

УДК 656.212.5, 004.896

ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СТАНЦИЯ: ПРИМЕР ФОРМАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ПРИЕМА ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА

Бушуев Сергей Валентинович, д.т.н., доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия, Email: SBushuev@usurt.ru

Костров Александр Анатольевич, заведующий лабораторией систем железнодорожной автоматики и телемеханики ЧИПС – филиал ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Челябинск, Россия, Email: AKostrov@usurt.ru

Ольгейзер Иван Александрович, к.т.н., доцент, первый заместитель директора Ростовского филиала АО «НИИАС», Ростовский Государственный университет путей сообщения (РГУПС), Ростов-на-Дону, Россия, Email: i.olgezer@vniias.ru

АННОТАЦИЯ

Статья рассматривает прием грузового поезда на Цифровую железнодорожную станцию (ЦЖС), проект которой реализуется на Южно-Уральской железной дороге с 2018 года и включает в себя создание модульной структуры, обеспечивающей взаимодействие различных подсистем в режиме реального времени. Одним из элементов ЦЖС является система автоматического приема и диагностики подвижного состава, позволяющая формировать цифровую модель поезда и принимать решения о его маршруте на основе результатов осмотра. При прибытии поезда на станцию проводится последовательная цепочка технологических операций. Выбор каждой последующей операции зависит от результатов выполнения предыдущих, поэтому при проектировании современных станционных систем железнодорожной автоматики могут применяться последовательностные автоматы, в том числе модели автоматов Мили и Мура. Применение теории автоматов при синтезе микропроцессорных станционных систем ж.д. автоматики в эпоху их бурного развития позволило выявлять узкие места с обеспечением безопасности систем и оптимизировать их структуру. Поэтому для исследования модели цифровой железнодорожной станции предлагается формализовать описание в нотации конечных автоматов с целью оптимизации взаимосвязей модулей ЦЖС, и в конечном итоге повысить эффективность работы станции. В качестве входного алфавита можно использовать события (сигналы) систем автоматики и диагностики, внутренние состояния отражают этапы выполнения технологического процесса. Выходной алфавит – возможные решения по управлению станцией, которые реализуются путем передачи информации в соответствующие программно-аппаратные комплексы и модули ЦЖС.

Ключевые слова: цифровая железнодорожная станция, структура, представление алгоритмов, последовательностные автоматы.

DIGITAL RAILWAY STATION: AN EXAMPLE OF FORMALIZING A FREIGHT TRAIN ARRIVAL ALGORITHM

Sergey V. Bushuev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research, The Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russia, Email: SBushuev@usurt.ru.

Alexander A. Kostrov, Head of the laboratory of railway automation and telemechanics systems at the Chelyabinsk Institute of Railway Transport, a branch of the Ural State University of Railway Transport, Chelyabinsk, Russia, Email: AKostrov@usurt.ru

Ivan A. Olgeizer, Ph.D., Associate Professor, First Deputy Director of the Rostov Branch, JSC «NIIAS», Rostov State Transport University (RSTU), Rostovon-Don, Russia, Email: i.olgezer@vniias.ru

ABSTRACT

The article examines the reception of a freight train at a Digital Railway Station (DRS), a project being implemented on the South Urals Railway since 2018. The project entails developing a modular structure facilitating real-time interaction between various subsystems. Among the components of the DRS is an Automatic Vehicle Inspection System (AVIS), which builds a digital model of the train and decides its route based on inspection findings. When a train arrives at the

station, a sequential chain of technological operations is carried out. The choice of each subsequent operation depends on the results of prior steps. Therefore, when designing modern railway station automation systems, sequential finite state machines (SFSM), particularly Mealy and Moore models, can be effectively applied. Utilizing automaton theory in synthesizing microprocessor-based railway station automation systems has enabled identification of bottlenecks while ensuring system safety and structural optimization. Consequently, to investigate the DRS model, it is recommended to formalize its description using finite state machine notation aiming to optimize interactions between DRS modules and ultimately improve station efficiency. The input alphabet may encompass events (signals) from diagnostic and control systems, while internal states reflect stages of the operational process. The output alphabet represents potential decisions regarding station management, realized by transmitting information to respective hardware and software complexes and DRS modules.

Keywords: digital railway station, structure, algorithm representation, sequential automata.

Введение

Современные микроэлектронные системы железнодорожной автоматики выполняют целый ряд важных функций, основными из которых являются: управление поездными и маневровыми передвижениями, а также обеспечение безопасности при производстве этих передвижений. С развитием систем автоматики, из-за увеличения скоростей и интенсивности движения возрастают и требования к данным системам [1].

Актуальность исследования определяется важностью и перспективной развития на сети дорог проекта «Цифровая железнодорожная станция» – одного из пилотных проектов, объединяющего в себе самые современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики. Реализация данного проекта была начата в 2018 году на полигоне Южно-Уральской железной дороги на сортировочной станции Челябинск-Главный, и продолжается в настоящее время. Основной задачей в рамках цифровой трансформации является увеличения пропускной способности станции, оптимизация технологических операций, переход от автоматизированного к автоматическому управлению с постепенной оптимизацией штата работников станции и выводом их из опасной зоны [2].

Для упрощения вопросов проектирования, внедрения, отладки и дальнейшего масштабирования систем автоматики, ЦЖС имеет модульную структуру. Каждый программно-аппаратный комплекс отвечает за конкретные технологические операции в рамках всей станции. ПАКи увязываются между собой для передачи информации в режиме реального времени. Размещение аппаратных комплексов на плане станции соответствует последовательности технологических операции над поездом [3].

При проектировании модулей цифровой станции, особое внимание уделяется вопросам синтеза цифровых моделей устройств и систем железнодорожной автоматики, исключающих опасные отказы с целью повышения безопасности движения поездов и более четкой организации перевозочного процесса [4].

Новизна подхода к исследованию заключается в применении конечных автоматов для формализации описания технологических операций и алгоритмов ЦЖС. Конечные автоматы эффективно применялись при синтезе релейных и микропроцессорных станционных систем, обеспечивая выявление узких мест с точки зрения безопасности, создания самопроверяемых схем, оптимизации структуры системы. Поэтому применение этой теории может позволить формализовать процессы, оптимизировать взаимосвязь модулей ЦЖС, и в перспективе повысить эффективность работы станции, что определяет актуальность исследования.

1. Состояние проблемы

Работа цифровой железнодорожной станции по приему поезда начинается задолго до появления его на участке приближения. Так, за 40-50 км, на подходах к ЦЖС, оборудуются интегрированные посты автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях (ППСС). В составе которых используется функционал машинного

зрения, лазерного 3D сканирования, тензометрии и дистанционного считывания информации [5]. При проследовании поезда через ППСС, формируется его цифровая модель, в которой учитывается очередность вагонов в поезде (их нумерация).

По итогам коммерческого осмотра груза и технического осмотра каждого конкретного вагона в поезде, ему может быть присвоено одно из следующих состояний: все вагоны поезда исправны, в поезде есть вагон с коммерческой неисправностью, в поезде есть вагон с технической неисправностью, в поезде есть вагоны с коммерческой и технической неисправностью. В зависимости от наличия или отсутствия неисправных вагонов в составе поезда, принимается решение о постановке поезда на конкретный путь парка приема станции. Кроме того, на основе этих данных могут подаваться команды в системы оповещения оперативного персонала из числа дежурных работников вагонного хозяйства (для осмотра вагонов с выявленными техническими неисправностями) и хозяйства движения (для осмотра вагонов с выявленными коммерческими неисправностями груза).

В этом случае поезд должен проследовать на один из предназначенных для этого путей парка приема, с целью оперативного осмотра вагона работником вагонного хозяйства.

После проследования поездом ППСС, на основе данных о вагонах в нем, ЦЖС может определять путь приема поезда, в автоматическом режиме готовить маршрут приема и открывать входной светофор для прибывающего поезда. По прибытию поезда в парк приема над ним производят последовательную цепочку технологических операций:

- Прибытие поезда на целевой путь парка приема;
- Закрепление состава до момента выезда локомотива;
- Выезд локомотива;
- Ограждение пути;
- Технический осмотр поезда (реализован не в полной мере);
- Коммерческий осмотр поезда;
- Снятие ограждения пути;
- Заезд маневрового локомотива;
- Снятие закрепления состава;
- Надвиг состава на горб сортировочной горки.

Каждая последующая операция может начинаться только в тот момент, когда предыдущая операция полностью завершена и в ЦЖС получен сигнал от напольных устройств или от работников станции (там, где оперативные работники остаются в технологическом процессе) об ее успешном завершении. Для обеспечения безопасности может предусматриваться дублирование сигналов о завершении очередной операций, с их передачей по различным каналам связи от независимых друг от друга напольных устройств автоматики.

На сортировочной станции в каждый момент времени реализуются десятки технологических процессов и операций. Одновременно с процессом приема одного поезда, происходит процесс осмотра другого поезда и роспуска третьего поезда. Каждый поезд, находящийся на станции (от момента прохода ППСС до момента отправления со станции после процесса расформирования) создает свой собственный экземпляр технологического процесса на станции. Поэтому каждая технологическая операция с каждым конкретным поездом переводит экземпляр технологического процесса обработки данного поезда из одного состояния в другое и количество этих состояний конечно, что создает предпосылки для применения теории конечных автоматов для определения характеристик работы и оптимизации структуры взаимодействия модулей ЦЖС.

В процессе прибытия поезда на целевой путь парка приема, необходимо точно спозиционировать местоположение локомотива и первого вагона для остановки поезда в заранее определенном месте и его автоматизированного закрепления. Для этого может использоваться комплекс «Прицел», который предполагает установку путевых датчиков прохода осей для фиксации прохода локомотива и первого вагона прибывающего поезда. Комплекс «Прицел» определяет и контролирует положение подвижного состава, а также подает команду на закрепление системами УТС и ДУЗС и контролирует положение устройств закрепления [6].

При этом информация о месте остановки локомотива может подаваться автоматически по каналам автоматической локомотивной сигнализации с последующей обработкой этого сигнала локомотивными устройствами безопасности. Другой возможный способ остановки локомотива – установка видимого сигнала на пути парка приема, с информацией о расстоянии до места остановки поезда [7].

После постановки поезда на целевой путь парка приема, необходима передача команд на системы закрепления и заграждения с целью надежной фиксации состава на пути с момента отцепки локомотива. В зависимости от уклона пути и массы состава могут быть применены разные устройства закрепления, среди которых: УТС, ДУЗС и ЗУБР и их комбинации.

Применение таких устройств и переход к автоматизированному закреплению составов повышает безопасность и сокращает время операций на путях парка приема, а также обеспечивает вывод работников из опасной зоны [8].

При дальнейшем роспуске отцепов с сортировочной горки, ЦЖС может автоматически определять целевой путь для каждого отцепа, на основании множества входных данных. При этом целевой путь для отцепа может изменяться до момента его роспуска с сортировочной горки. В каждом такте работы станции на основе множества входных данных, выбираются наиболее оптимальные условия для эффективного пропуска и переработки составов через ЦЖС. В сортировочном парке отцепы должны закреплять, для исключения выхода их за пределы полезной длины пути. С целью автоматизации этого процесса и исключения человека из этого технологического процесса на ЦЖС внедряются балочные заграждающие устройства и аппаратура их контроля и управления [9].

2. Методы исследования

На этапах разработки и доказательства безопасности тиражируемых систем железнодорожной автоматики (электрической централизации и автоблокировки) применяются модели последовательностных автоматов, в том числе модели автоматов Мили и Мура. Независимо от элементной базы представленной системы автоматики, язык конечных автоматов можно считать универсальным, т.к. множество событий на станции, представляющих собой технологические ситуации, могут быть описаны регулярными выражениями. При возникновении отказов, автомат переходит в состояние отличное, от того, в которое он должен перейти при исправной работе всех устройств.

Представление модели ЦЖС в целом, а также ее отдельных модулей, систем и подсистем, в качестве последовательностных автоматов с памятью может быть полезна для дальнейшего развития проекта, как дополнительный способ анализа, синтеза и оптимизации алгоритмов. Состояние автомата в каждый конкретный момент времени зависит не только от входного сигнала, но и от того, какая последовательность входных сигналов поступала в предшествующие моменты времени. Под таким работам такого автомата понимается отрезок времени, в течение которого не изменялось значение внутренних и внешних сигналов (состояние устройств автоматики на станции: занятость участков пути, положение стрелочных переводов и показания станционных светофоров и др).

Это позволит рассмотреть ЦЖС, как единую логическую структуру, а каждый ее модуль, как элемент с определенным набором входных и выходных воздействий, оптимизировать ее структуру, рассмотреть все возможные сценарии, которые могут возникать в результате работы, а также определить наилучшие варианты обмена передаваемой информации между модулями и комплексами задач.

В соответствии с Концепцией цифровой железнодорожной станции, можно рассматривать четыре уровня передачи информации на станции [10]:

- Уровень топологии: цифровая модель путевого развития и устройств инфраструктуры (включая исправность аппаратуры и параметры объектов);
- Уровень событий: фиксирует события, происходящие на ЦЖС, изменение состояния объектов (светофоров, стрелок, блок-участков);
- Уровень поездных и маневровых маршрутов – напрямую связан с размещением объектов централизации на станции, и преобразование передвижений по этим объектам в заданные маршруты, в соответствии с топологией станции;
- Уровень технологических операций – основной источник информации для всех комплексов задач ЦЖС, в отличие от уровня событий, на данном уровне фиксируется начало и окончание технологических операций на станции.

Для представления ЦЖС в виде последовательностного автомата, необходимо воспользоваться двумя из этих четырех уровней цифровой модели: «уровнем событий» и «уровнем технологических операций». На «уровне событий» в цифровой модели станции фиксируются события, поступающие из ПАК ЦЖС и napольных устройств. Этот уровень является самым детализированным, с точки зрения всех событий, происходящих на станции.

Под «событием» понимается результат фиксации в комплексах задач изменений состояния светофоров, переключения положения стрелочных переводов, занятости блок-участков, факт проследования вагоном определенного счетчика осей, факт распознавания номера вагона устройствами технического зрения, факт начала/конца роспуска, установки централизованного ограждения, изменение статуса закрепления, сообщение со списком вагонов от устройств технической диагностики, получение сообщений от МРМ в части событий геопозиционирования и т.д.

Наличие данного уровня обеспечивает высокую детализацию зафиксированных изменений состояний объектов и устройств до конкретного источника события (датчика или устройства). При этом некоторые события, зафиксированные датчиками, не переводят автомат (станцию) из одного состояния в другое.

Уровень технологических операций является укрупненным, относительно «уровня событий», т.к. источником технологических операций являются события, поездные и маневровые маршруты, а также технологические события, полученные при взаимодействии со смежными системами или из неконтролируемых зон.

В существующей методологии ЦЖС уровень событий используется для контроля целостности цифровой модели станции, для сбора статистики о работе датчиков, устройств СЦБ с целью повышения эффективности работы аппаратных комплексов задач. Уровень технологических операций используется прежде всего для фиксации факта выполнения технологической операции и оценки разницы между запланированным и фактическим времени выполнения этой операции в минутах. В случае если разница превышает резервы, отклонение времени от плана считается критическим.

При этом использование данных уровней для представления станции, в виде конечного последовательностного автомата позволит:

- Определить все возможные внутренние состояния станции;
- Определить входной алфавит, т.е. входные воздействия, переводящие станцию из одного состояния в другое;
- Определить выходной алфавит т.е. все исходящие сигналы между модулями ЦЖС, а также управляющие воздействия на устройства низовой автоматики;
- Уменьшить сбор лишних данных, которые не используются в текущей модели или рассмотреть варианты использования этих данных для оптимизации работы станции.

3. Результаты исследования

Для достижения поставленной цели, представления цифровой станции, как последовательностного автомата необходимо определить элементы кортежа данного автомата:

- Начальное состояние станции S_0 ;
- Множество состояний станции $S_1, S_2, S_3 \dots S_n$ (внутренний алфавит);
- Множество событий и/или технологические операции, переводящие цифровую станцию, из одного состояния в другое (входной алфавит);
- Множество реакции автомата событий при переходе из одного состояния в другое (выходной алфавит).

Начальное состояние экземпляра процесса обработки поезда цифровой станции (S_0), как конечного автомата – состояние, при котором станция находится в ожидании очередного поезда, при подходе его к ППСС.

S_1, S_2, S_3 – состояния в которые может переходить данный экземпляр ЦЖС в зависимости от наличия/отсутствия выявленных технических или коммерческих неисправностей, наличия вагонов с опасными грузами.

Состояний, в которые станция может переходить из начального состояния S_0 может быть больше, в зависимости от объема снимаемой ППСС диагностической информации и использования этой информации в сценариях работы ЦЖС по приему данного грузового поезда.

Входным алфавитом будет являться множество событий и технологических операций, изменяющих состояние станции. Источником такого «события» может быть любой ПАК или Комплекс задач ЦЖС. Напольные устройства, наряду с мобильными рабочими местами МРМ являются теми самими первичными датчиками, фиксирующими такие события. При возникновении одного из таких событий, станция переходит из одного состояния в другое из множества состояний ($S_1, S_2, S_3, \dots$). Для этого перехода необходимо фиксация одного или нескольких событий одновременно. То, в какое именно состояние перейдет станция, зависит от ее предыдущего состояния и произошедшего события.

Выходным состоянием является формирование управляющего воздействия на низовые устройства автоматики или передача команд в отдельные ПАКи или Комплексы задач ЦЖС.

При проходе поезда через ППСС срабатывают напольные датчики, которые фиксируют факт занятия участка. Сигнал от такого датчика является элементом входного алфавита под действием которого происходит переход ЦЖС из состояния S_0 (станция в ожидании поезда) в одно из множества следующих состояний (S_1, S_2, S_3). Какое именно это будет состояние, определяется поступлением сигналов, формирующихся датчиками ППСС. Например, выявлены ли устройствами технического зрения, системой «Техновизор» или «Элемент» в составе поезда вагоны с техническими или коммерческими неисправностями. После считывания номеров вагонов системой УС АРНВ может происходить корректировка натурного листа. Кроме того, фиксируется наличие в составе вагонов с опасными грузами (по трафаретам на бортах вагонов), которые запрещены к роспуску. Эта информация в последствии передается в ИКАР ОГ.

После проследования поездом ППСС формируются выходные сигналы и определяется состояние станции в зависимости от того, какой сигнал был сформирован в ППСС. Далее эта информация может использоваться для приготовления маршрута приема, а также для планирования очередности. При выявлении технических или коммерческих неисправностей поезд может приниматься на специально определенный для этого путь. В зависимости от типа неисправности возможны разные варианты развития событий и разные алгоритмы, исходя из выявленной неисправности (технической или коммерческой). С учетом этой информации происходит планирование процесса роспуска состава с сортировочной горки и проводимые операции с каждым конкретным вагоном, передача информации о вагонах с опасными грузами в модуль ИКАР ОГ и т.д. Кроме того, могут формироваться сигналы оповещения о необходимости осмотра и обслуживания состава дежурными работниками для устранения выявленных неисправностей.

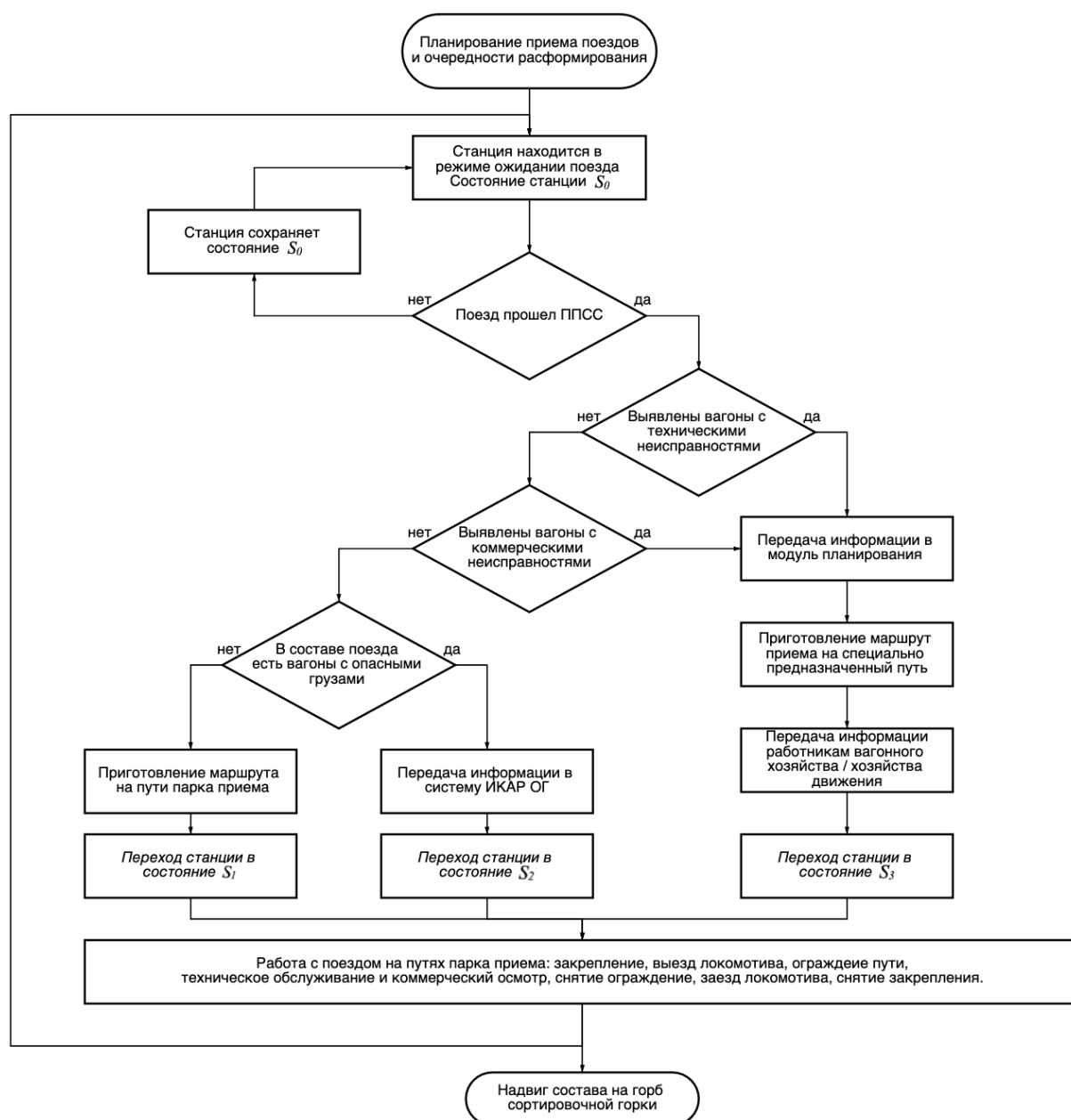


Рис. 1 – Пример алгоритма изменения состояний ЦЖС при приеме грузового поезда, в зависимости от исправности вагонов в поезде и наличия в них опасных грузов.

На рисунке изображен возможный алгоритм присвоения целевого состояния экземпляра процесса обработки поезда ЦЖС, при приеме грузового поезда с переработкой, в зависимости от того, есть ли в составе поезда вагоны с опасными грузами, техническими или коммерческими неисправностями. Информация об этом приходит от системы ППСС, при проследовании поезда через интегрированный пост контроля. Исходя из начального состояния станции (S_0 – станция в ожидании поезда) и входных сигналов, поступающих от датчиков ППСС можно построить функции перехода станции в одно из следующих состояний:

- S_1 – в поезде не выявлены вагоны с коммерческими или техническими неисправностями, нет вагонов с опасными грузами;
- S_2 – в поезде не выявлены вагоны с коммерческими или техническими неисправностями, есть вагоны с опасными грузами (информация передается в ИКАР ОГ);
- S_3 – в поезде выявлены вагоны с техническими и/или коммерческими неисправностями.

Аналогично может формироваться цифровая модель поезда и конкретного вагона. В этом случае, при проходе поездом устройств ППСС ему присваивается одно из состояний, в зависимости от назначенного пути приема в парке прибытия, который в том числе может зависеть от наличия в составе поезда вагонов с неисправностями, наличия вагонов с опасными грузами и т.д.

Состояние каждого конкретного вагона тоже может изменяться в зависимости от выявленной неисправности и присвоения целевого пути в парке отправления для данного вагона. При этом тип неисправности может быть взят из перечня неисправностей, определяемых ППСС (по документации).

Обсуждение

Применение моделей последовательностных автоматов при проектировании и синтезе элементов цифровой железнодорожной станции позволяет формализовать, описать, систематизировать и оптимизировать все процессы, события и технологические операции, происходящие на ЦЖС. В рассмотренном примере, при приеме на станцию грузового поезда с переработкой, процесс обработки поезда на станции переходит из начального состояния S_0 в одно из множества состояний S_1 , S_2 , S_3 и т.д. Функция перехода зависит от выявленных в прибывающем поезде неисправностей и наличия вагонов с опасными грузами. В зависимости от функции перехода информация будет передаваться в другие ПАКи и комплексы задач ЦЖС, а также в системы оповещения оперативного персонала на станции.

Дальнейший переход станции в одно из следующих состояний зависит от того, в каком состоянии станция находилась ранее. Так, при наличии в поезде вагонов с техническими и/или коммерческими неисправностями, станция из начального состояния S_0 перейдет в состояние S_3 , при этом входными сигналами, определяющими этот переход, являются сигналы от датчиков ППСС, выявивших неисправность. Выходными сигналами в состоянии станции S_3 , могут быть команды на приготовление маршрута на специальный путь для вагонов с выявленными неисправностями, а также сигнал оперативным работникам о необходимости осмотра поезда. В этом случае справедливо и обратное: маршрут на путь для неисправных вагонов должен задаваться только в случае перехода ЦЖС, как конечного автомата в состояние S_3 .

Заключение

В статье подробно рассмотрен пример работы экземпляра технологического процесса цифровой железнодорожной станции в части приема грузового поезда с расформированием. Актуальность исследования обусловлены активным внедрением и планами по масштабированию проекта «Цифровой железнодорожной станции» на сети дорог.

Построен возможный алгоритм присвоения целевого состояния при приеме исправного поезда, поезда с технической или коммерческой неисправностью, а также поезда, в котором есть вагоны с опасными грузами. Показана возможность применения теории последовательностных автоматов для дальнейшего развития и масштабирования проекта ЦЖС, а также в качестве дополнительного способа анализа, синтеза и оптимизации алгоритмов.

Для получения численных оценок необходимо определить методику получения параметров переходов между состояниями, что является целью дальнейших исследований.

Глоссарий:

- | | | |
|---------|---|---|
| ДУЗС | – | Домкратовидное устройство замедления состава; |
| ЗУБР | – | Заграждающее устройство балочное, рычажное; |
| ИКАР ОГ | – | Интегрированный комплекс автоматизации роспуска опасных грузов; |

ПАК	– Программно-аппаратный комплекс;
ППСС	– Интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях;
УС АРНВ	– Универсальная система автоматизированного распознавания номеров вагонов;
УТС	– Упор тормозной стационарный;
ЦЖС	– Цифровая железнодорожная станция.

Список использованных источников:

1. Швалов В. Д. Методы прогнозирования нештатных ситуаций в системах управления движением поездов // *Материалы конференции: Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. Проблемы и решения.* – Санкт-Петербург, Петергоф, 21 мая 2024 года.
2. Хатламаджиян А. Е., Ольгейзер И. А., Суханов А. В., Иерусалимов В. С. Формирование объективных показателей работы сортировочной станции на основе данных «от колеса» // *Автоматика на транспорте.* – 2024. – № 3, Т. 10.
3. Янев Ж. О структуре цифровой модели железнодорожной станции // *Транспортное дело России.* – 2024. – № 3.
4. Пашуков А. В. Методика синтеза станционных систем железнодорожной автоматики и телемеханики с программируемой логикой с применением модели конечных автоматов // *Транспорт Урала.* – 2023. – № 3 (78).
5. Хатламаджиян А. Е., Шаповалов В. В., Кудюкин В. В., Зенько А. С. Комплексные системы диагностирования грузового подвижного состава // *Труды АО «НИИАС»:* сб. ст. – М., 2021. – Т. 1, Вып. 11.
6. Гапанович В. А., Золотарев Ю. Ф., Ольгейзер И. А., Розенберг Е. Н., Соколов В. Н., Шабельников А. Н. Система закрепления составов на путях железнодорожной станции: пат. на изобр.
7. Хатламаджиян А. Е., Ольгейзер И. А., Суханов А. В., Корниенко К. И. Перспективы внедрения комплекса позиционирования и контроля закрепления составов на путях железнодорожных станций «Прицел» // *Вестник института проблем естественных монополий: техника железных дорог.* – 2023. – № 3.
8. Бочков А. В. Обзор заседаний секций научно-технического совета АО «НИИАС» в первом полугодии 2025 года // *Интеллектуальный транспорт.* – 2025. – № 2.
9. Ольгейзер И. А., Соколов В. Н., Юндин А. Л., Корниенко К. И. Автоматизация заграждения сортировочных путей в концепции Цифровой железнодорожной станции // *Автоматика, связь, информатика.* – 2023. – № 11.
10. Концепция «Цифровая Железнодорожная станция»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 07.11.2018 № 1049 (в ред. от 05.06.2020 № 1217/р).