

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СТАНЦИИ

ГРОШЕВ Василий Александрович, инженер кафедры; e-mail: vas.groshev@mail.ru

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

Статья посвящена исследованию систем управления работой железнодорожных станций, обусловленного сложившейся в промышленности тенденцией к разработке и внедрению цифровых систем управления, обеспечивающих повышение функциональности применяемых технологических средств. Проведен анализ используемых на железных дорогах и метрополитене автоматизированных систем управления, описаны их достоинства и недостатки. Показана необходимость построения цифровой системы оперативного управления работой станции, обеспечивающей автоматизацию таких интеллектуальных функций, как планирование операций, формирование заданий и контроль за их выполнением ответственными подразделениями. В представленной работе произведен синтез информационной структуры подобной системы, обеспечивающей получение, передачу и обработку данных, источником которых являются эксплуатируемые в настоящее время автоматизированные системы железнодорожного транспорта различного назначения. Определены элементы структуры (базы данных, информационные массивы), дано их описание, выстроены связи между ними, описаны реализуемые функции. Сформулировано понятие модельной единицы как пакета данных, описывающего хранимую в системе информацию по каждому элементу технологического процесса работы станции. Приведены примеры алгоритмов функционирования описанной структуры в части контроля передвижений и формирования модельных единиц подвижного состава, находящегося в контуре управления системы. Сформулированы возможные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: цифровая система управления; цифровая железнодорожная станция; автоматизированные системы управления; интеграция систем управления; цифровизация оперативного управления.

DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-02-162-177

▼ Введение

Системы управления технологическими процессами являются важным элементом структуры предприятия. Необходимость их развития обусловлена существующей тенденцией к цифровизации указанных процессов [1, 2]. В настоящее время на сети ОАО «РЖД» на разных этапах перевозочного процесса применяется множество различных информационно-управляющих систем широкого назначения.

Внедрение микропроцессорных систем управления позволяет повысить функциональность применяемых технических средств. Настоящий этап развития железнодорожной техники характеризуется, с одной стороны, массовым внедрением цифровой аппаратуры для решения различных задач с прицелом на реализацию проекта создания «цифровой

железной дороги» и в его составе проекта «цифровой железнодорожной станции». С другой стороны, применяемые устройства решают простейшие задачи зачастую без интеллектуальной составляющей. Как показывают исследования, текущий уровень автоматизации процесса управления работой станции соответствует первому — самому низшему уровню [3, 4].

Развитие автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом (АСУ ЖТ) [5] в различных вариациях в настоящее время не устранило указанного противоречия. До сих пор существует ряд технических ограничений, например необходимость ручного ввода информации, отсутствие взаимосвязи между подсистемами, большое время обновления информации, которое может достигать в некоторых случаях часов и даже суток и пр.

Отдельно развивались системы, которые не были связаны непосредственно с управлением процессом работы станции, но облегчали управление эксплуатационной работой транспорта, в частности позволили автоматизировать фиксацию выполнения графика движения поездов (ГИД Урал), взаимодействие с контрагентами перевозочного процесса (ЭТРАН), мониторинг состояния объектов инфраструктуры (АПК-ДК).

В настоящее время осуществляются различные попытки создания системы, которая позволила бы обеспечить оперативное и интеллектуальное управление работой станции на основе цифровых технологий. Сюда можно отнести интеллектуальную систему управления железнодорожной станцией (ИСУЖТ) [6], разрабатываемую с 2010 года ВНИИЖТом, автоматизированные системы управления станцией (АСУ СТ), разрабатываемые ООО «ЦИТ Транс М» и ООО «НТЦ ТРАНССИСТЕМОТЕХНИКА». Указанные решения позволяют закрыть часть потребностей в автоматизации, но не получили в настоящее время массового применения на отечественных дорогах. Отметим, что каждая из этих систем, в отличие от АСУ ЖТ, является в некоторой степени уникальным решением. Их массовое внедрение приводит к риску необходимости разработки широкой палитры различных интерфейсов для объединения в общую структуру управления, что потребует дополнительных средств на разработку и обслуживание стыков между системами. Замена отдельных решений после истечения срока эксплуатации или вследствие отказа также может стать дорогостоящим нетривиальным решением.

В качестве примера технического решения, обеспечивающего интеграцию множества различных подсистем в единое информационно-цифровое пространство, можно рассмотреть комплексную автоматизированную систему диспетчерского управления (КАС ДУ) разработки Петербургского государственного университета путей сообщения, применяемую в ГУП «Петербургский метрополитен» и на других объектах на территории Российской Федерации [7], а также стран ближнего зарубежья. Система объединяет в себя технические

средства всех оперативных служб метрополитена: движения, электроснабжения, электро-механической и эскалаторной. Построение системы позволяет через совокупность стандартизированных интерфейсов подключать к единому информационно-цифровому пространству оборудование различных производителей, среди которых АО «НИИ точной механики» и ООО «ТяжПромИнжиниринг», что обеспечивает реализацию принципов непрерывности и устойчивости управления, постоянного обновления информации и своевременности принятия решения, сократив потери времени.

В зарубежных работах также рассматриваются различные варианты развития системы управления. В статьях [8, 9] описан пример интеграции подсистем управления движением поездов, контроля технического состояния поезда, цифровых систем связи в единое пространство для работы в железнодорожном узле Штутгарта. Работа [10] посвящена построению дата-центров для цифровых железных дорог на основе требований уровня SIL4. Авторами рассмотрены характеристики такого дата-центра, описана его архитектура. Работы [11, 12] отмечают необходимость применения новых средств контроля свободности пути для построения «цифровой централизации», что позволит повысить качество информации о перевозочном процессе железнодорожного транспорта и создаст предпосылки для принятия более эффективных управленческих решений.

Применение подхода, при котором автоматизированная система управления работой станции или полигона строится на основе интеграции существующих систем различных производителей со стандартизацией информационных и технических интерфейсов, позволит обеспечить повышение уровня автоматизации управления с минимальными затратами на разработку, внедрение и эксплуатацию. Настоящая работа посвящена разработке информационной структуры цифровой системы управления оперативной работой станции, обеспечивающей интеграцию существующих систем и их данных в единое технологическое пространство на уровне железнодорожной станции. Целью подобной интеграции

является создание информационной модели технологического процесса, функционирующей в режиме реального времени.

1. Модельная единица

В основе цифровой системы управления оперативной работой станции лежит модель технологического процесса, элементами которой являются: пути, стрелки, подвижной состав, другие объекты инфраструктуры.

Введем понятие «модельная единица» — пакет данных, находящийся в системе и описывающий каждый элемент технологического процесса. Иначе говоря, такой пакет данных позволяет однозначно и достоверно идентифицировать элемент технологического процесса и его состояние. Существуют следующие типы модельных единиц: модельная единица вагона, модельная единица локомотива, модельная единица поезда, модельная единица специального подвижного состава, модельная единица станционного технологического центра (СТЦ), модельная единица пункта технического осмотра (ПТО), модельная единица грузового фронта. Для каждого реального объекта, находящегося на станции, существует отдельная модельная единица с уникальным идентификатором. Время существования модельной единицы соответствует времени нахождения реального объекта в контуре управления.

Рассмотрим в качестве примера модельную единицу вагона. Она будет содержать следующие данные: уникальный идентификатор модельной единицы, номер вагона, количество осей, операция (выполняемая в настоящий момент времени), место нахождения вагона, наличие неисправности.

Работу с модельными единицами, а также наполнение, хранение, обработку и предоставление пользователям (операторам и смежным системам) данных о работе станции обеспечивает информационная структура системы.

2. Информационная структура системы

В основе информационной структуры рассматриваемой системы лежит совокупность наборов баз данных и информационных массивов (рис. 1).

Базы данных предназначены для долговременного хранения информации, предоставления данных смежным системам и пользователям. В системе существуют следующие базы данных: инфраструктурная, вагонная, локомотивная, поездная, архивная (протокольная), аналитическая. Все базы данных строятся на основе отношений с заданной структурой.

Инфраструктурная база данных

Инфраструктурная база данных (рис. 2) включает в себя набор следующих отношений (таблиц): таблица маршрутов, таблица негабаритности секций, таблица норм времени на операции, таблица характеристик приемоотправочных путей, таблица характеристик путей местного назначения, таблица характеристик подъездных путей, таблица маневровых локомотивов, таблица пункта технического обслуживания, таблица станционного технологического центра.

Таблица маршрутов описывается следующей структурой: «начало маршрута», «окончание маршрута», «положение стрелок по маршруту», «положение охранных стрелок», «категория маршрута», «признак вариантности», «тип тяги». В этой таблице должны быть все маршруты, по которым на станции осуществляются передвижения. Атрибут «категория маршрута» содержит информацию, что маршрут является «поездным» или «маневровым». Атрибут «признак вариантности» указывает, является ли маршрут основным или вариантным. Атрибут «тип тяги» содержит информацию о типе локомотивов, которые могут двигаться по этому маршруту.

Таблица негабаритности содержит перечень негабаритных секций на станции.

Таблица норм времени на операции описывается следующей структурой: «операция», «норма времени на выполнение». В ней должны быть отображены все передвижения, которые могут быть произведены на станции с указанием временных нормативов на их выполнение, все иные операции, связанные с перевозочным процессом и имеющие временной норматив.

Таблица характеристик приемоотправочных путей описывается следующей структурой: «наименование пути», «назначение»,

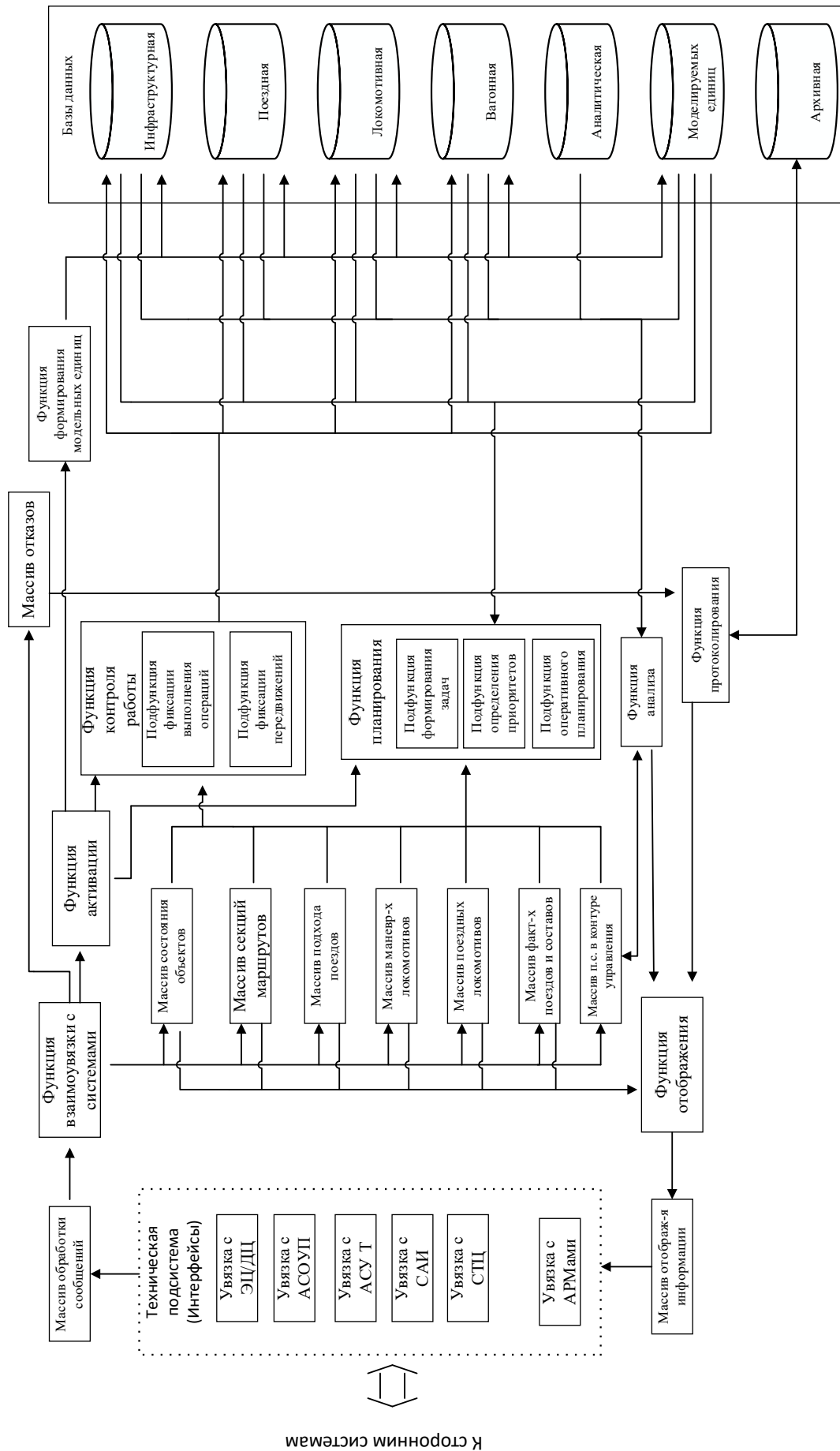


Рис. 1. Информационная структура системы

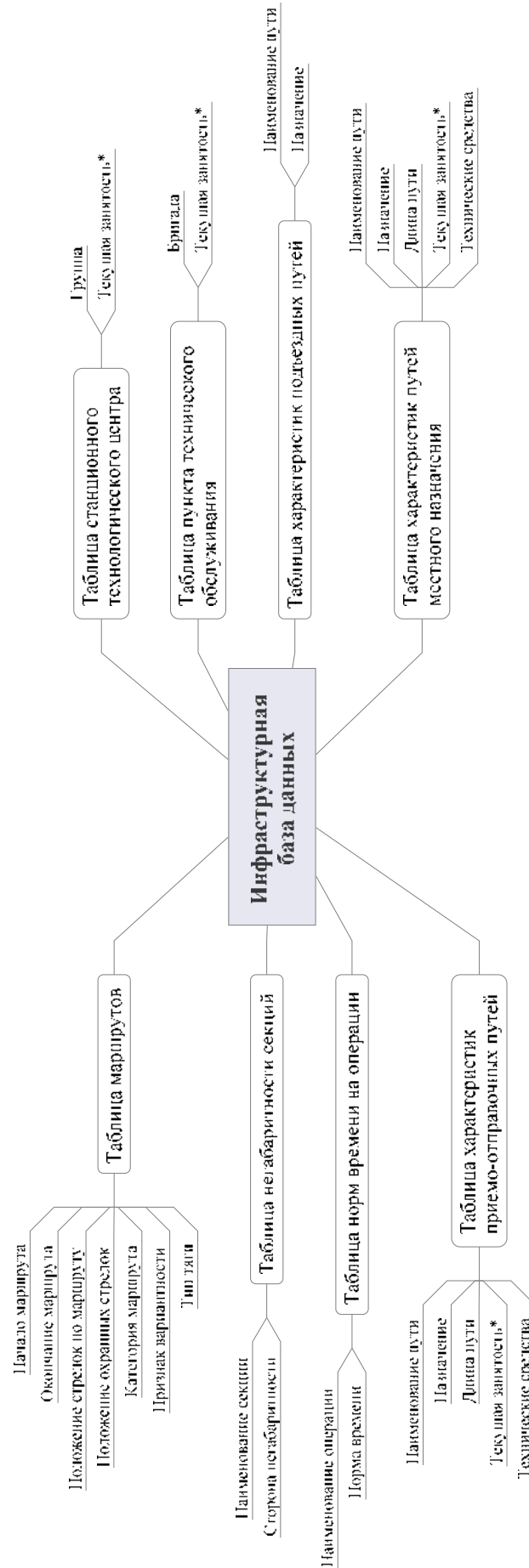


Рис. 2. Схема инфраструктурной базы данных (* — динамические данные)

«длина пути», «текущая занятость», «технические средства». Атрибут «назначение» содержит информацию об операциях, выполняемых на конкретном пути. Атрибут «текущая занятость» заполняется номерами подвижных единиц, находящихся на пути. Атрибут «технические средства» отображает наличие на пути таких устройств, как: тормозные стационарные упоры, устройства зарядки и опробования тормозов и пр.

Таблица характеристик грузовых путей описывается следующей структурой: «наименование пути», «назначение», «длина пути», «текущая занятость», «технические средства». Атрибут «технические средства» отображает наличие на пути различных погрузочно-разгрузочных приспособлений. Атрибут «текущая занятость» заполняется номерами подвижных единиц, находящихся на пути.

Таблица характеристик подъездных путей описывается структурой: «наименование пути» — «назначение». Атрибут «назначение» содержит информацию о предприятии, к которому подходит путь.

Таблица «Пункт технического обслуживания» описывается структурой: «бригада», «текущая занятость». Атрибут «бригада» содержит обозначение всех бригад ПТО, задействованных в выполнении технологического процесса. Атрибут «текущая занятость» содержит информацию о выполняемой бригадой работе в настоящий момент времени.

Таблица «Станционный технологический центр» описывается структурой: «группа», «текущая занятость». Атрибут «группа» содержит информацию о всех группах работников СТЦ (по прибытию, отправлению, информационных), задействованных в работе станционного центра. Атрибут «текущая занятость» содержит информацию о выполняемых в настоящий момент времени группой операциях.

Описание структур «Пункт технического обслуживания» и «Станционный технологический центр» в настоящей структуре выполнено укрупненно.

Значения атрибутов отношений инфраструктурной базы данных определяются на основе информации, поступающей от смежных автоматизированных систем, среди которых

автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (АСУТ), единая корпоративная автоматизированная система управления объектами инфраструктуры (ЕК АСУИ) и др., а также нормативной и технической документации (техническо-распорядительный акт станции, схематический план станции, нормы времени на выполнение маневровых операций и др.).

Вагонная база данных

Вагонная база данных состоит из отношения со следующей структурой: «номер вагона», «количество осей», «станция назначения», «род груза», «негабаритность», «прикрытие», «техническая/коммерческая неисправность», «ремонт», «включенность в поезд», «текущее местоположение», «операция».

Атрибут «род груза» содержит отметки о характере перевозимого груза (взрывчатые материалы, животные). Атрибут «прикрытие» содержит информацию о необходимости прикрытия вагона в составе поезда. Атрибут «техническая/коммерческая неисправность» содержит информацию о выявленных в ходе технического или коммерческого осмотров неисправностях. Атрибут «ремонт» содержит информацию о необходимости проведения ремонта с целью устранения выявленных неисправностей и необходимость отцепки вагона. Атрибут «включенность в поезд» содержит информацию о номере поезда, в состав которого входит конкретный вагон. Атрибут «текущее местоположение» содержит информацию о секции, на которой в настоящий момент времени находится вагон, или о маршруте движения. Атрибут «операция» содержит информацию об операции, выполняемой с вагоном в настоящий момент, например ожидание операции, технический осмотр и пр.

Наполнение вагонной базы данных происходит на основе информации, получаемой из телеграммы-натурного листа, системы автоматической идентификации, системы оперативного управления перевозками (АСОУП), автоматизированных систем управления пунктами технического обслуживания и станционного технологического центра (АСУ ПТО, АСУ СТЦ), системы электрической централизации (ЭЦ), автоматизированного комплекса «ДИСПАРК».

Локомотивная база данных

Локомотивная база данных состоит из отношений со следующей структурой: «номер локомотива», «количество секций», «количество осей», «род тяги», «депо приписки», «ремонт», «плановое время сдачи локомотива», «включенность в поезд», «текущее местоположение», «операция». В отношении вносятся данные о поездных локомотивах, находящихся на станции.

Атрибут «количество осей» содержит информацию о количестве осей для каждой секции. Атрибут «род тяги» содержит информацию о тяги локомотива. Атрибут «плановое время сдачи локомотива» содержит информацию о планируемом времени сдачи локомотива бригадой. Атрибут «включенность в поезд» содержит информацию о номере поезда, в состав которого входит конкретный локомотив. Атрибут «текущее местоположение» содержит информацию о секции, на которой в настоящий момент времени находится локомотив, или о маршруте движения. Атрибут «операция» содержит информацию об операции, выполняемой с локомотивом в настоящий момент, например отцепка или прицепка локомотива к составу, проба тормозов и пр.

Наполнение локомотивной базы данных происходит на основе информации, получаемой из телеграммы-натурного листа, системы автоматической идентификации, АСОУП, АСУ ПТО, АСУ Т, ЭЦ.

Поездная база данных

Поездная база данных состоит из отношений со следующей структурой: «номер поезда», «время прибытия», «время отправления», «категория», «путь приема», «путь отправления», «операция», «назначение», «состав», «примечания», «неисправность», «необходимость отцепки», «род тяги», «пассажирский/грузовой». Атрибут «категория» содержит информацию о том, какой поезд — транзитный, своего формирования, своего расформирования, транзитный с изменением массы/длины. Атрибут «операция» содержит информацию об операции, выполняемой с поездом в настоящий момент (например, ожидание операции, техническое обслуживание, проба тормозов, перестановка состава, прицепка локомотива).

Атрибут «назначение» содержит информацию о станции назначения поезда. Атрибут «состав» содержит номера вагонов, входящих в состав поезда. Атрибут «примечания» содержит информацию о дополнительных отметках (взрывчатые материалы, живность, прочее). Атрибут «неисправность» содержит информацию о выявленных технических и коммерческих неисправностях вагонов. Атрибут «необходимость отцепки» содержит информацию о необходимости отцепки отдельных вагонов из состава. Атрибут «род тяги» содержит информацию о роде тяги локомотива в составе.

Наполнение поездной базы данных происходит на основе информации, получаемой из телеграммы-натурного листа, системы автоматической идентификации, АСОУП, АСУ ПТО, АСУ СТЦ, АСУ Т, систем диспетчерской и ЭЦ.

База модельных единиц

Предназначена для хранения задействованных в работе системы модельных единиц в настоящий момент времени. При выходе подвижного состава из контура управления происходит удаление соответствующего кортежа. В отличие от записей в локомотивной, вагонной и поездной базах данных, не содержит информацию о прошлом состоянии подвижного состава.

Архивная база данных

Целью создания протокольной базы данных является предоставление информации о работе станции и технических средств в прошлом. Пользователями архивной базы данных являются: оперативный персонал станции и диспетчерский персонал дороги, а также сервисный персонал системы.

Для предоставления информации оперативному персоналу станции и диспетчерскому персоналу дороги с целью анализа показателей работы станции, в протокольной базе данных хранится состояние всех баз данных, сохраненное с периодичностью 30 сек. за последний месяц работы.

База данных для технического персонала представляет собой журнал событий, в котором хранится информация о взаимодействии компонентов системы между собой и со смежными системами.

Аналитическая база данных

Предназначена для обеспечения пользователям системы возможности анализировать работу станции на основе значений статистических показателей, характеризующих работу станции.

Прикладное программное обеспечение и информационные массивы

Прикладное программное обеспечение предназначено для организации работы системы. Позволяет получить поступающую через технические интерфейсы от смежных систем информацию, обработать и занести ее в базы данных, выработать и передать в смежные системы управляющие воздействия, предоставить данные пользователям. Работа прикладного программного обеспечения реализуется набором функций и массивов, среди которых можно выделить следующие:

Функция формирования модельных единиц предназначена для создания модельных единиц и соотнесения информации, находящейся в базах данных и поступающей от смежных систем. На выходе функции появляются модельные единицы вагонов, маневровых и поездных локомотивов, специального подвижного состава, поездов, соответствующие подвижным единицам, находящимся на станции. Вносит созданные единицы в соответствующие базы данных и массивы.

Функция контроля работы предназначена для контроля и фиксации в базах данных информации о выполнении операций в ходе технологического процесса. Включает в себя подфункции контроля выполнения операций и фиксации передвижений. Обеспечивает фиксацию состояния элементов путевого развития, маневровых и поездных передвижений по станции и на подходах к ней (включая подъездные пути), подачу и уборку вагонов с грузовых фронтов, выход оперативного персонала для работы с подвижным составом (технический и коммерческий осмотры), фиксацию начала и окончания иных технологических операций. Обработанную информацию вносит в локомотивную, поездную, вагонную и инфраструктурную базы системы.

Функция планирования предназначена для формирования плана работы станции. Включает в себя подфункции формирования задач,

определения приоритетов, оперативного планирования. Обеспечивает определение ожидаемых моментов начала и окончания технологических операций, последовательности и места проведения операций, требуемых ресурсов, расстановку приоритетов при разрешении конфликтов между задачами, построение графика работы на два часа, формирование управляющих воздействий, передаваемых в смежные системы (необходимость установки маршрутов системой ЭЦ).

Функция взаимоувязки с системами предназначена для обработки сообщений, передаваемых между цифровой системой оперативного управления и смежными системами управления, задействованными в работе станции.

Функция активации предназначена для определения моментов времени и последовательности запускаемых программ в ходе работы системы.

Функция анализа обеспечивает предоставление оперативному персоналу и системе средств и методов изучения текущей ситуации и облегчает выявление рисков, возникающих в процессе работы.

Функция отображения информации предназначена для организации графического представления хранимой в системе информации в виде, удобном конечному пользователю. Обеспечивает индивидуальное или коллективное отображение информации, визуализацию данных в форме, усиливающей восприятие и облегчающей анализ информации.

Функция протоколирования предназначена для сохранения отчетов как о состоянии системы, так и о работе станции в архивной базе данных. Обеспечивает фиксацию результатов принятых решений, переданных команд, запросов и полученных ответов, возможности анализа развития ситуации до текущего состояния, расследования сбоев, поиска неисправностей. Собранная информация может быть полезна при выявлении точек возможной модернизации.

Информационные массивы предназначены для хранения данных, задействованных при вычислении функций. Массивы инициализируются в момент необходимости выполнения конкретных программ. Для обеспечения работы программ существуют следующие

массивы: массив состояния объектов, массив секций маршрутов, массив подхода поездов, массив маневровых локомотивов, массив поездных локомотивов, массив фактических поездов и составов, массив моделируемых единиц, массив подвижного состава в контуре управления, массив обработки сообщений, массив отображения информации, массив отказов. Рассмотрим их подробнее.

Массив состояния объектов. Предназначен для хранения состояния объектов путевого развития станции. Структура отношения содержит следующие атрибуты: наименование элемента, состояние (свободность, замкнутость, занятость, количество осей на секции). Информация поступает от системы ЭЦ.

Массив секций маршрутов. Предназначен для хранения набора секций, входящих в конкретный маршрут, фиксации состояния этих секций.

Массив подхода поездов. Предназначен для хранения информации о поездах, подходящих к станции. Для каждого пути подхода организуется отдельный массив, кортежи которого заполняются на основе данных от систем диспетчерской централизации и ГИД-Урал, АСОУП и телеграммы-натурного листа. Обработка данных кортежей для каждого поезда строится по принципу FIFO (First input — first output).

Массив маневровых локомотивов. Предназначен для хранения информации о маневровых локомотивах, работающих на станции. В него поступает информация от АСУ депо (АСУ Т) о характеристиках локомотива. Отношение описывается структурой: номер локомотива, количество осей, плановое время работы, техническое состояние. Имеет атрибут «Предварительные данные», который выставляется после получения информации от АСУ депо (АСУ Т) и до момента подтверждения оператором соответствия данных о локомотиве фактическому локомотиву. Является источником данных для формирования модельной единицы, соответствующей конкретному маневровому локомотиву.

Массив поездных локомотивов. Предназначен для хранения информации о поездных локомотивах (в составе поездов и отдельно), находящихся на станции. В него поступает

информация от АСУ Т и АСОУП. Отношение можно описать следующей структурой: номер локомотива, количество секций, количество осей, род тяги. В случае необходимости отцепки или прицепки поездного локомотива служит источником данных для формирования модельной единицы соответствующего локомотива.

Массив фактических поездов и составов. Предназначен для хранения информации о поездах и составах, фактически расположенных в зоне управления. Информация в массив поступает от систем управления диспетчерского уровня и позволяет реализовать функции контроля работы и планирования.

Массив моделируемых единиц. Предназначен для хранения всех модельных единиц, которые в настоящее время действуют в системе.

Массив подвижного состава в контуре управления. Предназначен для фиксации модельных единиц локомотивов и вагонов, временно вышедших за пределы станции для выполнения технологических операций. К ним относятся толкачи, маневровые локомотивы, передающие состав вагонов на предприятия. Если отсутствует увязка с системами управления работой железнодорожного транспорта предприятий, то хранятся модельные единицы вагонов.

Массив отказов. Предназначен для фиксации отказов в работе устройств, выявленных в ходе эксплуатационной работы.

Массив обработки сообщений. Предназначен для получения сообщений от смежных систем через технические интерфейсы и передачи их в функцию взаимоувязки с системами.

Массив отображения информации. Предназначен для хранения данных и управляющих воздействий, передаваемых в смежные системы после выполнения функции отображения.

3. Алгоритмы работы с модельными единицами

Работу информационной структуры рассмотрим с помощью алгоритмов фиксации передвижений и формирования отдельных модельных единиц (рис. 3.1, 3.2, 4) для примерной станции, оборудованной системой ЭЦ. Для повышения детализации представляемой информации о передвижениях система централизации дополнена счетчиками осей [13–16].



Рис. 3.1. Алгоритм контроля передвижений (начало)

Разбиение горловины на секции произведено по принципам, изложенным в работе [17]. Система ЭЦ, оборудованная счетчиками осей, обеспечивает: подготовку трассы маршрута, фиксацию вступления на маршрут и движения по нему колесных пар, определение направления движения, перекрытие сигнала и размыкание секций, контроль за соблюдением условий безопасности движения поездов и остальные функции, возлагаемые на устройства железнодорожной автоматики. На входе на станцию установлены пункты системы видеоидентификации подвижного состава.

Представленный выше алгоритм фиксации передвижений обеспечивает контроль проследования поезда по маршруту приема, получение данных о состоянии стрелочно-путевых секций, увязку передвижений прибывающего поезда с его номером в графике движения, автоматическую фиксацию прибытия поезда в полном составе на приемоотправочный путь, освобождение секций для новых маршрутов.

На вход алгоритма поступает информация от массивов состояния объектов о замкнутости и занятости стрелочно-путевых секций и данные от массива подхода поездов с номером прибывающего поезда.

По результатам выполнения алгоритма в базы данных поступает информация о состоянии стрелочно-путевых секций и приемоотправочных путей, местоположении поезда с № согласно графику движения. В случае фиксации нарушения порядка размыкания маршрута алгоритм передает информацию в массив отказов.

Работу алгоритма проиллюстрируем маршрутом приема на приемоотправочный путь.

Алгоритм начинает свою работу после установки маршрута и открытия входного сигнала. Полученное сообщение от ЭЦ попадает в массив обработки сообщений (рис. 1) и анализируется функцией взаимоувязки с системами (рис. 3.1, блоки 2–4). Она инициализирует массив секций маршрута и заносит в него состояние секций, полученное от системы ЭЦ (рис. 3.1, блоки 5–6). Параллельно с этим функция взаимоувязки активирует функцию инициализации, которая запускает функцию контроля работы (рис. 3.1, блоки 7–8). Последняя запрашивает из массива

подхода поездов данные о прибывающем поезде (рис. 3.1, блок 9). Полученная информация вносится в поездную и инфраструктурную базы данных (рис. 3.1, блок 10), после чего функция контроля работы переходит в режим ожидания поезда (рис. 3.1, блок 11).

Сообщения о вступлении поезда на трассу маршрута и о следовании по секциям обрабатываются функцией взаимоувязки, которая вносит полученные данные в массив секций маршрута (рис. 3.1–3.2, блоки 12–15). После размыкания маршрута и получения соответствующего сообщения от системы ЭЦ (рис. 3.2, блок 16) происходит фиксация прибытия поезда (рис. 3.2, блок 19). В случае нарушения алгоритмов ЭЦ, обеспечивающих фиксацию проследования поезда по трассе и ее размыкание, программа фиксации работы ожидает получение сигнала подтверждения прибытия поезда, формируемого дежурным по станции (ДСП) с помощью автоматизированного рабочего места (АРМ) (рис. 3.2, блоки 17–18). Получение указанного сигнала соответствует фиксации прибытия поезда на станцию (рис. 3.2, блок 19).

После этого происходит занесение данных в поездную, инфраструктурную, локомотивную и вагонные базы данных, активация функции инициализации для дальнейшей работы, в частности для формирования модельных единиц, и удаление массива секций маршрута, записи о поезде из массива подхода и изменение данных в массиве объектов (рис. 3.2, блоки 20–22). На этом работа алгоритма заканчивается.

Теперь рассмотрим алгоритм привязки передвижений к модельным единицам конкретных подвижных единиц. Его реализация позволит соотнести данные о местоположении подвижного состава, полученные по результатам выполнения предыдущего алгоритма, с формированием конкретных модельных единиц.

Локомотивы, оказавшиеся на станции (в данном случае рассматриваются и магистральные, и маневровые), относятся к конкретному депо, имеющему свою автоматизированную систему управления и конечное множество таких локомотивов. Рассмотрим алгоритм формирования модельных единиц для одиночных локомотивов (рис. 4). В этом случае для привязки количества осей к модельной единице локомотива в



Рис. 3.2. Алгоритм контроля передвижений (окончание)

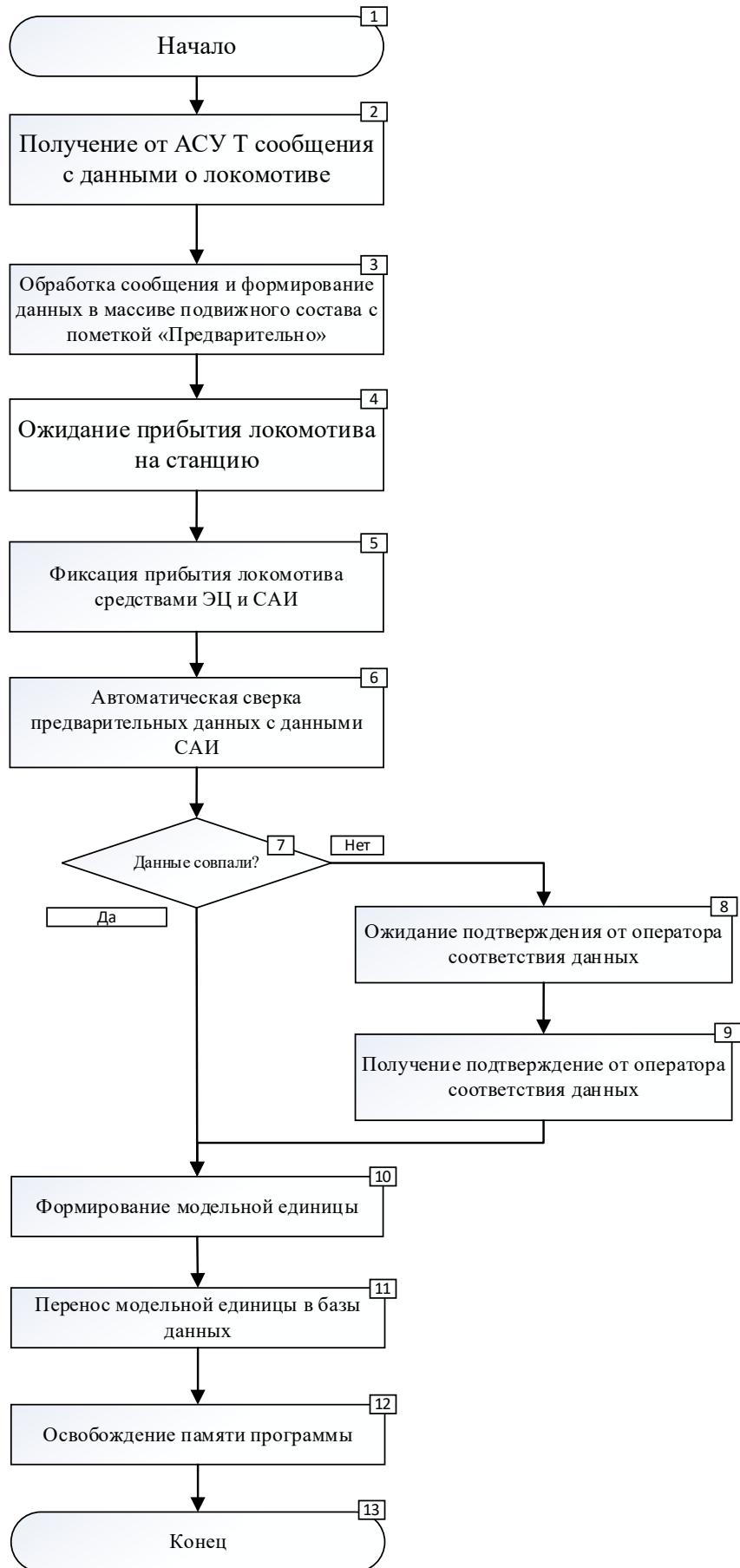


Рис. 4. Алгоритм формирования модельной единицы локомотива

системе необходима увязка с АСУ Т (АСУ депо). От АСУ Т в систему поступает следующая информация (рис. 4, блок 2): № локомотива, количество осей, тип локомотива (маневровый или поездной).

Рассмотрим порядок работы с локомотивами в части формирования их модельных единиц. Данные о локомотиве поступают через функцию взаимоувязки в массив подвижного состава с пометкой «Предварительно». Получение сообщения о планируемом прибытии локомотива на станцию запускает функцию инициализации, которая, в свою очередь, активирует функции контроля работы и формирования модельных единиц. После чего функция контроля работы переходит в режим ожидания до момента прибытия локомотива.

Прибытие локомотива на станцию фиксируется системой ЭЦ и средствами системы автоматической идентификации. Соответствующие сообщения передаются через интерфейс в массив обработки сообщений, где их воспринимает функция взаимоувязки (рис. 4, блок 5). Данные, полученные от системы автоматической идентификации (САИ), сравниваются с «предварительными» данными, полученными от АСУ Т и хранящимися в массиве подвижного состава (рис. 4, блок 6). Если данные не совпали, система ожидает получения подтверждения от оператора о прибытии локомотива на станцию (рис. 4, блоки 8–9). После получения такого подтверждения производится формирование модельной единицы, соответствующей локомотиву, и занесение ее в базы данных (рис. 4, блоки 10–11), откуда она переносится в массив поездных или маневровых локомотивов. Если данные совпали, то ожидание подтверждения от оператора не требуется. После этого производится завершение алгоритма и освобождение памяти (рис. 4, блок 12).

Удаление модельной единицы производится в случае отправления локомотива со станции на перегон или в депо. В случае отправления на подъездной путь удаления не происходит, в случае отправления в особом порядке (например, толкач) удаления не происходит.

Алгоритм работы с поездными локомотивами формирования депо, находящегося на станции, при выдаче локомотива под состав

аналогичен алгоритму работы с маневровыми локомотивами, но при этом задействован массив поездных локомотивов.

Порядок работы с поездными локомотивами, относящимися к депо другой станции, несколько иной. В этом случае получение данных о количестве осей производится в момент получения данных о составе поезда и может производиться как через АСУ депо, так и через АСОУП. Формирование модельной единицы поездного локомотива в случае обработки транзитного поезда с изменением массы или длины происходит одновременно с формированием модельных единиц вагонов.

При работе с транзитным поездом формирование отдельных модельных единиц локомотива и вагонов не производится, а формируется общая модельная единица поезда.

Далее рассмотрим формирование вагонных модельных единиц. В отличие от локомотивов, на станции в произвольный момент времени могут появиться любые вагоны, допущенные к передвижению по железнодорожной сети. Все они должны быть отражены в модели работы станции.

Рассмотрим несколько возможных ситуаций появления вагонов на станции и соответствующих им алгоритмов обработки этой информации:

- прибытие поезда с перегона на свободный путь;
- подача вагонов с подъездного пути на свободный путь;
- подача вагонов с подъездного пути на занятый путь.

В случае прибытия поезда на свободный путь, после фиксации прибытия поезда (рис. 3), функция инициализации активирует функцию формирования модельных единиц. Последняя на основе данных, содержащихся в поездной базе данных и массиве подвижного состава (рис. 1), заполняет базу модельных единиц.

Во втором случае работа системы аналогична приему поезда на свободный путь, но данные о составе поступают не от систем диспетчерского уровня, а от АСУ транспортного цеха предприятия.

В случае подачи вагонов с подъездного пути предприятия на занятый путь станции

информация о вагонах также передается от АСУ предприятия. На входе на станцию либо стоит система видеоидентификации, либо просто входной счетчик. В случае САИ решение задачи по привязке осей и передаче данных для формирования модельной единицы возлагается на нее. В случае работы входного счетчика на входе происходит считывание осей. Оператор вводит признак местоположения локомотива в составе (толкает или тянет). После чего в программе формируется массив с длиной, равной количеству вагонов в составе. Согласно номеру вагона и на основе системы нумерации вагонов устанавливается ожидаемое количество осей для каждой модельной единицы. Далее производится фиксация пройденных осей и отсечка их в данных. Если в результате этого процесса оставшееся количество осей не равно нулю, выдается сообщение об ошибке ввода. ▲

Заключение

1. Проведен анализ современного состояния процесса цифровизации оперативного управления работой станции. Рассмотрены существующие подходы к построению АСУ станцией. Сделан вывод о необходимости повышения уровня автоматизации за счет интеграции разрозненных систем в единое техническое решение.

2. Дано описание информационной структуры, обеспечивающей цифровизацию получения, передачи и обработки данных в цифровой системе оперативного управления работой станции.

3. Дано описание технической структуры и требуемых увязок со смежными АСУ, обеспечивающими цифровизацию процессов получения, передачи и обработки информации в цифровой системе оперативного управления.

4. Приведен пример алгоритма контроля передвижений счетчиками осей при их расстановке методом, изложенным в [16]. Приведены алгоритмы формирования модельных единиц.

5. В ходе дальнейших исследований требуется рассмотреть алгоритмы формирования модельных единиц специального подвижного состава, алгоритмы распознавания ситуаций и построения планов работы, организации прикладного программного обеспечения, информационной безопасности.

Библиографический список

1. Bitzer F. Quo vadis Digitale Leit- und Sicherungstechnik? / F. Bitzer, V. Blateau, C. Lammerskitten et al. // *Eisenbahningenieur*. — 2021. — Vol. 11. — Pp. 6–11.
2. Розенберг Е. Н. Цифровая экономика и цифровая железная дорога / Е. Н. Розенберг, В. И. Уманский, Ю. В. Дзюба // *Транспорт Российской Федерации*. — 2017. — № 5(72). — С. 45–49.
3. 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 ПГУПС*. — СПб.: ПГУПС, 2003. — С. 99–106.
4. Корниенко А. А. Интеллектуальные компьютерные системы оперативного управления движением поездов на станциях / А. А. Корниенко, А. Б. Никитин, А. Д. Хомоненко // *Изв. ПГУПС*. — 2012. — № 2(31). — С. 116–119.
5. Гапанович В. А. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах: учебник для вузов ж.-д. транспорта / В. А. Гапанович, А. А. Грачев и др.; под ред. В. И. Ковалева, А. Т. Осминина, Г. М. Грошева. — М.: Маршрут, 2006. — 544 с.
6. Матюхин В. Г. О текущем состоянии проекта ИСУЖТ и реализации технологии интервального регулирования на его платформе / В. Г. Матюхин, В. И. Уманский, А. Б. Шабунин // *Сборник трудов восьмой научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте» (ИСУЖТ-2019, Москва, 21 ноября 2019 г.)*. — М.: Изд-во ОАО «НИИАС», 2019. — С. 3–7.
7. Никитин А. Б. Комплексная автоматизированная система диспетчерского управления работой Екатеринбургского метрополитена / А. Б. Никитин, Д. В. Углев // *Современные технологии автоматизации*. — 2016. — № 4. — С. 64–68.
8. Behrens M. Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart: ein Überblick / M. Behrens, E. Eckardt, M. Kummling et al. // *Eisenbahningenieur*. — 2020. — Vol. 4. — Pp. 14–18.
9. Floter C. Innovative cooperation for the vehicle equipment at Stuttgart Digital Node / C. Floter, F. Raichle, T. Hohne et al. // *Signal + Draht*. — 2022. — Vol. 9. — Pp. 42–51.
10. Steffens S. SIL4 Data Center — a new platform architecture for safety-relevant railway applications / S. Steffens, T. Suess, F. Eschmann et al. // *Signalling + Datacommunication*. — 2021. — Vol. 10. — Pp. 41–48.
11. Bojic M. ETCS in large stations using the example of Stuttgart Central Station / M. Bojic, H. El-Hajj-Sleiman, M. Flieger et al. // *Signal + Draht*. — 2021. — Vol. 04. — Pp. 21–29.
12. Harmsen F. Was, wo, wann, warum? — Die automatisierte Erfassung von Bahninfrastruktur / F. Harmsen, P. Hintze, J. Elstner // *Signal + Draht*. — 2019. — Vol. 12. — Pp. 51–61.
13. Theeg G. Railway Signalling and Interlocking. International Compendium. 3rd edition / G. Theeg, S. Vlasenko, E. Anders et al. — Germany, Leverkusen: PMC Media House GmbH Publ., 2020 — 553 p.
14. Harmsen F. Was, wo, wann, warum? — Die automatisierte Erfassung von Bahninfrastruktur / F. Harmsen, P. Hintze, J. Elstner // *Signal + Draht*. — 2019. — Vol. 12. — Pp. 51–61.
15. Grzechca D. Comparison of Filtering Methods for Enhanced Reliability of a Train Axle Counter System / D. Grzechca,

A. Szczeponek // *Sensors*. — 2020. — № 20.10. — P. 2754. — DOI: 10.3390/s20102754.

16. Порошков В. С. Применение счетчиков осей в интервальном регулировании движения поездов / В. С. Порошков // Проблемы внедрения результатов инновационных разработок: сборник статей по итогам Международной науч-

но-практической конференции. — Уфа: ООО «Агентство международных исследований», 2019. — С. 100–103.

17. Groshov V. A. Ob opredelenii mest ustanovki schetchikov osей в горловинах станций / В. А. Грошев // *Автоматика на транспорте*. — 2022. — № 2(8). — С. 162–177. — DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-02-162-177.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2023, Vol. 9, No. 2, pp. 162–177
DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-02-162-177

Organizing Information Structure for a Digital Station Control System

Information about author

Groshev V. A., Engineer of the Department. E-mail: vas.groshev@mail.ru

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

Abstract: The article is devoted to the study of control systems for the operation of railway station, driven by the trend in the industry towards the development and implementation of digital control systems that increase the functionality of the technological means used. The analysis of automated control systems used on railways and in the metro is carried out, their advantages and disadvantages are described. It is shown that it is necessary to build a digital system of operational control of the station, which provides automation of such intellectual functions as planning operations, forming tasks and monitoring their implementation by responsible departments. In the presented work, the synthesis of the information structure of such a system is carried out, providing the receipt, transmission and processing of data, the source of which is currently operated automated railway transport systems for various purposes. The gates of the structure (databases, information arrays) are defined, their description is given, connections between them are built, implemented functions are described. The concept of a model unit as a data package describing the information stored in the system for each element of the technological process of the station is formulated. Examples of algorithms for the functioning of the described structure in terms of movement control and the formation of model units of rolling stock located in the control loop of the system are given. Possible directions for further research are formulated.

Keywords: digital control system; digital railway station; automated control systems; integration of control systems; digitalization of operational management.

References

1. Bitzer F., Blateau V., Lammerskitten C. et al. Quo vadis Digitale Leit- und Sicherungstechnik? *Eisenbahningenieur*, 2021, vol. 11, pp. 6–11.
2. Rozenberg E. N., Umanskiy V. I., Dzyuba Yu. V. Tsifrovaya ekonomika i tsifrovaya zheleznaya doroga [Digital economy and digital railway]. *Transport Rossiyskoy Federatsii* [Transport of the Russian Federation]. 2017, Iss. 5(72), pp. 45–49. (In Russian)
3. Nikitin A. B. *Avtomatizatsiya operativnogo upravleniya na stantsiyakh dispetcherskogo upravleniya. Konstruirovaniye, sertifikatsiya i tekhnicheskaya diagnostika ustroystv i sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki: sb. nauch. trudov PGUPS* [Operational control automation at dispatch control stations. Design, certification and technical diagnostics of devices and systems of railway automation and telemechanics: Sat. scientific Proceedings of PGUPS]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2003, pp. 99–106. (In Russian)
4. Kornienko A. A., Nikitin A. B., Khomonenko A. D. Intellektual'nye komp'yuternye sistemy operativnogo upravleniya dvizheniem poezdov na stantsiyakh [Intelligent computer systems for operational control of train traffic at stations]. *Izv. PGUPS*

[Proceedings of Emperor Alexander I Petersburg State Transport University]. 2012, Iss. 2(31), pp. 116–119. (In Russian)

5. Gapanovich V. A., Grachev A. A. et al. *Sistemy avtomatizatsii i informatsionnye tekhnologii upravleniya perezovkami na zheleznnykh dorogakh: uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta* [Automation systems and information technologies for managing transportation on railways: a textbook for high schools railway transport]. Moscow: Marshrut Publ., 2006, 544 p. (In Russian)
6. Matyukhin V. G., Umanskiy V. I., Shabunin A. B. *O tekushchem sostoyanii proekta ISUZhT i realizatsii tekhnologii interval'nogo regulirovaniya na ego platforme. Sbornik trudov vos'moy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte" (ISUZhT-2019, Moskva, 21 noyabrya 2019 g.)* [On the current state of the ISUZhT project and the implementation of interval control technology on its platform. Proceedings of the eighth scientific and technical conference "Intelligent systems management in railway transport" (ISUZhT-2019, Moscow, November 21, 2019)]. Moscow: OAO "NIAS" Publ., 2019, pp. 3–7. (In Russian)
7. Nikitin A. B., Uglev D. V. *Kompleksnaya avtomatizirovannaya sistema dispetcherskogo upravleniya rabotoy Ekaterinburgskogo metropolitena* [Complex automated system of dispatch control of the work of the Yekaterinburg metro]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii* [Modern technologies of automation]. 2016, Iss. 4, pp. 64–68. (In Russian)
8. Behrens M., Eckardt E., Kummeling M. et al. Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart: ein Überblick. *Eisenbahningenieur*, 2020, vol. 4, pp. 14–18.
9. Floter C., Raichle F., Hohne T. et al. Innovative cooperation for the vehicle equipment at Stuttgart Digital Node. *Signal + Draht*, 2022, vol. 9, pp. 42–51.
10. Steffens S., Suess T., Eschmann F. et al. SIL4 Data Center — a new platform architecture for safety-relevant railway applications. *Signalling + Datacommunication*, 2021, vol. 10, pp. 41–48.
11. Bojic M., El-Hajj-Sleiman H., Flieger M. et al. ETCS in large stations using the example of Stuttgart Central Station. *Signal + Draht*, 2021, vol. 04, pp. 21–29.
12. Harmsen F., Hintze P., Elstner J. Was, wo, wann, warum? — Die automatisierte Erfassung von Bahninfrastruktur. *Signal + Draht*, 2019, vol. 12, pp. 51–61.
13. Theeg G., Vlasenko S., Anders E. et al. *Railway Signalling and Interlocking. International Compendium. 3rd edition. Germany, Leverkusen: PMC Media House GmbH Publ., 2020, 553 p.*
14. Harmsen F., Hintze P., Elstner J. Was, wo, wann, warum? — Die automatisierte Erfassung von Bahninfrastruktur. *Signal + Draht*, 2019, vol. 12, pp. 51–61.
15. Grzechca D., Szczeponek A. Comparison of Filtering Methods for Enhanced Reliability of a Train Axle Counter System. *Sensors*, 2020, Iss. 20.10, p. 2754. DOI: 10.3390/s20102754.
16. Poroshkov V. S. *Primeneniye schetchikov osej v interval'nom regulirovaniy dvizheniya poezdov. Problemy vnedreniya rezul'tatov innovatsionnykh razrabotok: sbornik statey po itogam Mezhdunaronyy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The use of axle counters in the interval control of train traffic. Problems of implementing the results of innovative developments: a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference]. Ufa: 000 "Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy" Publ., 2019. pp. 100–103. (In Russian)
17. Groshev V. A. Ob opredelenii mest ustanovki schetchikov osej v gorlovinakh stantsiy [On determining the installation locations of axle counters in the necks of stations]. *Avtomatika na transporte* [Transport automation research]. 2022, Iss. 2(8), pp. 162–177. DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-02-162-177. (In Russian)