературы

1. СП 235.1326000.2015 Свод правил «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования», 2018. – 182 с.
2. Шерстюков, О. С. Анализ существующих систем питания устройств электрической централизации / О. С. Шерстюков, Д. А. Аксенов // Современная наука: диалог естественно-научной и социально-гуманитарной субкультур : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Белгород, 12 октября 2020 года / ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2020. – С. 25-28. – EDN DGKCIZ.
3. Адамов, А. Н. Системы электропитания устройств электрической централизации / А. Н. Адамов, О. С. Шерстюков // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 74-77. – EDN FTHYJH.

УДК 656.07

## НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ ЭЛЕКТРОПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

*Ерошков В.С.*

*Научный руководитель: доцент Шерстюков О.С.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрена значимость нескольких электропитающих устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, применяемых в общем процессе организации перевозок. Выявлены и охарактеризованы имеющиеся недостатки систем.

*Ключевые слова:* устройства электропитания, посты электрической централизации, релейные системы.

Системы электропитания устройств железнодорожной автоматики играют важную роль в общем процессе организации перевозок.

Посты электрической централизации (ЭЦ) должны обеспечиваться электроэнергией как электроприёмники особой группы I категории. Электроснабжение устройств железнодорожной автоматики и телемеханики должно выполняться от трёх независимых источников питания переменного тока [1].

Устройства электропитания релейных систем ЭЦ предназначены для ввода электроэнергии от внешних источников электроснабжения, распределения напряжения по нагрузкам поста ЭЦ, резервирования питания ответственных нагрузок, заряда аккумуляторных батарей, изоляции источников напряжения от земли и контроля изоляции, выработки импульсного питания ряда нагрузок.

Для ввода электроэнергии, распределения и преобразования питания используются типовые панели питания. В качестве панелей питания применяются панели ПВ-ЭЦК, ПР-ЭЦК, ПВП-ЭЦК, ПСПН-ЭЦК, ПСТН-ЭЦК, ПП25-ЭЦК и др. разновидности. Конкретный тип питающих панелей зависит от типа станций (крупные, промежуточные); типа ЭЦ, применяемой на станции.

В комплекс устройств электропитания крупных и промежуточных станций входит щит выключения питания ЩВП-73. Щит предназначен для быстрого и надёжного отключения одновременно всех видов питания устройств. Конструкция щита позволяет производить отключение аккумуляторных батарей для профилактики. Количество щитов ЩВП-73 зависит от количества вводных панелей.

Панели питания имеют резервные выпрямители для питания ответственных нагрузок, контроль неисправности выпрямителей, постоянный контроль изоляции от заземления всех цепей питания. Имеются статические преобразователи для резервирования питания ряда нагрузок гарантированного питания, обеспечивающие питание реле ЭЦ при отключенной батарее. Широко применена оптическая и акустическая сигнализация для информации работников эксплуатации о состоянии устройств.

Хотя системы электропитания релейных систем ЭЦ помимо достоинств имеют и недостатки [2, 3]:

- морально устаревшая элементная база (применение в качестве контролирующих устройств реле и др.);
- отсутствие постоянного контроля за элементами питающей установки;
- громоздкость оборудования.

Независимо от применяемой системы управления движением поездов к энергоснабжению устройств ЭЦ предъявляются высокие требования.

#### Список используемой литературы

1. СП 235.1326000.2015 Свод правил «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования», 2018. – 182 с.
2. Шерстюков, О. С. Анализ существующих систем питания устройств электрической централизации / О. С. Шерстюков, Д. А. Аксенов // Современная наука: диалог естественно-научной и социально-гуманитарной субкультур : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Белгород, 12 октября 2020 года / ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2020. – С. 25-28. – EDN DGKCIZ.
3. Адамов, А. Н. Системы электропитания устройств электрической централизации / А. Н. Адамов, О. С. Шерстюков // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 74-77. – EDN FTHYJH.

УДК 621.332.6

### **СОСТАВ АППАРАТУРЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

*Зеленина О.А.*

*Научный руководитель: доцент Шерстюков О.С.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрена специфика состава аппаратуры микропроцессорной телемеханики с использованием и без использования технология Ethernet.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, диспетчерский комплект, телемеханика.

Аппаратура микропроцессорной телемеханики (АМТ) предназначена для управления объектами системы электроснабжения железнодорожного транспорта, расположенных на тяговых подстанциях, постах секционирования и т. п. В аппаратуре используется технология Ethernet, включая двух и четырёхпроводные медные линии связи, оптоволоконные линии связи, сеть передачи данных.

Система телемеханики АМТ по способу применения подразделяется на:

- оборудование, установленное на контрольных пунктах (КП) для управления объектами инфраструктуры;
- оборудование, используемое для организации сети передачи данных, шкаф оборудования связи (ШОС);
- диспетчерский комплект.

Время опроса состояний одного КП составляет не более 1 с.

Время посылки командного пакета – не более 0,3 с.

Комплект аппаратуры состоит из стойки диспетчерского пункта (ДП) и компьютера с соответствующим специализированным программным обеспечением, размещаемых на диспетчерском пункте, и стоек КП, по одной на каждом контролируемом пункте.

Аппаратура ДП автоматически проводит цикл опроса всех КП. Аппаратура КП по запросу ДП передаёт информацию о контролируемых объектах.

Аппаратура КП непрерывно контролирует состояние подключенных датчиков телесигнализации (ТС) и исправность цепей телеуправления (ТУ). При обнаружении отказов или изменения состояния ТС, аппаратура КП автоматически инициирует внеочередной вызов ДП. После получения от ДП подтверждения вызова, передаётся информация о контролируемых объектах.

Аппаратура КП обеспечивает выдачу двухпозиционных (включить-отключить) команд на управление объектами при приёме от диспетчерского полукомплекта командного информационного пакета, содержащего уникальный адрес данного КП и кодовую информацию номера управляемого объекта.

Аппаратура ДП отображает на мониторе управляющего компьютера мнемосхему диспетчерского круга, обеспечивает посылку с компьютера командных информационных пакетов по приказу энергодиспетчера и отображает на мониторе состояние контролируемых объектов. Управление объектами осуществляется непосредственно энергодиспетчером с оформлением соответствующего приказа. Аппаратура ДП позволяет диспетчеру получать полную информацию о состоянии любого КП в любой момент времени. Команды посылаются диспетчером с клавиатуры, либо с помощью манипулятора типа «мышь».

Связь между ДП и КП осуществляется по Ethernet, при отсутствии на КП канала Ethernet связь между КП и ДП осуществляется по проводным линиям связи ТУ-ТС с использованием высокочастотных модемов (например, Zelax). Аппаратура позволяет осуществлять передачу зарегистрированных значений тока и напряжения на диспетчерский полукомплект с соответствующих блоков регистрации тока и напряжения [1-3].

Современная элементная база и применяемые технологии в системе АМТ позволяют повысить эффективность принятия управленческих решений в хозяйстве электроснабжения.

#### Список используемой литературы

1. Шерстюков, О. С. Автоматизация учёта и анализа случаев технологических нарушений на железнодорожном транспорте / О. С. Шерстюков // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 277-281. – EDN DKKAON.

2. Шерстюков, О. С. Применение комплексной автоматизированной системы учёта, контроля, устранения отказов технических средств и анализа их надёжности (КАС АНТ) / О. С. Шерстюков // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 240-244. – EDN FCNZUF.
3. Шерстюков, О. С. Комплексная автоматизированная система учёта и анализа случаев технологических нарушений (КАСАТ) / О. С. Шерстюков // Стратегия развития сферы науки и образования в современном глобализирующемся мире : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Белгород, 12 октября 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Ткачевой. – г. Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2021. – С. 52-58. – EDN MIGSGL.

УДК 621.332.6

## **МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕХАНИКИ АМТ**

*Косарев А.С.*

*Научный руководитель: доцент Шерстюков О.С.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Рассмотрено несколько ключевых микропроцессорных систем, применяемых на железных дорогах России. Оценены их достоинства и недостатки.

*Ключевые слова:* системы АТМ, микропроцессоры, телемеханика.

На железных дорогах России получает широкое применение микропроцессорная система телемеханики (АМТ).

Основное назначение системы АМТ:

1. Удалённое управление объектами электроснабжения железнодорожного транспорта, городского электрического транспорта и производственных предприятий.
2. Диагностика устройств электроснабжения постоянного и переменного тока.
3. Передача информации о состоянии объектов электроснабжения железнодорожного транспорта в центральные энергодиспетчерские пункты дороги и во внешние сети энергоснабжения.

Основные функции микропроцессорной телемеханики АМТ и входящей в её состав программного комплекса автоматизированного рабочего места (АРМ) энергодиспетчера «Контакт»:

1. Передача команд телеуправления от диспетчера на контролируемый пункт для переключения объектов электроснабжения.
2. Получение диспетчером информации о состоянии объектов телесигнализации на контролируемом пункте.
3. Получение диспетчером информации о величине измеряемых параметров объектов телеизмерения и диагностика состояния объектов электроснабжения на контролируемом пункте.
4. Отображение активной схемы участка электроснабжения на мультимониторном экране коллективного пользования.
5. Автоматическое ведение оперативного журнала диспетчера и каталога аварийных событий круга электроснабжения.
6. Передача информации о состоянии объектов электроснабжения и телеизмерения в центральный энергодиспетчерский пункт (ЦЭДП).

Преимуществами микропроцессорной телемеханики АМТ и комплекса АРМ энергодиспетчера «Контакт» перед другими системами телемеханики являются:

1. Работа по комбинированным каналам связи (аналоговым физическим линиям связи, цифровым линиям связи, беспроводным линиям связи).

2. Возможность осуществлять интеграцию с системой МСТ-95, что позволяет поэтапно вводить в работу аппаратуру АМТ, без остановки технологического процесса.

3. Использование цифровых линий связи практически исключает получение в диспетчерском пункте ложной информации о состоянии объекта.

4. Самодиагностика узлов и модулей системы позволяет оперативно выявлять и устранять неполадки в работе системы.

5. Наличие современного программного обеспечения позволяет оперативно корректировать схемы участка электроснабжения в соответствии с реальными изменениями на участке.

6. Автоматически формируемые журналы и каталоги событий (позволяет оперативно разбирать аварийные ситуации на участке электроснабжения и выявлять причины возникающих инцидентов).

7. Система диагностики коммутационных аппаратов (позволяет перейти от планово-предупредительного ремонта к ремонту по состоянию) [1-3].

Использование возможностей АМТ позволяет повысить эффективность работы по автоматизации учёта и анализа случаев технологических нарушений в хозяйстве электроснабжения.

#### Список используемой литературы

1. Шерстюков, О. С. Автоматизация учёта и анализа случаев технологических нарушений на железнодорожном транспорте / О. С. Шерстюков // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 277-281. – EDN DKKAON.
2. Шерстюков, О. С. Применение комплексной автоматизированной системы учёта, контроля, устранения отказов технических средств и анализа их надёжности (КАС АНТ) / О. С. Шерстюков // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 240-244. – EDN FCNZUF.
3. Шерстюков, О. С. Комплексная автоматизированная система учёта и анализа случаев технологических нарушений (КАСАТ) / О. С. Шерстюков // Стратегия развития сферы науки и образования в современном глобализирующемся мире : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Белгород, 12 октября 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Ткачевой. – г. Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2021. – С. 52-58. – EDN MIGSGL.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ**

*Свергунова А.В.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Никитин С.А.*

*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

В статье рассмотрены виды низкотехнологичных устройств, позволяющих обеспечить устойчивость земляного полотна в условиях вечной мерзлоты.

*Ключевые слова:* вечная мерзлота, деформация земляного полотна.

За более чем вековую историю железнодорожного освоения криолитозоны никому и нигде не удалось построить железнодорожный путь, который бы не испытывал деформаций вследствие осадок при оттаивании льдистых грунтов или пучения при промерзании влажных дисперсных грунтов основания. Эти проблемы характерны для всех железных дорог независимо от срока их эксплуатации: для Забайкальской железной дороги, находящейся в эксплуатации более ста лет, БАМ и АЯМ – десятки лет, подъездных путей Чара-Чина и Улак-Эльга – несколько лет и недавно построенной Цинхай-Тибетской железной дороги.

Строительство железных дорог на участках вечной мерзлоты возможно двумя различными путями. Первый путь – это сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии на протяжении всего времени эксплуатации дороги. Второй путь лежит в области превентивного оттаивания льдистых грунтов и замещения их. Тот или иной вариант стабилизации земляного полотна следует выбирать на основе теплотехнических расчетов и технико-экономического сравнения вариантов с учетом затрат как на строительство, так и на содержание железнодорожного пути и иной инфраструктуры, а также с учетом эксплуатационных расходов.

Но прежде надо выявить, качественно и количественно, все факторы возможного оттаивания мерзлых грунтов в конкретных природных и техногенных условиях, а затем воздействовать на эти факторы, добиваться нужного температурного режима грунтов основания земляного полотна.

Оттаивание вечномерзлых грунтов под земляным полотном железных дорог обычно вызывают:

- увеличение поглощения солнечной радиации земляным полотном по сравнению с естественной поверхностью;
- инфильтрация теплых летних осадков в тело и основание земляного полотна;
- увеличение толщины снежного покрова у основания насыпи и на прилегающей территории;
- фильтрация поверхностных и подземных вод в тело и основание земляного полотна на косогорных участках.

С учетом этого нами разработано несколько способов укрепления основания земляного полотна на сильнольдистых вечномерзлых грунтах, предусматривающих понижение среднегодовой температуры грунтов и сохранение их в постоянно мерзлом состоянии путем регулирования соотношения охлаждающих и отепляющих факторов или, наоборот, превентивное оттаивание сильнольдистых массивов с одновременным замещением их непросадочной грунтовой массой [2; 4].

Одним из способов предотвращения таяния льдов под насыпью является создание насыпи с широким основанием, через которую пропущены железобетонные трубы (рис. 1). В периоды года с отрицательными температурами это позволяет охлаждать как саму насыпь, так и грунтовое основание под ней. Следует отметить, что данный метод является весьма затратным.





Рис. 1 – Охлаждение насыпи при помощи сквозных труб

Применение каменной насыпи является более дешевым способом охлаждения. Так, в лаборатории Цинхай-Тибетской железной дороги за счет применения камней в теле насыпи удалось снизить температуру под ней на три градуса.

Охлаждающий эффект каменных набросок достигается за счет интенсивной конвективной теплоотдачи в холодный период и теневой защиты в летний. При этом предпочтение следует отдавать глыбовым разновидностям крупнообломочных грунтов с содержанием не менее 75% по массе частиц фракций  $d = 200\text{--}500$  мм. Скальный грунт должен состоять из невыветрелых или слабовыветрелых, неразмягаемых пород. Из глыбовых крупнообломочных грунтов путем сортировки производится материал для фракционного камня, используемого в охлаждающих набросках и бермах при необходимости сохранения мерзлоты в основании. При этом крупные фракции 200–500 мм должны составлять не менее 90% по массе при среднем размере камня 400 мм. Камень должен быть из неразмягаемых пород с морозостойкостью не хуже F 50.

По данным натуральных наблюдений [1; 3], навес на откосах насыпи может понижать температуру грунтов на 3–5°C и обеспечивать стабильность земляного полотна на сильнольдистых вечномерзлых грунтах.

Перспективно применение солнцезащитных навесов и на российских железных дорогах, в частности на Амуро-Якутской железнодорожной магистрали, в особенности на подходе к р. Лена, где на десятках километрах трассы имеются грунты так называемого ледового комплекса мощностью в несколько десятков метров. Такую толщину ни вырезать, ни предварительно оттаять невозможно. Поэтому ее придется предохранять от оттаивания на протяжении всего периода эксплуатации дороги.

Положительный эффект применения навеса достигается тем, что под ним создаются возможности интенсивного зимнего охлаждения земляного полотна и его основания и исключаются инфильтрация летних осадков и прямая солнечная радиация. При сохранении высоких прочностных свойств мерзлых грунтов основания на протяжении всего периода эксплуатации дороги отпадает необходимость в дополнительных противодеформационных мероприятиях, упрощается конструкция насыпи, возрастает пропускная способность дороги и увеличиваются межремонтные сроки пути.

Солнцезащитные навесы на откосах насыпи Цинхай-Тибетской железной дороги представлены на рис. 2.



Рис. 2 – Солнцезащитные навесы на откосах насыпи  
Цинхай-Тибетской железной дороги

Другой распространенной мерой для искусственного охлаждения грунтов оснований насыпей являются парожидкостные сезонно-действующие охлаждающие установки (СОУ), работающие автоматически в холодное время года и не требующие затрат и обслуживающего персонала. Они представляют собой тепловые трубы, в которых отвод тепла от грунтов основания осуществляется за счет циркуляции в них пара и жидкости. Простейшими из таких устройств являются термосифоны, в которых циркуляция осуществляется за счет сил тяжести. Установки работают только в холодный период года, когда температура наземной части ниже температуры грунта основания, и останавливаются в теплый период года (не нагревая грунты), когда температура воздуха становится выше температуры грунта. Парожидкостные СОУ изготавливаются из стальных или алюминиевых труб диаметром 32–57 мм, которые герметизируются и заполняются хладагентом (фреоном, аммиаком, углекислым газом). Верхняя часть СОУ (конденсатор), находящаяся над поверхностью грунта, для развития поверхности выполняется с оребрением.

Термосифоны на откосах насыпи Цинхай-Тибетской железной дороги представлены на рис. 3.



Рис. 3 - Термосифоны на откосах насыпи Цинхай-Тибетской железной дороги

Схема расположения сифонов и разрез сифона представлены на рис. 4.

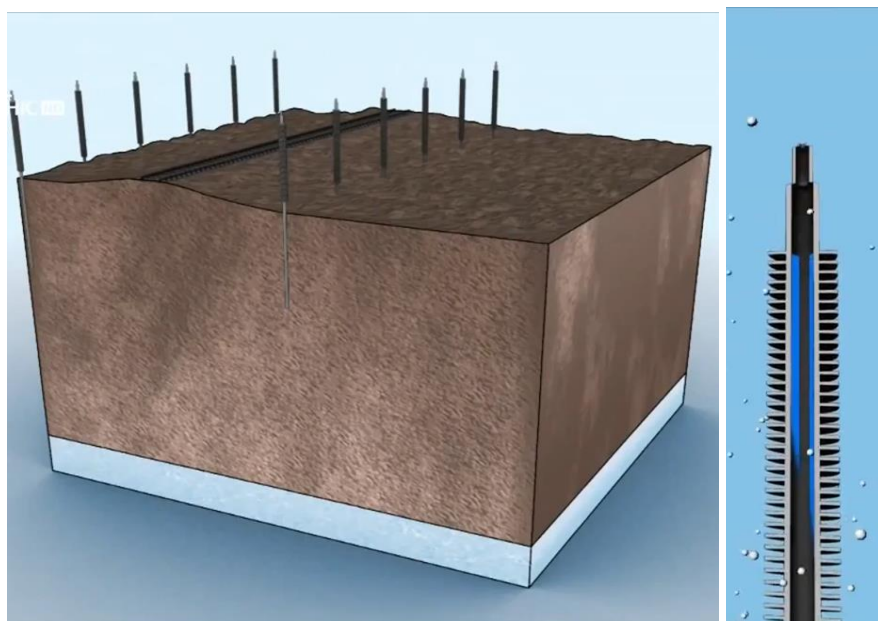


Рис. 4 – Схема расположения и разрез термосифона

Таким образом, мероприятия по организационно-технической подготовке строительства железных дорог в условиях вечной мерзлоты следует выполнять с учетом природных условий района, а также принятых в проекте принципов использования вечномёрзлых грунтов в качестве основания зданий и сооружений.

#### Список используемой литературы

1. Кондратьев В.Г. Новые способы укрепления основания железнодорожного земляного полотна на сильнольдистых вечномёрзлых грунтах // Ж.-д. транспорт. Сер. «Строительство. Проектирование»: ЭИ/ЦНИИТЭИ МПС. 1995. Вып. 1.
2. Кондратьев В.Г. Изменение геокриологических условий при сооружении и эксплуатации железнодорожного пути и некоторые способы обеспечения его устойчивости на сильнольдистых грунтах // Сб. «Докл. 1 съезда Российских геокриологов». М.: МГУ, 1996.
3. Кондратьев В.Г. Стабилизация земляного полотна на вечномёрзлых грунтах. Чита: Забтранс, 2011.

УДК 662.7

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИДКОГО БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

*Сафонов А.О., Бондарев А.Е., Манохин С.В.*

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия*

*им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

В статье представлены обзор современного состояния и результаты исследований использования щелочных катализаторов при производстве биодизельного топлива. Полученные результаты показывают перспективность их применения для производства жидкого биодизельного топлива для железнодорожного транспорта.

*Ключевые слова:* биодизельный, катализатор, топливо, транспорт, щелочь.



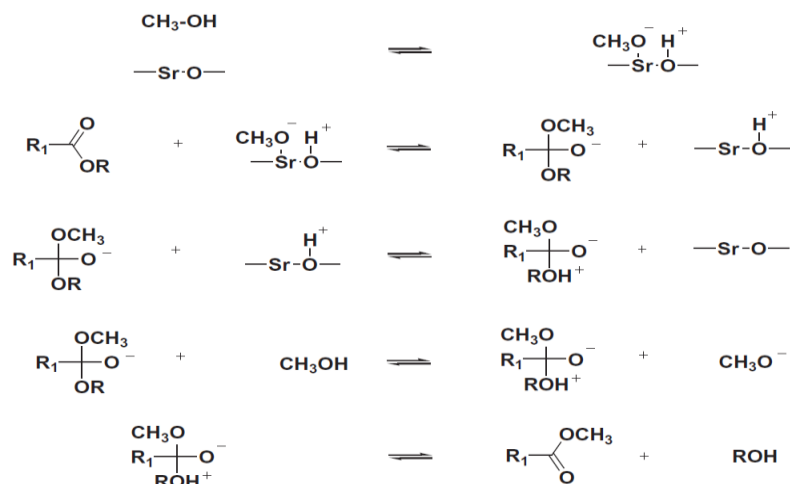
Альтернативные виды биотоплива, такие как этанол и биодизель, вызывают интерес промышленных потребителей по известным причинам. Интенсивное потребление нефти и природного газа, влияние их на глобальное потепление и повышенное внимание к энергетической безопасности являются основными предпосылками роста объема использования биотоплива [1]. Перевод техники, использующей жидкое топливо, на биотопливо имеет обозримые перспективы для железнодорожной отрасли [2]. Транспортные средства, которые применяются для нужд железнодорожной отрасли при сервисном обслуживании, ремонте, диагностики работают на жидком топливе.

В настоящее время в производстве и использовании биодизеля наблюдается значительный скачок из-за преимуществ, связанных с его свойством снижения выбросов парниковых газов. Уже сейчас в мире имеется большое количество энергетических заводов, производящих биодизель путем реакции гомогенной переэтерификации масел и жиров, катализируемой щелочью [3]. Однако гомогенный процесс включает стадии отделения глицерина, промывки биодизельного топлива от натрия, калия, глицеридов и воды. Очевидно, перспективным путем будет гетерогенное производство биодизельного топлива, поскольку оно экологически более безопасно [4]. При этом нет необходимости промывки водой, а сепарация полученных продуктов намного проще.

Целью проведенных исследований было повышение эффективности производства биодизельного топлива путем применения щелочных катализаторов.

Представленные исследования показывают положительные результаты в разработке гетерогенных катализаторов, используемых для производства биотоплива. Они дают возможность выбора наиболее эффективных катализаторов и оптимальных режимных параметров для производства биодизельного топлива.

Все экспериментальные исследования, результаты которых представлены ниже, были проведены по предварительно разработанному плану. При этом учитывались интервалы варьирования параметров, наличие и степень влияния объективных воздействий, а также другие факторы [5]. В результате исследований изучен оксид стронция SrO для переэтерификации соевого масла. Подготовка катализатора заключалась в прокаливании SrCO<sub>3</sub> при температуре 1000 °С в течение 6 часов. Следует отметить, что SrO имеет сильную щелочную среду pH 22,4 и площадь поверхности по методу Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ) равную 1,05 м<sup>2</sup>/г. БЭТ является методом, наиболее широко используемым для оценки площади поверхности пористых материалов. Проведенная реакция позволила достичь конверсии 95% при температуре 65°C, содержании катализатора 3мас.%, молярном отношении метанол:масло – 11:1 и времени реакции 28 мин. Было установлено, что произошло незначительное снижение выхода биодизельного топлива при повторном использовании SrO в течение 10 циклов. Механизм реакции переэтерификации, где основной ступенью процесса является получение ионов комплекса SrO, имеет следующий вид



Также были проведены исследования переэтерификации соевого масла с получением биодизельного топлива с использованием в качестве твердого катализатора оксида кальция. Его площадь поверхности по БЭТ составляла  $0,56 \text{ м}^2/\text{г}$ . Реакция проводилась с соотношением метанол:масло – 12:1. Концентрация оксида кальция составляла 7 мас.% при нагреве до  $65^\circ\text{C}$ . В течение 3 часов проведения реакции переэтерификации получено 95%-ное биодизельное топливо.

Также наблюдалась сравнительная активность CaO с катализаторами  $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{KF}/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Приготовление указанных катализаторов проводилось пропиткой водным раствором KF с дальнейшей их температурной обработкой при  $600^\circ\text{C}$  в течение 4,5 часов. Оказалось, что оксид кальция имел стабильную активность в течение 20 циклов.

В процессе не наблюдалось значительное снижение выхода биодизеля. При этом  $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{KF}/\text{Al}_2\text{O}_3$  не сохранили стабильный выход биодизеля, который снижался после каждого цикла. Это обусловлено тем, что соединения указанных металлов подвергались растворению в метаноле, что влияло на содержание активных ингредиентов и тем самым уменьшало выход биодизеля в последующих циклах реакции переэтерификации.

В исследованиях также наблюдалось, что наличие воды в количестве не более 2,8% по массе соевого масла действует как катализатор, но при превышении этого уровня  $\text{H}_2\text{O}$  он гидролизует метиловые эфиры жирных кислот с образованием мыльных фракций.

Также была проведена оценка каталитических свойств оксида кальция для производства биодизеля при переэтерификации соевого масла в реакторе при мольном отношении метанол:масло –13:1 и объеме катализатора 3 мас. % при температуре реакции  $60^\circ\text{C}$ . В этих условиях реакция занимает около 100 мин с выходом биодизельного топлива около 95%. Следует отметить, что удельная поверхность CaO составляла 31 – 32  $\text{м}^2/\text{г}$ . При этом наблюдалось окисление поверхности оксида кальция атмосферным воздухом. Для снижения этого отрицательного эффекта и увеличения активности катализатор подвергали прокаливанию при температуре  $700^\circ\text{C}$ . Высокотемпературная обработка катализатора привела к выщелачиванию в небольшом количестве активных элементов. Это в целом не приводило к снижению каталитической активности. Однако произошло снижение конверсии с 92% в первом цикле до 84% во втором с последующей стабилизацией.

Также была проведена серия экспериментов для определения каталитической активности гетерогенного оксида кальция для переэтерификации соевого масла. При этом для активации катализатор был предварительно обработан метанолом при температуре  $30^\circ\text{C}$  в течение 2 ч. Очевидно, некоторый объем CaO перешел в  $\text{Ca}(\text{OCH}_3)_2$ , имеющий большую каталитическую активность, чем оксид кальция. В ходе экспериментов проводили переэтерификацию соевого масла с использованием некоторого количества  $\text{Ca}(\text{OCH}_3)_2$  с получением биодизеля и глицерина. Образовавшийся глицерин вступал в реакцию с CaO при  $55^\circ\text{C}$ . Полученное соединение ускорило реакцию переэтерификации. Однако реакция протекала дольше с большим объемом получаемого глицерина.

Следующие исследования были посвящены применению CaO для переэтерификации соевого масла при соотношении метанол:масло – 12:1 при температуре кипения с обратным конденсатором в течение 2 ч. в реакторе периодического действия. Была достигнута конверсия биодизеля более 92%. Катализатор получали путем нагрева пылевидного известняка при  $1000^\circ\text{C}$  в течение 2 ч. Было установлено, что площадь поверхности по БЭТ не использованного CaO составляет  $12,8 \text{ м}^2/\text{г}$ , а площадь поверхности CaO, участвовавшего в реакции, составляет  $11 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Интересные результаты были получены при исследовании каталитической активности оксидов металлов на основе Ca в качестве гетерогенных базовых катализаторов, а именно  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{CaMnO}_3$ ,  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaZrO}_3$  при переэтерификации соевого масла. Реакция осуществлялась в вышеуказанном реакторе периодического действия при температуре  $60^\circ\text{C}$  и соотношении метанол:масло – 7:1 в течение 7-10 ч. с полученной конверсией 80-94%. Оказалось, что катализатор  $\text{CaZrO}_3$  имеет высокую активность с конверсией биодизеля более 80% и в перспективе может применяться при производстве биотоплива. Перед

экспериментами  $\text{CaTiO}_3$  измельчали с последующим прокаливанием при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течение 2 часов. Также перед применением  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  измельчали и прокаливали при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течение 4 ч. Вышеуказанные гетерогенные катализаторы показали самую высокую щелочную активность, что говорит об их высокой эффективности использования в реакциях переэтерификации.

Также следует отметить экспериментальные исследования  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , нанесенного на катализатор  $\text{MgO}$ . Комплекс прокаливали при температуре  $600^\circ\text{C}$  в течение 3 ч. При этом образуется катализатор, обеспечивший конверсию биодизеля из соевого масла с выходом 99,5%. Эти исследования показывают, что гетерогенные катализаторы повышают выход продукта, а щелочные носители более активны, чем кислотные. Каталитическая активность  $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{MgO}$  больше, чем у  $\text{K}_2\text{CO}_3$  по причине его взаимодействия с  $\text{MgO}$  с высокой дисперсностью активных центров на поверхности оксида магния. При этом наивысшая активность была получена через 2 часа реакции, а максимальный выход биодизеля при температуре  $70^\circ\text{C}$  и соотношении метанол:масло – 6:1. Катализатор  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , нанесенный на носитель  $\text{MgO}$  оказался эффективнее всех ранее исследованных катализаторов. По окончании 8 циклов активность не сильно уменьшилась и после температурной обработки вернулась на прежний уровень.

Далее приведем результаты исследования переэтерификации с использованием магний-циркониевого катализатора  $\text{Mg}/\text{Zr}$  (соотношение катализатора 2,1:1 мас./мас %). Его получали путем соосаждения при растворении  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$  в дистиллированной воде. При этом pH 10 достигали в результате смеси  $\text{KOH}$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Получаемый осадок фильтровали и промывали с последующим прокаливанием при  $650^\circ\text{C}$  в течение 5 часов. Результаты спектрограммы показали, что оксид циркония находится в тетрагональной форме, а оксид магния – в виде каменной соли. Получившийся катализатор проявлял незначительные участки кристаллитов  $\text{Zr}$  и большие – кристаллитов  $\text{Mg}$ . Это обстоятельство делает  $\text{Zr}$  хорошо реагирующим с  $\text{MgO}$ . Следует учитывать, что высокая каталитическая активность  $\text{Mg}/\text{Zr}$  может быть следствием значительного объема щелочных центров. Общая щелочность катализатора составляла 1300 моль/г, а площадь поверхности соответственно 47  $\text{m}^2/\text{г}$ . Переэтерификация проходила при  $65^\circ\text{C}$  при соотношении метанол:масло – 13:1 и объеме катализатора 0,1 мас.% масла. Выход биодизеля составил около 98% всего за 1 ч. Небольшое уменьшение конверсии до 5% оказалось при переэтерификации соевого масла после 4 циклов.

Следующим этапом исследований было использование 15 мас.%  $\text{ZrO}$ , нанесенного на пористый диоксид кремния, в качестве основания катализатора. Переэтерификацию соевого масла проводили при соотношении метанол:масло – 12:1, объеме катализатора 5 мас.% при  $60^\circ\text{C}$  в течение 4 часов. Выход биодизеля составил 89–90% по серии 5 экспериментов. Наибольшая активность катализатора отмечается при пропитке раствором  $\text{ZrO}$  пористого кремнезема при начальной влажности с концентрацией 15 мас.%.

Также были проведены серии экспериментов с катализатором  $\text{Mg}/\text{Al}$ . Он оказался активным по причине его высокощелочной природы. Катализатор  $\text{Mg}/\text{Al}$  также дает высокую конверсию биодизеля в реакции переэтерификации на уровне 89% в течение 2 часов. При сравнении полученных результатов с результатами гомогенного катализатора  $\text{NaOH}$  в реакции переэтерификации при одинаковых режимах реакции оказалось, что  $\text{NaOH}$  сильно ускоряет реакцию и дает аналогичную конверсию всего в течение 20 минут.

При проведении исследований реакции переэтерификации установлено, что  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , прокаленный при  $500^\circ\text{C}$ , обеспечивает конверсию биодизеля 93,4%. Отрицательным явлением было то, что повышение температуры прокаливания снижает выход биодизеля по причине образования неактивных алюминатов металлов.

Проведенные исследования показывают перспективность использования щелочных катализаторов для производства жидкого биодизельного топлива для железнодорожного транспорта. Для получения промышленных катализаторов требуется провести соответствующие расчеты себестоимости их получения. Также целесообразно выполнить

анализ возможности их многократного применения с оценкой трудностей восстановления каталитической активности после определенного количества циклов использования в реакции переэтерификации растительного масла различных сельскохозяйственных культур.

#### Список используемой литературы

1. Сафонов, А.О. Экологические предпосылки создания мобильных биотопливных установок / А.О. Сафонов, А.Е.Бондарев, С.В. Манохин // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования: материалы X Международной научно–практической конференции (11 ноября 2021 г.) /Пермский государственный национальный исследовательский университет – Пермь, 2021. – 5,0 Мб; с. 453. – Режим доступа <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/prognozirovanie-innovacionnogo-razvitiya-nacionalnoy-economiki-2021.pdf>. – EDN ZYDKCU.
2. Сафонов, А.О. Изучение особенностей производства и применения биоэтанола и биодизеля за рубежом / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 246 – 250. – EDN QHNIVE.
3. Сафонов, А.О. Перспективы развития локальных биотопливных установок на различных видах сырья / А.О. Сафонов, В.П. Капустин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2022. – №3(43). – С. 24–30. – EDN CGPCPB.
4. Сафонов, А.О. Технологические аспекты производства жидкого биотоплива / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 234 – 237. – EDN QEBRJJ.
5. Сафонов, А.О. Особенности планирования эксперимента при исследованиях процесса прессования биотоплива [Текст] / А.О. Сафонов // Актуальные вопросы фундаментальных исследований и инновационные методы переработки возобновляемых ресурсов: мат. национального молодежного научного форума и школы, 01–05 октября 2018 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. лесотехн. ун–т имени Г.Ф.Морозова», – 2018. С. 236 – 240. – EDN YPCLUL.

УДК 662.7

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ КИСЛОТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

*Сафонов А.О., Бондарев А.Е., Манохин С.В.*

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия*

*им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

В статье представлены обзор современного состояния и результаты исследований кислотных катализаторов при производстве биодизельного топлива. Установлено, что твердые кислотные катализаторы требуют дальнейших исследований, направленных на повышение эффективности их использования для переэтерификации растительного масла с получением биодизельного топлива требуемых характеристик.

*Ключевые слова:* биодизельный, катализатор, кислота, топливо, транспорт.

Жидкое топливо применяется в тепловозной технике, путевых кранах и машинах на железнодорожном ходу. Помимо транспортных средств, используемых в железнодорожной отрасли для грузоперевозок, на дизельном топливе также работают машины для уборки

снега, строительства новых железных дорог, а также ремонта и текущего сервисного обслуживания уже введенных в эксплуатацию [1]. Железнодорожные машины и установки при сервисном обслуживании расходуют значительное количество биодизельного топлива при выправке железнодорожного пути в различных направлениях, а также для уплотнения основания или балласта под шпалами и с их торцов, под элементами стрелочных переводов и крестовин [2]. По причине перспективы снижения объема невозобновляемого нефтяного топлива возникла необходимость проведения научных исследований и опытно-конструкторских разработок, направленных на эффективное получение возобновляемого жидкого биотоплива. В ранее проведенных исследованиях и представленных в настоящей работе были проведены эксперименты по повышению эффективности производства биодизельного топлива из сырья растительного происхождения [3].

Так, например, зарубежные ученые занимались исследованиями молибдата натрия  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  для метанолиза различных видов соевого масла, отличающихся значениями кислотного числа [4]. Реакцию проводили при температуре  $70^\circ\text{C}$ , соотношении метанол/масло 45:1, содержании катализатора 5 мас.%, в течение 2,5 ч. Выход биодизеля, получившийся для рафинированного соевого масла, составлял от 92 до 95%. Высокая активность катализатора объясняется присутствием центров молибдена, который имеет низкое значение рН. Он может взаимодействовать по связи O – H, приводя к центрам, имеющим достаточно высокую каталитическую активность. При этом  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  получали обработкой оксида молибдена с раствором гидроксида натрия при температуре  $550^\circ\text{C}$  в течение 3 ч. Затем приливали  $\text{MoOH}$  и фильтровали, а затем промывали метанолом с последующим обезвоживанием при температуре  $150^\circ\text{C}$  в течение 3,5 ч.

Таким образом, целью проведенных исследований было повышение эффективности производства биодизельного топлива путем применения кислотных катализаторов.

Представленные в работе исследования проводились по разработанным планам проведения экспериментов, учитывающим интервалы изменения регулируемых параметров, наличие и степень влияния возмущающих воздействий [5].

Заслуживают внимания результаты проведенных исследований твердых суперкислотных катализаторов, а именно: сульфатированного оксида олова, вольфрамированного и сульфатированного циркониевого оксида алюминия. Переэтерификация соевого масла проводилась метиловым спиртом при температуре  $300^\circ\text{C}$  и молярном отношении метанол:масло – 45:1 с содержанием катализатора 5,0 г. Для получения вольфрамата циркония смесь аморфного гидратированного циркония, гидратированного оксида алюминия, раствора вольфрамата аммония и дистиллированной воды перемешивали в течение 30 мин. Затем полученную смесь продавливали через матрицу для образования цилиндрических гранул с дальнейшей сушкой при температуре  $150^\circ\text{C}$ . Затем гранулы прокаливали в течение 30 мин при температуре  $950^\circ\text{C}$ . Было отмечено, что во время переэтерификации катализатор на основе вольфрамированного циркония показал наивысшую активность с конверсией биодизельного топлива 95% за время реакции 7 ч. Однако при тех же условиях сульфатированный оксид олова и сульфатированный оксид алюминия обеспечили выход биодизельного топлива только 79% и 71% соответственно.

Целью нижеследующих экспериментальных исследований было определить эффективность применения ванадилфосфата, как катализатора для переэтерификации соевого масла. Было установлено, что катализатор имел активность в реакции переэтерификации с конверсией биодизеля 80% после 1 часа реакции. При этом он имел небольшую удельную поверхность в интервале 2-4  $\text{m}^2/\text{г}$ . Ванадилфосфат производили из оксида  $\text{V}_2\text{O}_5$  в разбавленной фосфорной кислоте с последующей термической обработкой при температуре  $500^\circ\text{C}$  в течение 2 ч. В результате прокаливания повышалась каталитическая активность, что приводило к испарению гидратной воды из катализатора и, как следствие, повышению кислотности. Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что термически не обработанный  $\text{VO-PO}_4\text{2H}_2\text{O}$  имеет кристаллографическую



форму, в то время как в случае прокаленного  $\text{VOPO}_4$  наблюдались другие кристаллографические пики.

Также был испытан в качестве твердого кислотного катализатора переэтерификации соевого масла метанолом оксид вольфрама на носителе из диоксида циркония  $\text{WO}_3/\text{ZrO}_2$ . Катализатор получали пропиткой гидроксида циркония вольфраматом аммония с содержанием 12 мас.%  $\text{WO}_3$ . Полученный катализатор сушили при температуре  $120^\circ\text{C}$  с последующим прокаливанием при температуре  $500^\circ\text{C}$ . При 5 мас.% кислотного катализатора  $\text{WO}_3/\text{ZrO}_2$  за время реакции 5 ч. была получена максимальная конверсия биодизельного топлива 98%. Следует отметить, что наличие кристаллического  $\text{WO}_3$  и диоксида циркония в некоторой степени снижает активность катализатора. Его кислотность при 5 мас.%  $\text{WO}_3/\text{ZrO}_2$  составляла 1,04 моль/г и уменьшалась при увеличении количества  $\text{WO}_3$  по причине избыточного покрытия частицами оксида вольфрама диоксидом циркония.

Далее были проведены исследования циркониевого твердого кислотного катализатора для реакции переэтерификации соевого масла с применением этанола в реакторе высокого давления. Сульфатированный диоксид циркония произведен бессольвентным методом и стандартным методом осаждения. В бессольвентном методе  $\text{ZrOCl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$  смешивают с  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  в молярном соотношении 1:8 в течение 35 мин при температуре  $20^\circ\text{C}$  с последующим прокаливанием при температуре  $500^\circ\text{C}$  в течение 6 ч. При стандартном методе катализатор получали путем осаждения гидрата хлорида циркония  $\text{ZrOCl}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$  гидроксидом аммония при pH 8,5. Полученный осадок промывали и сушили, затем порошок сульфатировали серной кислотой с последующим прокаливанием при температуре  $600^\circ\text{C}$  в течение 3 ч. Было установлено, что катализатор, полученный без растворителя, имел высокую каталитическую активность в реакции переэтерификации. Преобразование через 1 ч. катализатора при этанолизе, полученном в оптимизированных условиях при температуре  $120^\circ\text{C}$ , 5 мас.% катализатора (вес/вес) обеспечивало конверсию биодизельного топлива 91%, а при метанолизе 97% соответственно. Это можно объяснить тем, что из-за большего объема  $\text{H}_2\text{O}$  в этаноле (около 0,44%) по сравнению с метанолом (около 0,08%)  $\text{ZrO}_2$  имел более аморфные свойства материалом. При этом катализатор, полученный методом соосаждения, по результатам рентгеноструктурного анализа имел выраженную кристаллическую структуру.

Далее провели анализ влияния температуры прокаливания на каталитические свойства вольфрамированного оксида циркония. Его каталитическая активность при проведении реакции переэтерификации повысилась с появлением полимерных частиц в присутствии тетрагональной фазы носителя  $\text{ZrO}$ . В результате проведенных исследований был сделан вывод: для активации вольфрамата диоксида циркония в реакции переэтерификации наиболее эффективна температура прокаливания  $500^\circ\text{C}$ . Максимальная каталитическая активность была получена с катализатором, прокаленным при указанной температуре, и обеспечивается благодаря кислотным центрам, которые оказывают определяющее влияние на каталитическую активность.

Результаты следующих исследований посвящены изучению твердого кислотного катализатора  $\text{SO}_4/\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$  для получения биодизельного топлива из соевого масла в реакторе высокого давления при температуре  $200^\circ\text{C}$ . Катализатор  $\text{SO}_4/\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$  был получен при добавлении порошкообразного  $\text{SiO}_2$  к тетраизопропилу. Полученный раствор титаната изопропилового спирта выпаривали в течение 5 ч при температуре  $110^\circ\text{C}$ . Затем полученный порошок прокаливали при температуре  $450^\circ\text{C}$  в течение 4 ч. Далее частицы  $\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$  вымачивали в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в течение 24 ч., а затем сушили. Твердый кислотный катализатор  $\text{SO}_4/\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$  был окончательно обработан при температуре  $500^\circ\text{C}$  в течение 5 ч. Условиями реакции было молярное отношение метанол:масло – 10:1 и 3 мас.% содержание катализатора. Выход биодизельного топлива составил 93% за время реакции 90 мин. Было установлено, что полученной удельной поверхности катализатора  $304 \text{ м}^2/\text{г}$  и его среднего диаметра пор 11,1 нм вполне достаточно для прохождения молекул реагентов и продуктов по каналам. Влияние пористости катализатора на выход биодизельного топлива изучали при

добавлении 20, 40, 60 и 80 мас.% кислоты к соевому маслу в вышеуказанных условиях реакции переэтерификации. Оказалось, что увеличение пористости повышало выход биодизеля при одновременном повышении скорости реакции.

Далее приведены исследования кислотно-щелочных твердых катализаторов. Отходы триглицеридов жирных кислот, такие как отработанные масла и животные жиры, не могут быть переработаны в биодизельное топливо путем обычного процесса реакции переэтерификации, содержащего щелочи. Этот недостаток объясняется тем, что свободные жирные кислоты, содержащиеся в маслах различного происхождения и состава, создают проблемы омыления. Кислоты могут применяться в реакциях переэтерификации, но небольшие скорости и необходимость применения дорогостоящей коррозионностойкой аппаратуры делают их использование не очень эффективным. В результате были проведены исследования гетерогенных катализаторов, содержащих кислотные и щелочные центры, которые могут ускорять переэтерификацию триглицеридов жирных кислот с образованием биодизельного топлива.

Для поиска дальнейших путей оптимизации производства биотоплива интерес представляют исследования пористых силикатов Ca, Mg и Ba методом совместной конденсации. В результате получения смешанного щелочного оксида металла и слабокислого кремнезема кислотность последнего была значительно увеличена. В полученном оксиде силиката кальция фракция кремнезема имела низкие значения pH. Выполненная процедура конденсации была подобная той, которая описана в работе зарубежных ученых [6]. Оказалось, что катализаторы, имеющие три разных соотношения концентраций Ca/Si могут осуществить переэтерификацию соевого масла с выходом биодизельного топлива от 90 до 98 %. В вышеуказанной работе говорится, что оптимальная температура реакции находится на уровне 75-80 °С. Однако полная конверсия заняла более 22 ч., что не эффективно для перспективы промышленного использования указанных катализаторов. При этом исследуемые катализаторы были проверены на эффективность многоциклового применения. Оказалось, что их каталитическая активность существенно не изменилась через 20 циклов использования. Это говорит о перспективности дальнейших исследований, направленных на сокращения времени переэтерификации.

Далее рассмотрим получение биодизельного топлива с применением гомогенного/гетерогенного комплекса кислотно-щелочного типа. При проведении исследований методами гидротермального синтеза были приготовлены сильнокислотный и слабокислотный катализаторы. Затем для изготовления каталитического кислотно-щелочного комплекса наносили калий на ряд подложек методами ионного обмена. Для этого термически обработанные каталитические комплексы помещали в раствор KCl при температуре 70°C, соблюдая соотношение твердая фракция/раствор, на уровне 0,01 г/мл. Далее образцы прокаливали при температуре 500°C в течение 4 часов. Переэтерификацию осуществляли при температуре 100°C, мольном соотношении метанол:масло – 1:50 в присутствии 5 мас.% приготовленного катализатора. После проведения реакции катализатор сепарировали методом центрифугирования, промывали дистиллированной водой и сушили в течение 5 ч. при температуре 110°C. Было установлено, что сильнокислотные катализаторы не подходят для переэтерификации соевого масла по причине не высокой конверсии готового продукта, в то время как силикат калия оказался значительно эффективнее. Использование силиката калия повысило конверсию соевого масла до 75%, но для промышленного производства биодизельного топлива этот показатель не является достаточным. При этом повторное применение восстановленного катализатора показало значительное уменьшение конверсии, что обусловлено выщелачиванием калия из каталитического комплекса.

Также следует отметить, что катализатор с соотношением Si/Al, равным 7, обеспечивал конверсию биодизельного топлива при температуре реакции 130°C, содержании катализаторов 0,6 мас.%, молярным отношением масло:спирт – 1:6 и временем реакции переэтерификации 2 ч. При этом конверсия биодизеля составила 80%, 68% и 61% для

метилового, этилового и изопропилового спиртов соответственно. Используемый в реакции катализатор был получен растворением гексагидрата хлорида алюминия  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  в гидроксиде натрия NaOH при перемешивании с добавлением тетраэтилортосиликата. Далее полученный компонент сушили при температуре  $200^\circ C$  в течение 12 ч. с дальнейшим прокаливанием при температуре  $500^\circ C$  в течение 10 ч. Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что образцы имеют кристаллографическую структуру, характерную для пористого алюмосиликата. Отмечено, что повышение содержания алюминия, внедренного в поры, приводит к снижению кристаллического структурного соединения.

Значительный научный интерес представляет сравнительный анализ каталитической активности ряда кислотных и щелочных твердых катализаторов, а именно  $SO^2_4ZrO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $SnO_2$ ,  $KNO_3/KL$  и  $KNO_3/ZrO_2$  для переэтерификации соевого масла с применением метилового спирта. Из-за высокой кислотности среди катализаторов сульфатированный диоксид циркония  $SO^2_4ZrO_2$  дает наивысший выход компонентов биодизеля. Переэтерификация протекала при температуре  $200^\circ C$  с концентрацией катализатора 1,5 мас.% и отношением метанол/масло – 6:1 в реакторе с давлением 50 бар. Спустя 1 ч. реакции была достигнута конверсия биодизельного топлива 89,8%. При этом несulfатированный  $ZrO_2$  дает меньшее количество метиловых эфиров жирных кислот. Кроме того,  $SO^2_4ZrO_2$  не был эффективен при повторном применении для переэтерификации. Конверсия около 30% объясняется тем, что катализатор дезактивирован из-за выщелачивания катализатора с одновременным блокированием активных каталитических кислотных центров образовавшимися продуктами или непрореагировавшими исходными компонентами.

Таким образом, твердые кислотные катализаторы требуют дальнейших исследований, направленных на повышение эффективности их использования для переэтерификации растительного масла с получением биодизельного топлива требуемых характеристик. Целесообразно обратить внимание как на повышение объема конверсии, так и на снижение температур прокаливания и реакции, определяющих в значительной степени общие затраты и себестоимость выпускаемой продукции [7]. Для выхода на промышленный уровень катализаторы, несомненно, должны быть не дорогими и иметь возможность использоваться в достаточно большом количестве циклов без дополнительной обработки.

#### Список используемой литературы

1. Сафонов, А.О. Изучение особенностей производства и применения биоэтанола и биодизеля за рубежом / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 246 – 250. – EDN QHNIVE.
2. Сафонов, А.О. Технологические аспекты производства жидкого биотоплива / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 234 – 237. – EDN QEBRJJ.
3. Сафонов, А.О. Перспективы развития локальных биотопливных установок на различных видах сырья / А.О. Сафонов, В.П. Капустин // Южно–Сибирский научный вестник. – 2022. – №3(43). – С. 24–30. – EDN CGCPCB.
4. Xiang, W. Use of sodium molybdate as an efficient heterogeneous catalyst for soybean oil / W. Xiang, S. Bao, Z. Wu, H. Yang // Catalist. – 2019. – № 11(85). – P. 277 – 289.
5. Сафонов, А.О. Особенности планирования эксперимента при исследованиях процесса прессования биотоплива / А.О. Сафонов // Актуальные вопросы фундаментальных исследований и инновационные методы переработки возобновляемых ресурсов: мат. национального молодежного научного форума и школы, 01–05 октября 2018 г. – Воронеж:

ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. лесотехн. ун–т имени Г.Ф.Морозова», – 2018. С. 236 – 240. – EDN YPCLUL.

6. Сафонов, А.О. Экологические предпосылки создания мобильных биотопливных установок / А.О. Сафонов, А.Е.Бондарев, С.В. Манохин // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования: материалы X Международной научно–практической конференции (11 ноября 2021 г.) /Пермский государственный национальный исследовательский университет – Пермь, 2021. – 5,0 Мб; с. 453. – Режим доступа <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/prognozirovanie-innovacionnogo-razvitiya-nacionalnoy-economiki-2021.pdf>. – Заглавие с экрана. – EDN ZYDKCU.
6. Ling, V. Acidbase mesoporous calcia–silica catalysts for cooperative conversion of bio–based feedstocks into biodiesel / V. Ling, A.Yang, // Appl. Chem. – 2017. – № 2. – P. 104 – 112.

УДК 620.97

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОТОПЛИВА ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

*Слепокуров Д.С., Шевцов А.А., Сердюкова Н.А.*

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия*

*им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж*

В статье рассматриваются и анализируются литературные данные по существующим технологиям получения биодизельного топлива из водорослей. Показаны достоинства и недостатки технологических процессов его получения. Представлены перспективные направления исследований по улучшению отдельных стадий процесса, проводимых в развитых странах.

*Ключевые слова:* биодизельное топливо, водоросли, установка, технология, оптимизация.

Необходимость разработки и применения альтернативных топлив, в том числе из возобновляемых видов сырья, вызвана рядом взаимосвязанных причин:

- подорожанием нефти и грядущим истощением запасов, прежде всего, ныне разрабатываемых месторождений;
- ухудшением экологической обстановки во многих странах;
- глобальной проблемой потепления климата из-за усиливающегося «парникового эффекта», вызванного эмиссией диоксида углерода в процессе сжигания углеводородов.

В современном нефтегазовом комплексе наметились тенденции, вызывающие серьезные опасения. Цены на нефть постоянно растут. В некоторых нефтедобывающих районах мира был достигнут пик добычи, либо этот пик вот-вот будет достигнут. Нарастивание запасов нефти происходит за счет либо относительно мелких, либо крупных, но отличающихся сложными геолого-экономическими условиями и отдаленностью от мест потребления месторождений. Многие страны-потребители нефти привязаны к поставкам нефти из стран-членов ОПЕК, большинство из которых принадлежит к «горячим» точкам планеты. Все это вызывает рост издержек на добычу и транспортировку нефти. Поэтому с каждым годом наблюдается рост производства биотоплива [1] по всему миру (рис. 1).

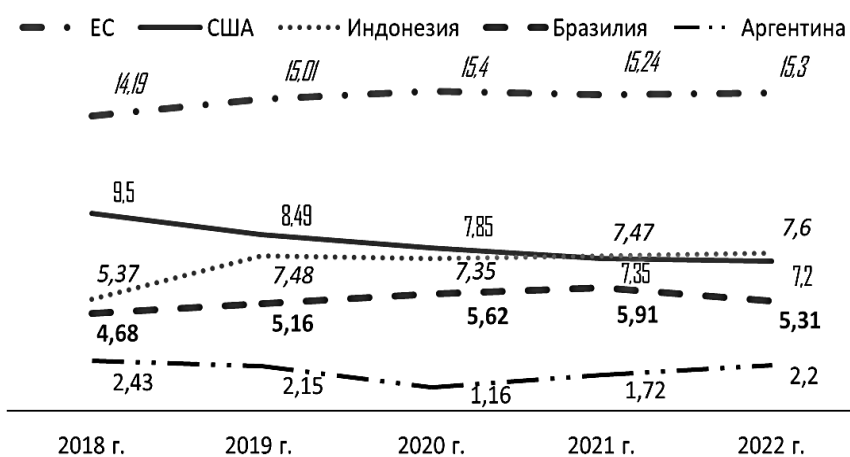


Рис. 1 – Диаграмма мирового производства биотоплива, млн. тонн

Это во многом связано и с резко возросшими, во многих странах мира, требованиями к качеству топлив с точки зрения их экологической безопасности, что достигается либо путем совершенствования процессов переработки нефти, либо путем перехода на другие виды сырья, в том числе на возобновляемые виды сырья. Одной из серьезных стала проблема уменьшения выбросов парниковых газов, прежде всего, CO<sub>2</sub>. Разрабатываются различные методы его улавливания, а также технологии, способствующие уменьшению выбросов CO<sub>2</sub>. Перечисленные выше особенности и тенденции развития мирового нефтегазового комплекса и складывающаяся ситуация в мире породили интерес и способствовали появлению новых видов энергоносителей, или альтернативных топлив. К ним в первую очередь относится производство биотоплива из возобновляемых видов растительного сырья.

Цель работы – совершенствование технологии получения альтернативного топлива третьего поколения из водорослей.

Одним их наиболее перспективных направлений является получение биотоплива третьего поколения из водорослей и водорода (табл. 1). Они растут намного быстрее, чем продовольственные культуры и могут произвести в несколько раз больше топлива. В таблице 1 приведено сравнение объемов биотоплива, полученного из водорослей и других видов растительного сырья [2].

Таблица 1 – Объемы биотоплива получаемые из некоторых культур

Культура	Количество биотоплива л (га год)	Площадь для удовлетворения современных потребностей млн. га
Водоросли	45000	108
Пальма	7310	819
Рапс	1190	4067
Соя	570	10932

В производстве биотоплива используется технология каталитического риформинга для превращения сахара, крахмала и всех форм лигноцеллюлозы в целевые углеродные соединения с короткой цепью [3]. При таком производстве водоросли предварительно высушиваются. Однако процесс сушки имеет большие энергозатраты в связи с чем этот метод является дорогостоящим, поэтому более перспективным является использование кислот и катализаторов для удаления сахаров из морских водорослей. После чего водоросли подвергаются воздействию высокой температуры и давления с помощью метода обработки, называемого гидротермальным сжижением, и превращаются в биомасло, которое может быть переработано в топливо.

Распространенная схема производства биотоплива включает обработку органического вещества водным растворителем и дополнительным катализатором, который выбирается из

группы, состоящей из: кислотного катализатора, катализатора конверсии водяного пара, катализатора на основе алюмосиликата, сульфидного катализатора и основного катализатора, где органическое вещество и водный растворитель предусматривают в форме суспензии, и указанную обработку производят в условиях непрерывного потока с минимальной, независимой от объема скоростью потока суспензии, большей, чем скорость оседания твердого вещества в суспензии. При этом указанная обработка включает: нагревание и повышение давления до целевой температуры между, примерно, 250-600°C и до целевого давления между, примерно, 2-4 МПа для получения биотоплива; обработку при целевой температуре и целевом давлении в течение определенного промежутка времени; и охлаждение и понижение давления в суспензии, и при этом указанный, по меньшей мере, один дополнительный катализатор добавляют к органическому веществу после нагревания до указанной температуры и после повышения давления до указанного уровня, но до указанного понижения давления в суспензии и получения биотоплива (рис. 2) [4].



Рис. 2 – Схема получения биотоплива из микроводорослей

Однако разработчики и близко не подошли к тому, чтобы сделать процесс производства экономически эффективным. Обеспечение идеального баланса солнечного света и CO<sub>2</sub> для успешного культивирования водных растений в промышленном масштабе, а также последующее удаление воды из готовой биомассы, нагрев суспензии биомассы водорослей в реакторе и охлаждение продуктов сжижения обходится неоправданно дорого. Поэтому необходимо разработать технологию, позволяющую рациональное использование тепловой и электрической энергии в системе производства биотоплива. Для этого с точки зрения снижения себестоимости получаемых целевых и промежуточных продуктов предлагается использовать тепловой насос. Предлагаемый способ расширяет границы энергоэффективного сопряжения объектов различных температурных потенциалов на основе утилизации и рекуперации вторичных энергоресурсов. При этом в полной мере реализован универсальный подход в создании конкурентоспособной технологии, обеспечивающей выработку тепла и холода для совместно протекающих процессов при получении биодизельного топлива из водорослей. Масштабы энергоресурсосбережения при использовании теплового насоса значительны, т.к. позволяют полностью вернуть в систему низкопотенциальный пар, обычно сбрасываемый в атмосферу, и избежать потерь, связанных с дросселированием и регулированием паровых потоков.

Таким образом, предлагаемый способ может иметь следующие преимущества по сравнению с прототипом:

- позволит снизить удельные энергозатраты на 5...10% путем рационального использования энергоносителей с применением парожеткторного теплового насоса;
- создаст экологически безопасные условия реализации способа за счет применения воды в качестве хладагента, исключая использование токсичных, взрыво- и пожароопасных рабочих сред, а также за счет организации замкнутых рециркуляционных схем по материальным и энергетическим потокам со значительным снижением отвода вторичных энергоресурсов из схемы тепло- и холодоснабжения;
- создаст реальные условия утилизации пара низкого давления;
- в качестве рабочего тела используется водяной пар с давлением 0,05...0,06 МПа, благодаря чему достигается экономия электроэнергии, которая расходуется только на работу органов управления, насосов высокого давления, теплонагревательных элементов парогенератора (табл. 2) [5].

Таблица 2 – Основные преимущества использования теплонасосной технологии

Показатели	По базовому варианту	При применении теплового насоса
Масса получаемого биотоплива, кг	117,3	126,03
Количество затраченной энергии, кВт*ч	3,18	2,86
Себестоимость, руб./кг	5,26	4,73

Таким образом, предлагаемая система позволит оптимизировать процесс получения биодизельного топлива от забора компонентов из исходных емкостей вплоть до заполнения емкостей с конечным продуктом, что позволит сократить расходы на электрическую энергию (экономия суммарных удельных энергозатрат свыше 10%), повысить надежность устойчивости функционирования установки в непрерывном режиме [6].

Таким образом, на пути развития технологий производства биотоплива все еще существует много проблем. Одна из них – сложность массового производства по низким ценам. Извлечение бионефти из водных растений требует много энергии, а обычные методы требуют меньшего расхода энергии во время экстракции. Это превышает количество энергии, фактически полученной из биотоплива. Поэтому разработка новых энергоэффективных способов получения биодизельного топлива является актуальным направлением исследований.

Широкое использование предлагаемого в настоящей статье варианта оптимального использования вторичных ресурсов позволит снизить себестоимость биодизельного топлива при улучшении его качества в полном соответствии с требованиями соответствующих стандартов, что, в свою очередь, уменьшит нагрузку на окружающую среду за счет снижения до минимума технологических выбросов в атмосферу и позволит полностью избежать экологического загрязнения окружающей среды от сброса отработанных теплоносителей.

#### Список используемой литературы

1. Мировой рынок биодизеля в 2022 году // Oilworld.ru: [сайт]. – 2022. – 18 июля. – URL: <https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/331740> (дата обращения: 20.12.2022).
2. Иванова, П. В. Микроводоросли как источник альтернативного топлива / П. В. Иванова, А. А. Натальина // Молодой ученый. – 2020. – № 22(312). – С. 591-594. – EDN TSEAEХ.
3. Возобновляемая энергия: Производство биотоплива / Викаш Бабу П.Д., Ашиш Таплиял П.Д., Гириеш Кумар Патель П.Д.: Изд-во Scrivener Publishing, 2014. – 366 с.
4. Патент № 2575707 С2 Российская Федерация, МПК С10G 1/06. способы производства биотоплива: № 2012147243/04: заявл. 07.04.2011: опубл. 20.02.2016 / Т. Машмейер, Л. Д. Хамфриз; заявитель ЛАЙСЕЛЛА ПТИ ЛТД.. – EDN KUZYKE.
5. Эффективное внедрение парокомпрессионного теплового насоса в линию комплексной переработки семян масличных культур / А. А. Шевцов, Е. С. Бунин, В. В. Ткач [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 1. – С. 60-64. – EDN YWNYSR.

6. Нагорнов, С. А. Оптимальное управление процессом переэтерификации жиров растительного и животного происхождения / С. А. Нагорнов, А. Ю. Корнев, С. В. Романцова // Наука в центральной России. – 2020. – № 4(46). – С. 98-106. – EDN SOKKOC.

Отпечатано: филиал РГУПС в г. Воронеж  
г. Воронеж, ул. Урицкого, 75а  
тел. (473) 221-14-00

Подписано в печать 26.04.2023. Формат 60×84 1/16  
Печать цифровая. Усл.печ.л. – 7,0 п.л.  
Тираж 100 экз.