

УДК 656.257+004.89

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА УЧАСТКЕ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛИГОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НИКИТИН Александр Борисович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой¹;
e-mail: nikitin@crtc.spb.ru

ЖУРАВЛЕВА Наталья Александровна, д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой²;
e-mail: zhuravleva_na@mail.ru

КОРНИЕНКО Анатолий Адамович, д-р техн. наук, профессор, профессор³; e-mail: kaa.pgups@yandex.ru

КУШПИЛЬ Игорь Васильевич, канд. техн. наук, доцент¹; e-mail: i_kushpil@mail.ru

КОПЫТОВ Дмитрий Викторович, аспирант¹; e-mail: dmitry9786@gmail.com

¹ Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», Санкт-Петербург

² Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Кафедра «Экономика транспорта», Санкт-Петербург

³ Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Кафедра «Информатика и информационная безопасность», Санкт-Петербург

Внедрение систем железнодорожной автоматики и телемеханики на микропроцессорной элементной базе связано со значительными капитальными вложениями по сравнению с их релейными аналогами. В связи с чем целесообразным является использование интегрированной системы комплексной распределенной архитектуры для автоматизации управления движением поездов на расширенной зоне с опорных станций, что, в свою очередь, требует разработки технологии организации перевозочного процесса. В статье рассмотрена технология централизации управления на опорных станциях, а также обоснован перечень ответственных команд, реализуемых в безопасном управляющем вычислительном комплексе с учетом исключения части проверок взаимозависимостей при распределенном варианте размещения аппаратуры объектных контроллеров и нарушения функционирования систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Рассмотрена эффективность предлагаемой технологической схемы расширенной зоны управления полигона.

Ключевые слова: системы железнодорожной автоматики и телемеханики; микропроцессорная централизация; автоматизированное рабочее место; опорная станция; управляющий вычислительный комплекс; объектный контроллер; устройство сопряжения; дежурный опорной станции; поездной диспетчер; ответственная команда; полигонные технологии управления.

DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-04-333-341

▼ Введение

Инновационные подходы в работе железнодорожного транспорта определяют изменения в технологии перевозочного процесса. В начале нового века по ряду направлений хозяйственной деятельности железнодорожного транспорта на Октябрьской железной дороге стали применяться полигонные технологии. Полигоном управления перевозочным процессом называют объединение участков сети, обладающих единой технологией тягового подвижного состава, в границах зарождения и окончания производственных циклов [1]. Выделение на сети технологически обоснованных полигонов послужило началом создания новой структуры управления

локомотивным парком — центров управления тяговыми ресурсами. Высокая эффективность полигонных технологий в центрах управления тяговыми ресурсами была достигнута при объединении локомотивных диспетчеров четырех дорог Восточного полигона. Переход на полигонные технологии по дирекции управления движением обусловлен изменением структуры грузопотоков — увеличился объем перевозок в междорожном сообщении, снизился внутридорожный объем [2]. С учетом изложенного одной из целей внедрения полигонных технологий является минимизация стыков в перевозочном процессе. Переход на полигонные технологии выявил противоречие между границами

существующих участков управления поездных диспетчеров (в пределах железных дорог) и экстерриториальной системой управления поездопотоками и локомотивным парком [3]. Это противоречие предлагается разрешить использованием современных технических средств автоматизации.

1. Мультистанционная структура системы управления для полигонных технологий

Существующая технология диспетчерского управления движением поездов сформировалась в 90-е годы прошлого века путем организации на каждой дороге центров управления перевозками ЦУП. К сожалению, в том числе из-за «жестких» границ диспетчерских участков вследствие сохранения в большинстве случаев эксплуатирующихся систем диспетчерской централизации с ограничениями аппаратной логики (системы ЧДЦ, «Нева», «Луч»), существенного сокращения диспетчерского персонала, а следовательно, и стыков, не было достигнуто. Вместе с тем в задачах оптимизации тяговых ресурсов получили свое развитие полигонные технологии [1, 2].

В сложившихся условиях на плече оборота локомотивов и бригад перевозочный процесс организуется несколькими поездными диспетчерами (ДНЦ). А основными ограничениями продвижения поездопотоков по-прежнему является наличие стыков диспетчерских участков. Вследствие несогласованности действий из-за различных целевых функций каждого участка возникают задержки в движении поездов, поскольку решения принимаются в пользу локальных приоритетов каждого ДНЦ. Сложившаяся технология обусловлена также ограничениями эксплуатируемых технических средств и применяемых на участке видов систем управления.

На рисунке представлена техническая структура построения интегрированной системы комплексной распределенной архитектуры, где требуемые показатели надежности достигаются резервированием со 100 % избыточностью аппаратных средств [4], а безопасности — специализированными аппаратными средствами с дублированной структурой вычислительных модулей.

Предложенная структура не только интегрирует функции автономных систем

железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), но и позволяет организовать новую технологию организации движения поездов на участке.

Использование распределенной архитектуры микропроцессорной централизации [5] открывает перспективу реализации полигонных технологий на технологически выделенных направлениях.

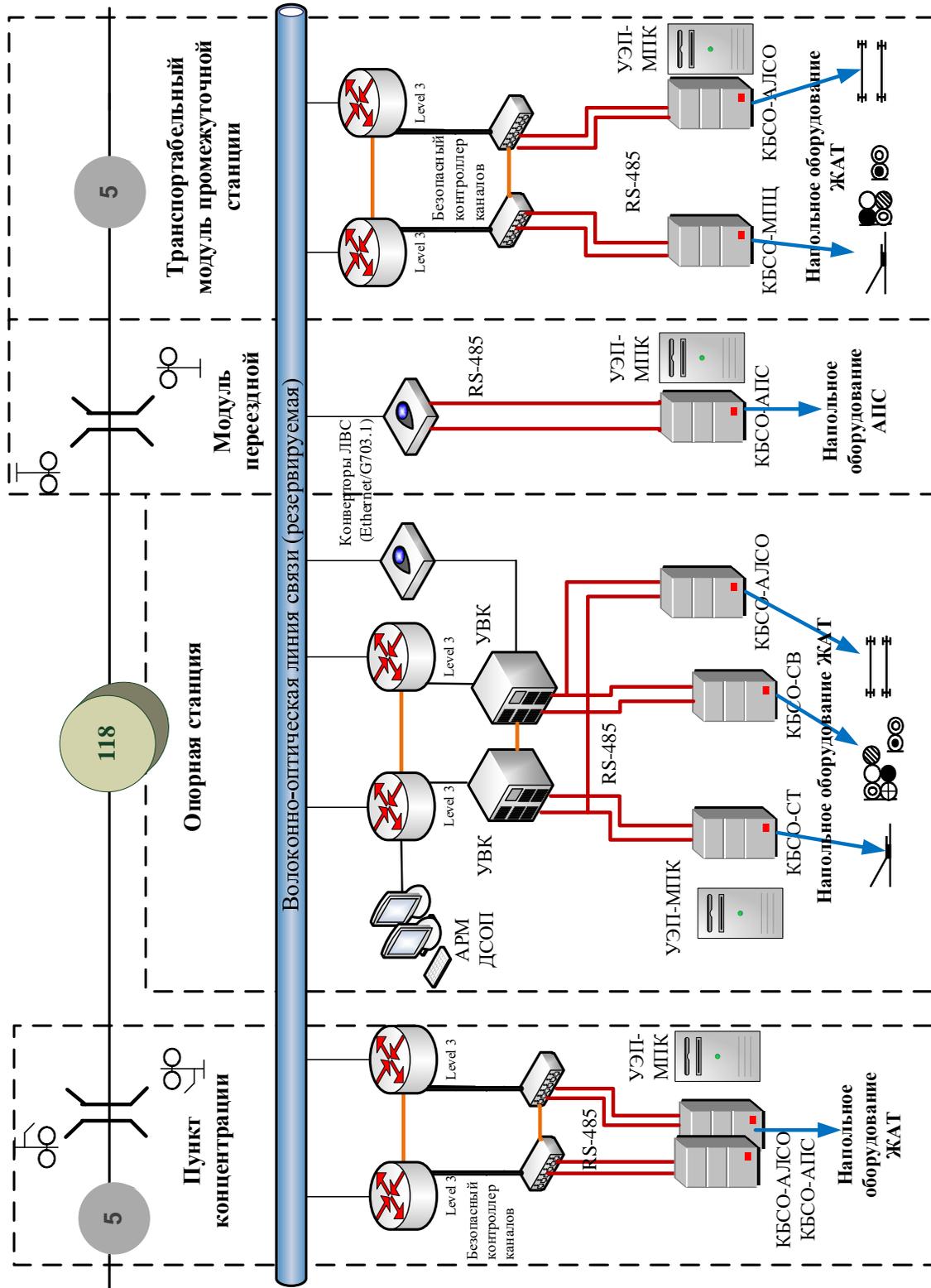
На отдельных пунктах с распределенной архитектурой системы нормально отсутствует персонал дежурных по станциям, а все управление станциями зоны безопасного управляющего вычислительного комплекса (УВК) осуществляется с опорной станции. Это позволяет принципиально по-другому организовывать технологический процесс, который теперь охватывает не одну станцию, а группу станций с инфраструктурой, интегрирующей все многообразие применяемых технических средств ЖАТ станций и перегонов (рис.).

При этом подлежит исследованию реализация полигонных технологий применительно к деятельности поездного диспетчера и его взаимодействие с дежурными опорных станций. Отдельного рассмотрения требует организация взаимодействия дежурного персонала опорной станции с обслуживающим персоналом при производстве работ на отдельном пункте, организации технологических окон, в том числе при отправлении хозяйственного поезда на перегон. Требуют разработки вопросы, связанные с организацией движения в нормальных условиях функционирования и при возникновении отказов устройств ЖАТ и внештатных ситуаций.

2. Особенности структуры оперативного управления интегрированной системы комплексной распределенной архитектуры

Ранее при диспетчеризации ограничением выступала загрузка поездного диспетчера, а его участок управления составлял порядка 100–150 км [6, 7].

В предлагаемом варианте рутинная работа по выполнению местной работы, установке маршрутов, взаимодействию с обслуживающим персоналом и т. п. возлагается на руководителя зоны управления (ЗУ) — дежурного опорной станции



Структура технических средств интегрированной системы комплексной распределенной архитектуры: КБСО — контроллер безопасного сопряжения; АЛСО — автоматическая локомотивная сигнализация как самостоятельное средство сигнализации и связи; АПС — автоматическая пересечная сигнализация; СТ — стрелка; СВ — светофор; МПЦ — микропроцессорная централизация; УЭП-МПК — система электропитания микропроцессорных комплексов; ЛВС — локальная вычислительная сеть; АРМ ДСОП — автоматизированное рабочее место дежурного опорной станции

(ДСОП). При этом появляется возможность увеличения района управления поездного диспетчера на технологически обоснованных полигонах протяженностью 500 км и более путем объединения нескольких участков с опорными станциями и возможностью стратегического планирования работы полигона.

Прорывную технологию для работы движущего персонала можно предложить, реализовав распределенную архитектуру интегрированной системы управления для протяженного полигона — зоны управления УВК. В этом случае УВК, располагающийся на опорной станции, выполняет задачи традиционной автоматики и телемеханики всей инфраструктуры: станционных, перегонных, заградительных устройств с полным функционалом вспомогательных и обеспечивающих подсистем. Основными задачами УВК опорной станции являются:

1. Для станций в пределах ЗУ:

- обеспечение традиционного набора функций электрической централизации с взаимозависимостями стрелок, сигналов и маршрутов;
- увязка с системами интервального регулирования движения поездов для маршрутов приема и отправления;
- диагностика напольных устройств, самодиагностика вычислительных средств, устройств электропитания, электронных модулей управления и контроля, а также сети передачи данных в распределенной архитектуре;
- телеизмерение параметров аналоговых сигналов в устройствах ЖАТ (уровни напряжений и потребляемых токов на нагрузках питающих устройств, сигналов в рельсовых цепях, включая параметры токов кодирования автоматической локомотивной сигнализации, потребляемого тока при переводе стрелок, сопротивления изоляции кабелей и др.);
- архивация и протоколирование технологических событий, сбоев и отказов устройств, а также команд управления в системе;
- реализация функций логического контроля с формированием текстовых и речевых сообщений;
- выполнение программной автоматической установки маршрутов на заданный период

для полной топологии каждого отдельного пункта;

- передача на отдельные пункты команд телеуправления ЖАТ, включая ответственные команды, и обработка пакетов телеизмерения и телесигнализации состояния объектов контроля;
- передача на отдельные пункты специализированных команд телеуправления, обусловленных безлюдной технологией (дистанционная выдача ключа-железа машинисту хозяйственного поезда, двукратный перевод стрелок, последовательный перевод в случаях ограничений питающих устройств и др.);
- выполнение дополнительных функций по управлению на отдельных пунктах (электрообогрев стрелочных переводов, пневмоочистка стрелок, речевое информирование пассажиров и оповещение работающих на путях, освещение платформ и др.).

2. Для перегонных устройств интервального регулирования движения поездов в пределах ЗУ:

- функции автоблокировки с возможностями реализации современных технологий регулирования движения поездов на основе автоматической локомотивной сигнализации, применяемой как самостоятельное средство сигнализации и связи, подвижных блокучастков, виртуальной сцепки;
- функции полуавтоматической блокировки;
- удаленная диагностика и мониторинг состояния объектов ЖАТ;
- телеизмерения аналоговых параметров сигналов в рельсовых цепях и кодов автоматической локомотивной сигнализации;
- реализация ответственных команд, таких как сброс счетчиков осей, смена направления движения на перегоне, принудительное открытие переезда и др.

Этот подход позволяет повысить производительность труда за счет оптимального использования малолюдной технологии управления процессом перевозок.

Таким образом, предлагается организация централизованного управления зонами с опорных станций и включение их в расширенный диспетчерский полигон с доведением протяженности ЗУ до 500–600 км. При этом дистанционное управление организуется по

принципам мини-диспетчерской централизации [7, 8], а реализация технологии управления должна соответствовать требованиям Правил технической эксплуатации¹.

3. Обеспечение непрерывности перевозочного процесса при полигонных технологиях

В организации оперативного управления можно выделить три режима: основной, вспомогательный и аварийный [8].

Перевозочный процесс в *основном режиме* обеспечивает ДСОП или ДНЦ. Основной режим работы должен обеспечивать в ЗУ:

- контроль состояния объектов ЖАТ;
- индивидуальное управление объектами ЖАТ;
- управление маршрутами (поездными и маневровыми) — установка, разделка;
- местное управление объектами ЖАТ;
- ведение графиков движения поездов;
- ведение электронных журналов.

Вспомогательный режим реализуется в системе при возникновении отказов в устройствах ЖАТ путем передачи ответственных команд, исполняемых без проверки условий безопасности устройствами электрической централизации и посылаемых с соблюдением определенного регламента.

К таким командам относятся:

- вспомогательная смена направления движения на перегоне, оборудованном двухсторонней автоблокировкой;
- вспомогательное разблокирование перегона на участках с полуавтоматической блокировкой, оборудованного устройствами контроля свободности (искусственная дача прибытия поезда в полном составе);
- вспомогательный перевод стрелок при ложной занятости стрелочного участка;
- искусственное размыкание замкнутых в маршруте путевых и стрелочных участков;
- вспомогательное управление устройствами переездной сигнализации;

- искусственное размыкание при ложном срабатывании устройств контроля схода подвижного состава (УКСПС) и контрольно-габаритных устройств (КГУ).

Пользование ответственными командами допускается после проверки на месте состояния объектов (стрелочного перевода, подвижного состава, путевых стрелочных участков, станционных путей и др.). Эти проверки должны выполняться железнодорожными работниками, находящимися на отдельных пунктах, а при отсутствии привлекаются локомотивные бригады.

В *аварийном режиме* (при выходе из строя канала связи, других повреждениях устройств ЖАТ и связи, не указанных в предыдущем пункте) на станциях осуществляется резервное управление с мобильного АРМ ДСП, подключаемого посредством межстанционной волоконно-оптической сети к УВК опорной станции по обеспечению блокировочных взаимозависимостей безопасности движения поездов. При этом может сохраняться централизованный контроль как у ДНЦ, так и у ДСОП.

Отдельного рассмотрения требует вопрос обеспечения непрерывности перевозочного процесса при отказах, производстве технологического процесса по обслуживанию и ремонтных работ, а также при возникновении нестандартных ситуаций. Для обеспечения непрерывности перевозочного процесса во вспомогательных и аварийных режимах, а также при нестандартных ситуациях на каждом отдельном пункте монтируется выносной щиток управления (ВЩУ), в котором располагаются:

- курбельный аппарат с курбельной рукояткой;
- ключи жезлы примыкающих перегонов;
- кнопка экстренного снятия напряжения в электропитающей установке при необходимости тушения пожара;
- навесные замки для запираания стрелок на закладку.

При отказах в системах электрической централизации, связанных с невозможностью открытия светофоров, ДСОП принимает решение о продолжении передвижения, руководствуясь индикацией на мониторе. При этом выполняется проверка соответствия положения стрелок по трассе и свободности пути при приеме поезда,

¹ Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены Приказом Минтранса России от 23 июня 2022 г. № 250. — Екатеринбург: ТД «УралЮрИздат», 2022. — 528 с.

а при неисправности выходного светофора — свободу участка удаления и отсутствие поездов встречного направления. После чего поезд принимается на станцию по регистрационному приказу, передаваемому машинисту локомотива. Приказ фиксируется в электронном журнале (возможно использование типовых форм для сокращения затрат времени на записи). Кроме того, все переговоры ДСОП записываются в компьютерном цифровом речевом регистраторе.

При выполнении передвижения по приказу машинист должен вести поезд со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановиться при возникновении препятствий для дальнейшего движения. В маршрутах отправления это требование должно выполняться до проследования первого проходного светофора и далее машинисту следует руководствоваться проходными светофорами автоблокировки.

При невозможности перевода стрелки ДСОП, для того чтобы убедиться в фактическом состоянии стрелочного перевода, должен привлечь для визуального осмотра железнодорожного работника, например хозяйства пути, производящего очистку стрелок, дежурного ближайшего охраняемого переезда или другого работника станции, который устранит причину нарушения. Например, уберет посторонний предмет или напесовку снега между остряком и рамным рельсом. Если внешним осмотром не удастся обнаружить причину отказа, прекращается пропуск поездов по маршрутам, для которых требуется перевод стрелок в другое положение, вызывается электромеханик для ремонта. Если же и в этом случае стрелка не переводится, она передается на ручное управление (курбельной рукояткой). На отдельных пунктах, в случае отсутствия дежурного персонала для осмотра, а при необходимости и перевода стрелок курбелем, могут привлекаться локомотивные бригады поездов.

При ложной занятости стрелочно-путевой секции, как и в предыдущем случае, выполняется визуальный осмотр рельсового участка. После доклада о фактической ложной занятости дежурный переводит стрелки, входящие в эту рельсовую цепь с передачей ответственных команд.

Если по индикации приемоотправочный путь имеет ложную занятость, дежурный по возможности не должен принимать поезда на этот путь до устранения отказа. В случае необходимости использования данного пути прием поезда осуществляется по пригласительному сигналу или по запрещающему сигналу с передачей локомотивной бригаде регистрируемого приказа после проверки через работников станции (или локомотивную бригаду) фактической свободы пути.

Для разделки неразомкнутых секций при нарушениях алгоритма размыкания маршрута или ложной занятости одной из секций после прохода поезда передаются ответственные команды искусственного размыкания. Восприятие этих команд устройствами электрической централизации на станции и запуск комплекта выдержки времени контролируется по индикации на мониторе на опорной станции.

В случае нарушений условий работы переездных устройств (например, при выполнении передвижений по запрещающим показаниям светофоров), руководствуясь индикацией на мониторах, дежурный формирует ответственные команды для вспомогательного открытия переезда. При ложной занятости переездных рельсовых цепей пользование ответственными командами осуществляется после доклада дежурного персонала (локомотивной бригады) о фактической свободе переезда.

При отказах автоблокировки на станциях, ограничивающих перегон, действие автоблокировки прекращается, а движение поездов осуществляется передачей регистрируемых приказов локомотивным бригадам.

При наличии у ДСОП контроля состояния путей и положения стрелок поезд может быть отправлен на свободный перегон по регистрируемому приказу, передаваемому машинисту.

В случае ложной занятости блок-участка двухсторонней автоблокировки, при возникновении необходимости, выполняется вспомогательная смена направления с проверкой фактической свободы перегона. При невозможности изменить направление пользование автоблокировкой прекращается.

На малоинтенсивных линиях при нарушениях автоматического разблокирования

перегонов вследствие сбоя в системе счета осей, дополняющей полуавтоматическую блокировку, дежурный после получения доклада работников станции (дежурного по переезду или локомотивной бригады) о проследовании поезда в полном составе передает ответственную команду для приведения устройств в исходное состояние (сброс счетчиков).

В случае срабатывания УКСПС или КГУ и переключения входного (проходного) светофора на запрещающий огонь ДСОП информирует машиниста о срабатывании этих устройств для остановки поезда. На многопутном перегоне дополнительно ДСОП об этом информирует машиниста поезда встречного или попутного направления, движущегося по соседнему пути для снижения скорости до 20 км/ч с готовностью остановиться при обнаружении препятствия.

При неисправностях дистанционного управления и телеконтроля объектов станции ДСОП может перевести ее на резервное управление, для чего на каждом раздельном пункте предусматривается возможность подключения мобильного АРМ. В этих случаях ДСОП запрещается руководствоваться индикацией поездного положения на этих станциях (состояния путей, стрелок, сигналов). Поэтому на центральном посту по истечении 1-2 минут после прекращения поступления известительных сигналов системой прекращается индикация положения контролируемых объектов с целью исключения ошибок при принятии управленческих решений из-за отображения неправильной информации.

В случае ремонта, устранения отказа или выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию порядок взаимодействия не изменяется.

В случае необходимости отправления на перегон с одной из станций ЗУ хозяйственного поезда или поезда с подталкивающим локомотивом, для возвращения на станцию отправления выдается ключ-жезл из ВЩУ. Лицо, ответственное за выполнение работ, или машинист локомотива изымает ключ-жезл из ВЩУ после разблокировки электрозащелки, осуществляемой посредством передачи ответственной команды от ДСОП.

В том случае, если стрелка одной из станций ЗУ не переводится, то после внешнего осмотра

и до устранения неисправности осуществляется аварийный перевод курбелем. Разблокирование и выдача курбельной рукоятки из курбельного аппарата, располагаемого в ВЩУ, выполняется путем передачи ответственной команды от ДСОП. Получение контроля положения стрелки обеспечивается цифровым датчиком сразу при достижении крайнего положения стрелки после ручного перевода. Если электрический контроль положения стрелки не получен, то стрелка в крайнем положении запирается работником на закладку и навесной замок, а на АРМ ДСОП осуществляется индивидуальная блокировка стрелки, исключая возможность последующего управления.

При отсутствии контроля положения стрелки, ее исправность и правильность установки определяется на месте железнодорожным работником. Стрелка должна быть заперта на закладку и навесной замок, а в электроприводе выключен курбельный блок-контакт. Ключ от запертой стрелки хранится в ВЩУ. Движение поездов по такой стрелке осуществляется по запрещающим сигнальным показаниям.

Однако находящаяся в крайнем положении стрелка и запертая на закладку и навесной замок может быть установлена ДСОП на макет (после доклада железнодорожного работника о ее фактическом состоянии). Полученный программно контроль ее положения дает возможность пропуска поездов по разрешающим показаниям светофоров в маршрутах, в которые стрелка входит в установленном положении.

Также в системе, при возникновении пожара, необходимо предусмотреть аварийное снятие напряжения на фидерах со срабатыванием расцепителей с видимым разрывом. Это обеспечивается передачей ответственной команды в схему управления моторным расцепителем для дистанционного отключения напряжения фидеров во вводных устройствах.

4. Техничко-экономическая эффективность интегрированной распределенной структуры системы управления движением поездов

Переход к системам микропроцессорной централизации стрелок и сигналов с распределенной архитектурой позволяет:

- повысить производительность труда оперативного персонала дежурных по станции;

- эффективно использовать вычислительные ресурсы аппаратных средств;
- применять единую аппаратную платформу на полигоне железных дорог;
- минимизировать традиционную кабельную сеть и исключив необходимость дублирования жил (или применения большего сечения жил) для управления удаленными объектами ЖАТ.

Программируемая элементная база в этом смысле обладает существенными преимуществами — без дополнительных схем и устройств программным путем выполняются встроенные опции, ранее требовавшие отдельных узлов и приборов (контролируемый пункт диспетчерской централизации, контроллер и концентратор систем технической диагностики, постовое оборудование последовательного перевода стрелок в маршруте при ограничениях мощности фидеров, штативы и реле для автоматической установки маршрутов и т. п.) [9].

Кроме этого, достигается существенная экономия энергоресурсов благодаря усложнению алгоритмов. Например, станция переводится в ждущий режим индикации сигнальных показаний светофоров при отсутствии поездов, снимается кодирование занятых приемоотправочных путей при отсутствии локомотива.

На двухпутных линиях в случае включения автодействия станционных светофоров (когда станционные светофоры работают как проходные перегонные сигналы) все другие светофоры (выходные, маневровые) отключаются. Аналогично при отсутствии маневровых работ. Только при необходимости производства местной работы происходит включение маневровой сигнализации на раздельном пункте. При этом контроль состояния и диагностика объектов железнодорожной автоматики и телемеханики осуществляется в режиме периодического сканирования путем подачи тестовых диагностических сигналов в выходные цепи управления.

Использование на раздельных пунктах только модулей управления и контроля и отсутствие персонала позволяет снизить эксплуатационные расходы на содержание помещений, электрообогрев — при безлюдных технологиях для работы аппаратуры требуется поддержание температуры 5 °С вместо 20 °С.

Заключение

1. Преимуществами предлагаемой технологии управления являются:

- повышение производительности труда и рациональное использование оперативного персонала промежуточных станций с доведением загрузки до нормативного значения у ДСОП на опорной станции;
- работа ДСОП на участке с выполнением планового графика ДНЦ и возможностями расширенного контроля поездного положения для принятия оптимальных решений;
- возможность реализации полигонных технологий стратегического планирования с уровня центра управления перевозками дороги;
- ликвидация «мертвых» зон и «узких» мест у ДНЦ (малоинтенсивных участков и тупиковых ответвлений) за счет дополнения работой ДСОП;
- эффективная реализация авторежимов на основе достоверного прогноза на актуальном информационном пространстве.

2. Вместе с тем предлагаемая технология предполагает изменение организационной структуры управления перевозками и требует научного обоснования границ зон оперативного управления для ДСПО и полигонов для ДНЦ с задачами стратегического планирования, что является целью дальнейших исследований. ▲

Библиографический список

1. Кауц В. Э. Инновации в перевозочном процессе на примере ВСЖД и Восточного полигона транссибирской железнодорожной магистрали / В. Э. Кауц, Е. В. Нефедьева // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Десятой Международной научно-практической конференции, 21–24 мая 2019 г. Иркутск: в 2 т. — Иркутск: ИрГУПС, 2019. — Т. 2. — 402 с.
2. Фролова А. В. Полигонные технологии управления перевозками в РФ / А. В. Фролова, В. А. Мишустин, Е. В. Нефедьева // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2019. — № 1. — URL: <http://mnv.irgups.ru/toma/11-2019>.
3. Осьминин А. Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий / А. Т. Осьминин // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». — 2017. — № 2. — С. 42–56.
4. Сапожников Вл. В. Анализ компьютерных систем оперативного управления устройствами ЭЦ / Вл. В. Сапожников, А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. — 2006. — № 6. — С. 6–8.

5. Никитин А. Б. Построение распределенных микропроцессорных систем управления движением поездов / А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. А. Лыков и др. // Автоматика на транспорте. — 2023. — Т. 9. — № 2. — С. 153–161. — DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-02-153-161.
6. Гавзов Д. В. Автоматизированные системы диспетчерского управления движением поездов / Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин // Транспорт: наука, техника, управление: сборник обзорной информации. — М.: ВИНТИ, 1993. — Вып. 2. — С. 2–12.
7. Сапожников Вл. В. Концентрация и централизация оперативного управления движением поездов / Вл. В. Сапожников, Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин. — М.: Транспорт, 2002. — 102 с.
8. Никитин А. Б. Автоматизация оперативного управления на станциях диспетчерского управления / А. Б. Никитин // Конструирование, сертификация и техническая диагностика устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: сб. науч. трудов. — СПб.: ПГУПС, 2003. — С. 99–106.
9. Никитин А. Б. Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации / А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. А. Лыков и др. // Автоматика на транспорте. — 2023. — Т. 9. — № 1. — С. 63–71. — DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2023, Vol. 9, No. 4, pp. 333–341
DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-04-333-341

Organization of the Transportation Process on a Section with an Integrated Distributed Architecture of the Control System for Polygon Technologies

Information about authors

Nikitin A. B., Doctor in Engineering, Professor, Head of the Department¹.

E-mail: nikitin@crtc.spb.ru

Zhuravleva N. A., Doctor in Economics, Professor, Head of the Department².

E-mail: zhuravleva_na@mail.ru

Korniyenko A. A., Doctor in Engineering, Professor³. E-mail: kaa.pgups@yandex.ru

Kushpil I. V., PhD in Engineering, Associate Professor¹. E-mail: i_kushpil@mail.ru

Kopytov D. V., Postgraduate Student¹. E-mail: dmitry9786@gmail.com

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University "Automation and Remote Control on Railways" Department, St. Petersburg

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University "Transport Economics" Department, St. Petersburg

³Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, "Information Technology and IT Security" Department, St. Petersburg

Abstract: The implementation of railway automation and remote control systems on a microprocessor circuit technology involves significant capital investments compared to their relay counterparts. Therefore, it is advisable to use an integrated system with a comprehensive distributed architecture for automating train traffic control in an extended area from reference stations. This, in turn, requires the development of a technology for organizing the transportation process. The article discusses the technology of interlocking control at reference stations, as well as justifies a list of responsible commands implemented in a safe control computing complex, taking into account the exclusion of some interdependence checks in the distributed placement of equipment of object controllers and malfunctions in the operation of railway automation and remote control systems. The efficiency of the proposed technological scheme for the extended control zone of the polygon is considered.

Keywords: railway automation and remote control systems; microprocessor interlocking; automated workplace; reference station; control computing complex; object controller; coupling device; reference station operator; train dispatcher; responsible command; polygon control technologies.

References

1. Kautts V. E., Nefed'eva E. V. Innovatsii v perevozhnom protsesse na primere VSZhD i Vostochnogo poligona transsibirskoy zheleznodorozhnoy magistrali [Innovations in the transportation process on the example of the Eastern Railway and the Eastern range of the Trans-Siberian Railway]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo*

regiona: materialy Desyatoy Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, 21–24 maya 2019 g. Irkutsk: v 2 t. [Transport infrastructure of the Siberian region: materials of the Tenth International Scientific and Practical Conference, 21–24 May 2019. Irkutsk: in 2 volumes]. Irkutsk: IRGUPS Publ., 2019, vol. 2, 402 p. (In Russian)

2. Frolova A. V., Mishustin V. A., Nefed'eva E. V. Poligonnye tekhnologii upravleniya perevozkami v RF [Polygon technologies for transportation management in the Russian Federation]. *Molodaya nauka Sibiri: elektron. nauch. zhurn.* [Young Science of Siberia: electron. scientific magazine]. 2019, Iss. 1. Available at: <http://mnv.irgups.ru/toma/11-2019>. (In Russian)
3. Os'minin A. T. Nauchnye podkhody k raschetu granits poligonov upravleniya perevozhnym protsessom i realizatsii poligonnykh tekhnologiy [Scientific approaches to calculating the boundaries of polygons for managing the transportation process and implementing polygon technologies]. *Byulleten' OUS OAO "RZhD"* [Bulletin of the OUS of JSC Russian Railways]. 2017, Iss. 2, pp. 42–56. (In Russian)
4. Sapozhnikov VI. V., Nikitin A. B. Analiz komp'yuternykh sistem operativnogo upravleniya ustroystvami ETs [Analysis of computer systems for operational control of EC devices]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communications, computer science]. 2006, Iss. 6, pp. 6–8. (In Russian)
5. Nikitin A. B., Nasedkin O. A., Lykov A. A. Postroenie raspredelennykh mikroprotsessornykh sistem upravleniya dvizheniem poezdov [Construction of distributed microprocessor control systems for train traffic]. *Avtomatika na transporte* [Automation in transport]. 2023, vol. 9, Iss. 2, pp. 153–161. DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-02-153-161. (In Russian)
6. Gavzov D. V., Nikitin A. B. Avtomatizirovannye sistemy dispetcherskogo upravleniya dvizheniem poezdov [Automated dispatch control systems for train traffic]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie: sbornik obzornoy informatsii* [Transport: science, technology, management: collection of overview information]. Moscow: VINITI Publ., 1993, Iss. 2, pp. 2–12. (In Russian)
7. Sapozhnikov VI. V., Gavzov D. V., Nikitin A. B. *Kontsentratsiya i tseentralizatsiya operativnogo upravleniya dvizheniem poezdov* [Concentration and centralization of operational control of train traffic]. Moscow: Transport Publ., 2002, 102 p. (In Russian)
8. Nikitin A. B. Avtomatizatsiya operativnogo upravleniya na stantsiyakh dispetcherskogo upravleniya [Automation of operational control at dispatch control stations]. *Konstruirovaniye, sertifikatsiya i tekhnicheskaya diagnostika ustroystv i sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki: sb. nauch. trudov* [Design, certification and technical diagnostics of devices and systems of railway automation and telemechanics: collection. scientific works]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2003, pp. 99–106. (In Russian)
9. Nikitin A. B., Nasedkin O. A., Lykov A. A. et al. Intellektual'nye funktsii upravleniya v mikroprotsessornykh sistemakh tseentralizatsii [Intelligent control functions in microprocessor centralization systems]. *Avtomatika na transporte* [Transport automation research]. 2023, vol. 9, Iss. 1, pp. 63–71. DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71. (In Russian)