

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

УДК 656. 25 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_152

*В. Д. Верескун, Д. Е. Притыкин, Б. Д. Дагльдян, Е. Д. Балашов***РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ
ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

Аннотация. Рассмотрены структура и принципы организации учебно-лабораторного комплекса «Виртуальная железная дорога», созданного в Ростовском государственном университете путей сообщения, а также идея и реализация моделей устройств сигнализации, централизации и блокировки, использующихся на железнодорожном транспорте Российской Федерации с целью расширения функциональных возможностей комплекса. Рассмотрен принцип работы устройств сигнализации на железной дороге на примере диаграммы классов реализации, схем, а также алгоритма работы внедряемой системы с указанием допущений, применяемых при построении программных моделей. Представлен алгоритм работы программного кода проекта с пояснениями на основе изначальной структуры реализации.

Ключевые слова: учебно-лабораторный комплекс, виртуальная железная дорога, тренажер, СЦБ, АЛСН, сигнализация, светофор, путевой трансмиттер, реле.

Для цитирования: Разработка подсистемы сигнализации для виртуальной железной дороги / В. Д. Верескун, Д. Е. Притыкин, Б. Д. Дагльдян, Е. Д. Балашов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1. – С. 152–158. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_152.

Введение

Система сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на железной дороге является совокупностью технических средств, используемых для регулирования и обеспечения безопасности движения поездов. Создание адекватных цифровых моделей устройств СЦБ необходимо для развития учебно-лабораторного комплекса «Виртуальная железная дорога» (ВЖД) в Ростовском государственном университете путей сообщения. Разработка полноценной модели работы СЦБ является комплексной задачей. Технические требования к моделям предусматривают реализацию достоверной модели, которая точно отвечала бы требованиям инструкции по сигнализации на железнодорожном транспорте Российской Федерации (ИСИ) [1].

1 Цели и задачи разработки

Целью разработки является создание программной имитационной модели системы сигнализации с последующей её интеграцией в комплекс ВЖД (рис. 1). Имитационная модель поезда в системе ВЖД может быть представлена следующими компонентами: учебный локомотивный тренажерный комплекс (УЛТК); универсальный программный тренажер автономного рабочего места машиниста (АРМ «Машинист»); программная модель имитации движения поездов (Поезд-Бот), являющаяся автономной программой, для работы которой необходим заранее прописанный нормативный график движения поездов по маршруту.

Данная разработка на текущем этапе развития комплекса ВЖД предусматривает решение следующих задач:

- 1) объектное моделирование структуры системы сигнализации;
- 2) программная реализация устройств сигнализации: светофоры, необходимые для адекватной работы системы, реле, путевые трансмиттеры, преобразующие сигнальные показания для внутренних устройств локомотива;
- 3) создание алгоритма изменения сигнальных показаний светофоров как от входящих от пульта ДНЦ (пульт поездного диспетчера), так и от воздействия поездов на маршруте следования (воздействие происходит за счет замыкания колесными парами поездов рельсовых цепей);

4) имитация работы путевых трансмиттеров, преобразующих ток рельсовой цепи в кодовые (импульсные) показания для локомотивного светофора, в последующем передающиеся клиенту, являющемуся участником железнодорожного движения;

5) имитация работы сигнальных реле, управляющих сигнальными показаниями светофоров, на участках железнодорожного маршрута, представленного в комплексе ВЖД.

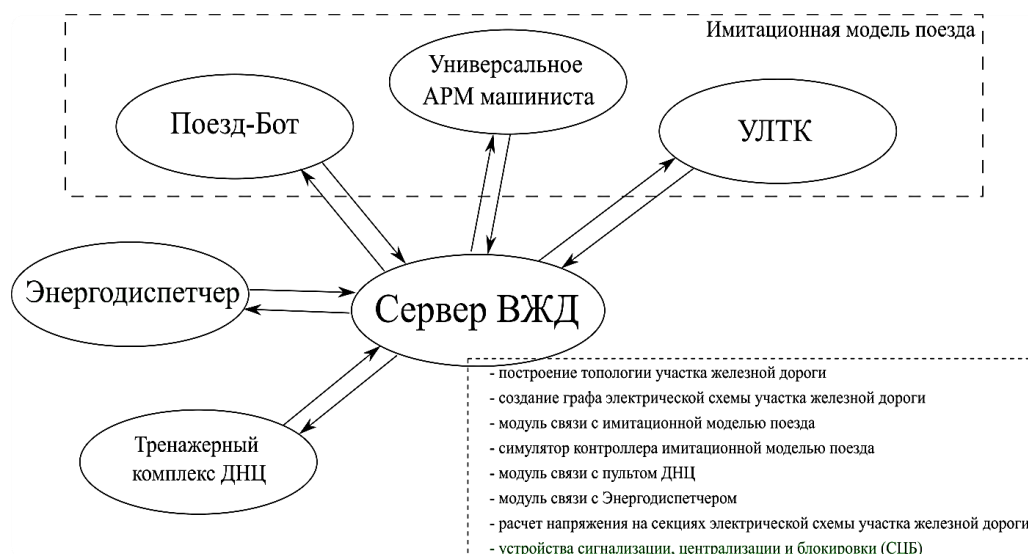


Рис. 1. Структура учебно-лабораторного комплекса «Виртуальная железная дорога» с внедренным модулем СЦБ

2 Архитектура классов системы сигнализации

На рис. 2 представлена UML диаграмма, демонстрирующая иерархию классов разрабатываемой системы [2, 10].

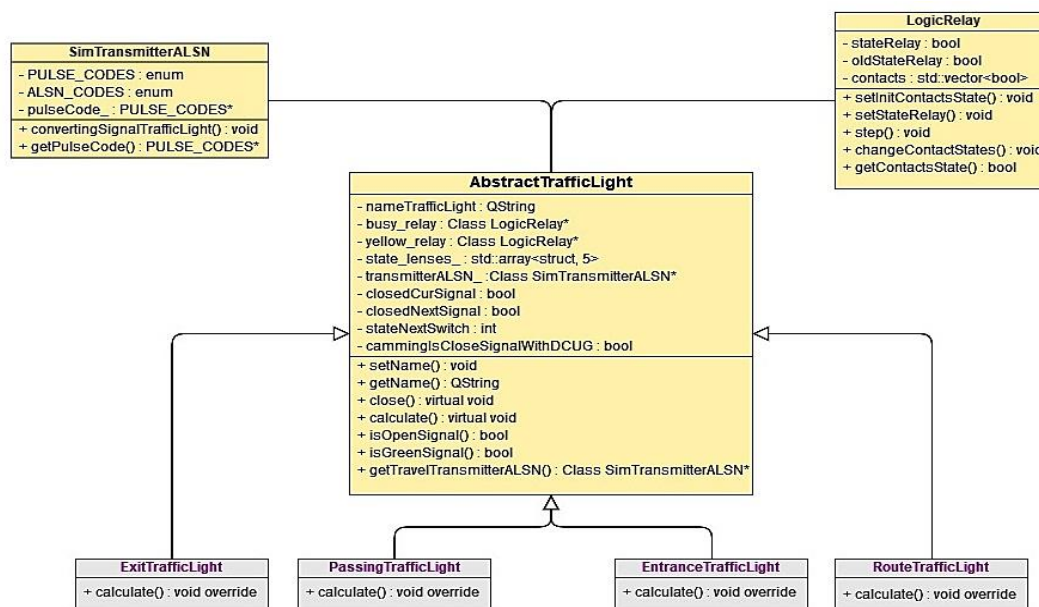


Рис. 2. Диаграмма классов системы сигнализации

Класс «AbstractTrafficLight» является абстрактным классом светофора, содержащим в себе общие атрибуты и реализующим методы, необходимые для работы дочерних классов конкретных светофоров, таких как «Exit», «Passing», «Entrance» и «Route» (выходной, проходной, входной и маршрутный соответственно). Такой подход отражает на практике один из принципов объектно-ориентированного программирования – полиморфизм, объединяя схожую реализацию потомков различной формы.

Работу реле, управляющего сигнальными показаниями светофоров, обеспечивает класс «LogicRelay». В нем реализовано обновление состояний контактов в зависимости от занятости отрезка пути поездом. На схеме (рис. 3) представлена рельсовая цепь с устройством путевого реле (K1). При занятом блок-участке последняя колесная пара состава находится между трансформатором и реле и, обладая значительно меньшим сопротивлением, шунтирует обмотку путевого реле светофора. Таким образом, контакты реле замыкаются в приводе автостопа, принимая заграждающее положение, соответствующие красному сигналу светофора [4–6].

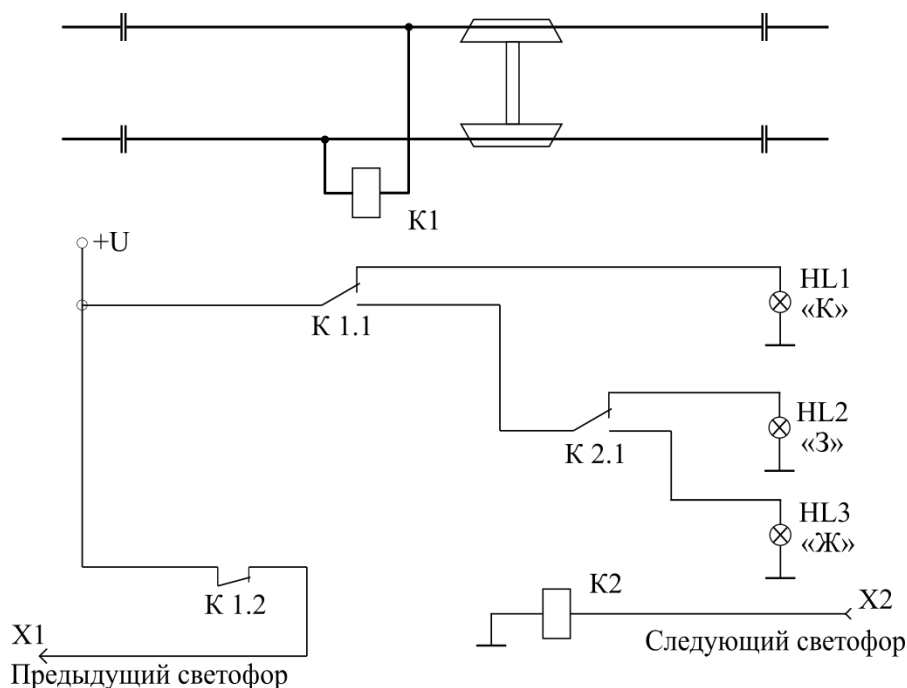


Рис. 3. Схема рельсовых цепей

В свою очередь, сигнальные показания путевых светофоров преобразуются в комбинацию числового кода за счет устройства кодового путевого трансмиттера (КПТ). Полученная комбинация с определенной частотой посылается в рельсовую цепь в виде электрических сигналов, принимаемых устройствами автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН). Данное устройство в рамках проекта реализовано в классе «SimTransmitterALSN», который имитирует работу преобразования сигнальных показаний в импульсную кодировку.

Работа самих светофоров предусматривается в виде создания экземпляра класса определенного светофора для каждой траектории маршрута, где он имеется, который реализует метод вычисления сигнальных показаний за счет состояний контактов реле, а также передачу этих показаний в класс «SimTransmitterALSN».

При разработке классовой архитектуры и проекта в целом были учтены следующие допущения, на которые необходимо обратить внимание:

- имитация работы путевого трансмиттера является лишь преобразованием данных о состоянии светофора для последующей передачи серверу, поскольку в рамках проекта на текущем этапе не рассматривается вопрос о моделировании электромеханических процессов в рельсовых цепях;

- подготовка кода, получаемого устройствами локомотивной сигнализации, осуществляется на стороне сервера ВЖД. Уже готовый код АЛСН отправляется подключенному клиенту симулятора поезда, после чего отображается сигнал светофора. Такой подход не отражает настоящую работу путевых и локомотивных устройств АЛСН. Вышеописанные допущения предусматривают создание довольно грубой модели сигнализации, однако являются не критичными и позволяют в достаточной мере продемонстрировать работу системы. В ходе дальнейшего развития учебно-лабораторного комплекса ВЖД данные особенности будут учтены.

3 Алгоритм работы системы сигнализации

На представленной ниже диаграмме (рис. 4) изображен алгоритм работы устройств сигнализации. Каждый подключившийся клиент, имитирующий модель поезда, отправляет свои данные на сервер ВЖД, где создается соответствующий ему симулятор контроллера, который реализован классом «SimController». Функционал класса отвечает за обработку данных поезда, взаимодействие с топологией, а также работу сигнализации.

Симулятор контроллера определяет параметр состояния занятости траекторий (блок-участков) топологии маршрута, которые занимает или освобождает состав. Прохождение по топологии для установки занятости траекторий обрабатывает класс «TopologyPassing». В него также входят методы поиска траекторий со светофорами, состояние которых нужно изменить.

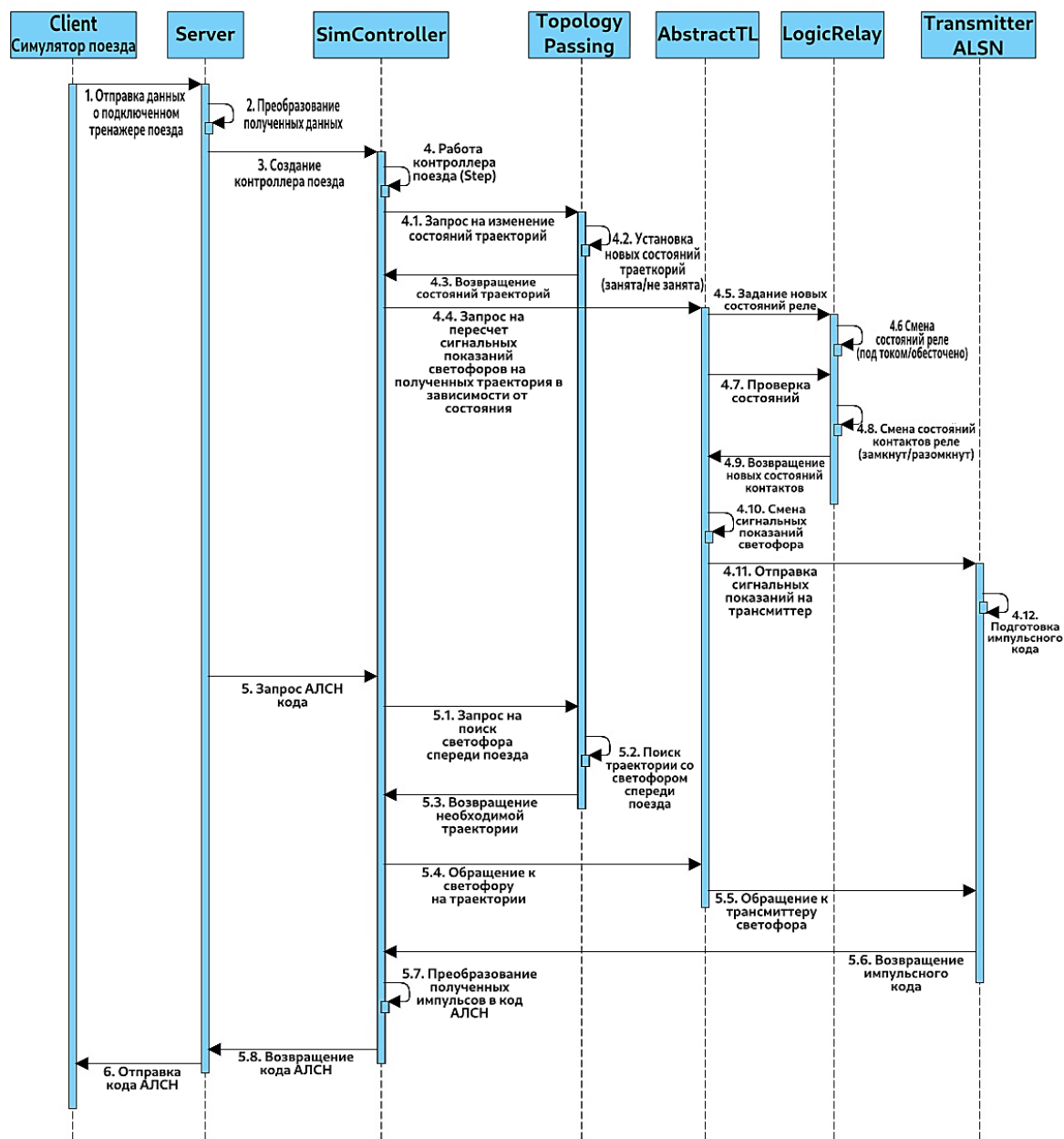


Рис. 4. Диаграмма последовательности, демонстрирующая алгоритм работы сигнализации

Как упоминалось выше, для каждой траектории используется определённый тип светофора в зависимости от того, чему он принадлежит – станции или перегону. Таким образом, пересчет сигнальных показаний реализован в каждом классе конкретного светофора. В ходе исполнения метода изменения сигнальных показаний сначала происходит смена состояния путевого реле светофора с последу-

ющей заменой состояний контактов этого реле, реализованные в классе «LogicRelay», затем в зависимости от полученных результатов заполняется массив цветowych линз светофора, следом отправляющийся классу «SimTransmitterALSN» для преобразования.

Изменения на стороне сервера ВЖД передаются соответствующим клиентам. Данные о занятости блок-участка и сигнал светофора передаются на пульт поездного диспетчера, где эти изменения графически отображаются. Показания АЛСН отображаются на дисплеях натуральных ВЛТК (рис. 5).



Рис. 5. Дисплейный модуль КЛУБ УЛТК «Сапсан» с сигнализацией АЛСН

Представленный алгоритм работает как для оператора тренажера, так и для подсистемы «Поезд-Бот», подключенных одновременно.

Заключение

После завершения текущей реализации проекта системы сигнализации были выполнены следующие разработки:

- построена модель устройств сигнализации: светофоры, реле, трансмиттеры;
- разработан алгоритм работы системы сигнализации в рамках учебно-лабораторного комплекса ВЖД.

Данный этап реализации проекта является лишь начальной стадией интеграции одной из части комплекса устройств СЦБ. В дальнейшем планируется как улучшение уже внесённых изменений, так и добавление нововведений.

Разработанная система интегрирована в систему ВЖД.

Список литературы

- 1 **Фадеев, Г. М.** Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации / Г. М. Фадеев. – Москва : Транспорт, 1994. – 128 с. – ISBN 5-277-01765-8.
- 2 **Фаулер, М.** UML основы. Краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования / М. Фаулер. – Санкт-Петербург : СИМВО 2005. – 184 с. – ISBN 5-93286-060-X.
- 3 **Ковалев, С. М.** Обеспечение взаимодействия тренажеров подвижного состава с системами управления движением железнодорожного транспорта / С. М. Ковалев, Б. Д. Дагдидян //

References

- 1 **Fadeev, G. M.** Instructions for alarm on the railways of the Russian Federation / G. M. Fadeev. – Moscow : Transport, 1994. – 128 p. – ISBN 5-277-01765-8.
- 2 **Fowler, M.** Uml Fundamentals. A brief guide to the standard language modeling language / M. Fowler. – Saint-Petersburg : Symbol, 2005. – 184 p. – ISBN 5-93286-060-X.
- 3 **Kovalev, S. M.** Ensuring the interaction of rolling stock simulators with railway traffic control systems / S. M. Kovalev, B. D. Dagldiyan // The modern development of science and technology : a

Современное развитие науки и техники : сборник научных трудов Всероссийской национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–03 декабря 2020 года. – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2020. – С. 142–146. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_3_90.

4 Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте : учебно-методическое пособие / Н. А. Репешко, Н. А. Мелющенко, Н. Р. Осипова [и др.]. – Ростов-на-Дону : РГУПС. – 2017. – 48 с.

5 **Кравченко, Е. И.** Кодирование рельсовых цепей : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / Е. И. Кравченко, Д. В. Швалов. – Москва : Маршрут, 2006. – 134 с. – ISBN 5-89035-242-3.

6 **Швалов, Д. В.** Приборы автоматики и рельсовые цепи : учебное пособие для профессиональной подготовки работников железнодорожного транспорта / Д. В. Швалов. – Москва : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 190 с. – ISBN 978-5-89035-492-1.

7 Разработка топологической модели системы энергоснабжения участка железной дороги для тренажера энергодиспетчера / В. Д. Верескун, Д. Е. Притыкин, Б. Д. Дагдьян [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – № 3 (83). – 2021. – С. 90–97. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_3_90.

8 Инструменты кроссплатформенной разработки программного обеспечения : официальный сайт. – URL: <https://www.qt.io/> (дата обращения : 17.01.2023).

9 Применение фреймворка QT к разработке программного обеспечения тренажёров подвижного состава / А. Н. Гуда, Д. Е. Притыкин, С. В. Ковшиков [и др.] // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : сборник научных трудов конференции «Транспромэк-2018». – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2018. – С. 40–43. – ISBN 978-5-88814-749-8.

10 **Забродин, А. В.** Основы проектирования информационных систем с помощью языка UML : учебное пособие / А. В. Забродин, В. П. Бубнов. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2018. – 46 с. – ISBN 978-5-7641-1133-9.

collection of scientific works of the All-Russian National Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, December 01–03, 2020. – Rostov-on-Don : RSTU, 2020. – P. 142–146. – DOI 10.46973/0201-727x_2021_3_90.

4 **Repeshko, N. A.** Automation, telemechanics and communication in railway transport : teaching and methodological manual / N. A. Repeshko, N. A. Melyushchenko, N. R. Osipova [et al.] ; FSBE in the. – Rostov-on-Don : RSTU. – 2017. – 48 p.

5 **Kravchenko, E. I.** Coding of rail chains : a textbook for universities of the railway transp. / E. I. Kravchenko, D. V. Shvalov. – Moscow : Route, 2006. – 134 p. – ISBN 5-89035-242-3.

6 **Shvalov, D. V.** Automation devices and rail circuits : a training manual for the vocational training of workers railway transport / D. V. Shvalov. – Moscow : SEE «Educational and methodological center by education at the railway transport», 2008. – 190 p. – ISBN 978-5-89035-492-1.

7 Development of a topological model of the energy supply system of the railway section for the energy – dispatcher simulator / V. D. Vereskun, D. E. Pritykin, B. D. Dagldyan [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – No. 3 (83). – 2021. – P. 90–97. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_3_90.

8 Tools of cross-platform development of software : official website. – URL: <https://www.qt.io/> (date of access: 01/17/2023).

9 **Guda, A. N.** The use of the QT framework to the development of software for rolling stock simulators / A. N. Guda, D. E. Pritykin, S. V. Kovshikov [et al.] : Actual problems and prospects for the development of transport, industry and economics of Russia : collection of scientific works of the «Transpromec-2018» conference. – Rostov-on-Don : RSTU, 2018. – P. 40–43. – ISBN 978-5-88814-749-8.

10 **Zubrodin, A. V.** Fundamentals of the design of information systems using the UML language : a textbook / A. V. Zabrodin, V. P. Bubnov. – Saint-Petersburg : PSUPS, 2018. – 46 p. – ISBN 978-5-7641-1133-9.

V. D. Vereskun, D. E. Pritikin, B. D. Dagldiyan, E. D. Balashov

DEVELOPMENT OF ALARM SUBSYSTEM FOR A VIRTUAL RAILWAY

Abstract. The paper considers the existing educational and laboratory complex «Virtual Railway» created on the basis of the Rostov State Transport University, as well as the idea and model implementation of alarming, centralization and locking devices used in the railway transport of the Russian Federation in order to improve the functional capabilities complex. The principle of operation of the signaling devices on the railway is considered on the example of a diagram of the implementation classes, schemes, as well as in detail the described algorithm for the operation of the implemented system, indicating the assumptions used in the construction of software models. The sequence of the work code of the project with explanations and the clear follow of the initial implementation structure is presented. The conclusions made reflect the essence and relevance of the task completed.

Keywords: educational and laboratory system, Virtual Railway, simulator, ALSN, alarm system, traffic light, track transmitter, relay.

For citation: Development of alarm subsystem for a virtual railway / V. D. Vereskun, D. E. Pritikin, B. D. Dagldiyan, E. D. Balashov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 1. – P. 152–158. – DOI 10.46973/0201–727X_2023_1_152.

Сведения об авторах

Верескун Владимир Дмитриевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Теоретическая механика»,
доктор технических наук, профессор, ректор университета,
e-mail: vvd@rgups.ru

Притыкин Дмитрий Евгеньевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
Центр развития инновационных компетенций (ЦРИК),
кафедра «Тяговый подвижной состав»,
кандидат технических наук, доцент, директор,
e-mail: maisvendoo@gmail.com

Даглдиян Богос Дзарукович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
Центр развития инновационных компетенций (ЦРИК),
кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,
аспирант, начальник отдела,
e-mail: bogos.dagldian@yandex.ru

Балашов Евгений Дмитриевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
Центр развития инновационных компетенций (ЦРИК),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
аспирант, инженер,
e-mail: balashov.97@mail.ru

Information about the authors

Vereskun Vladimir Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Theoretical Mechanics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Rector of the University,
e-mail: vvd@rgups.ru

Pritikin Dmitry Evgenievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Development of Innovation Competencies Center,
Chair «Traction Rolling Stock»,
Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, Director,
e-mail: maisvendoo@gmail.com

Dagldiyan Bogos Dzarukovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Development of Innovation Competencies Center,
Chair «Automation and Telemechanics on Railway Transport»,
Postgraduate Student, Head of Department,
e-mail: bogos.dagldian@yandex.ru

Balashov Evgeny Dmitrievich

Rostov State Transport University (RSTU),
Development of innovation competencies Center,
Chair «Car and Car Facilities»,
Postgraduate Student, Engineer,
e-mail: balashov.97@mail.ru