

METHODS AND PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTELLIGENT UNMANNED SYSTEMS FOR TRAIN CONTROL OF URBAN OFF-STREET TRANSPORT

Baranov Leonid Avramovich, Sidorenko Valentina Gennadievna, Balakina Ekaterina Petrovna, Loginova Lyudmila Nikolaevna

Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

Contribution on the State of the Art

<https://doi.org/10.7251/JIT22020100A>

UDC: 629.7.014.9:351.814

Abstract: The principles of constructing intelligent unmanned traffic control systems for off-street urban rail transport are considered, while a block diagram and connections between subsystems are proposed. The features of the construction of upper-level control algorithms are shown. Functional features of subsystems are defined, and links between subsystems are considered.

Keywords: Urban Rail Transport System, Traffic Control, Control Algorithm, Unmanned Control, Intelligent Systems.

INTRODUCTION

In the conditions of the current level of development of computer technology, expansion and integration of various subsystems that ensure the operation of the transport complex, with the control system (in the conditions of digitalization of off-street transport), a synergistic effect is achieved from the use of new automatic control systems [1].

From the point of view of operation, the International Union of Public Transport considers five levels of automation of train traffic control (from GOA0 to GOA4), while the GOA4 level implements automatic control of train traffic in the absence of operational personnel on the rolling stock. This level is more consistent with the term "unmanned control" [2].

The architecture of modern intelligent cyber-physical systems for controlling the movement of off-street transport is determined by the purpose of their construction - the practical implementation of methods and tools for optimizing the use and operation of production resources of off-street transport (urban rail transport systems (GRTS)) [1].

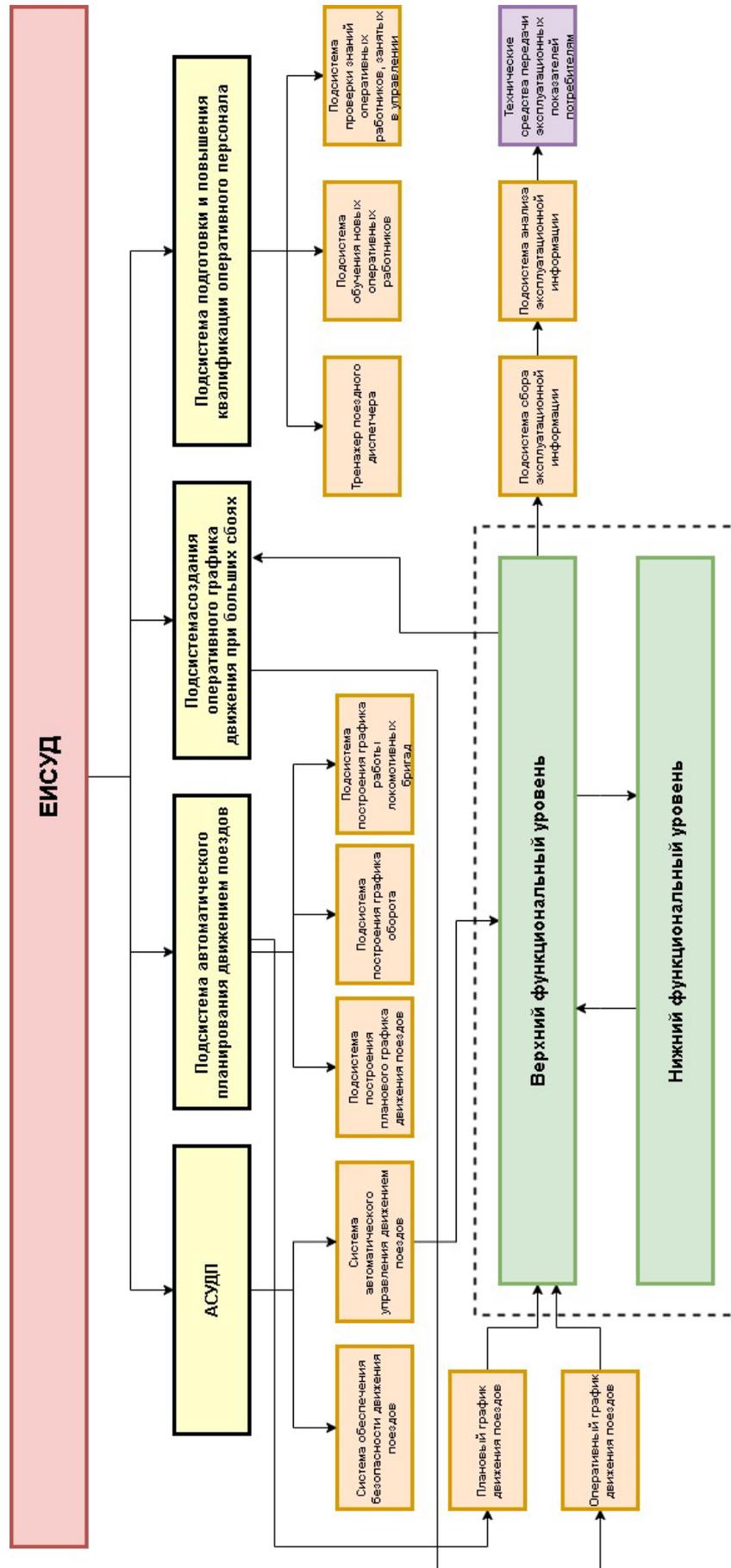
GRTS is based on technologies with a wide range of participants and technical solutions. Effective in-

tegrated management of GRTS is currently impossible without the use of intelligent systems. At the present level, it is possible to integrate various control tasks within a single intelligent system.

The basis for the development of intelligent cyber-physical control systems for off-street transport is the experience gained by scientists of the Russian University of Transport - RUT (MIIT) when creating the following automation tools that have found application in the Moscow Metro [3]:

- automatic control system for the movement of underground trains;
- the world's first subway train dispatcher simulator, put into operation in 1999;
- automated system of energy-optimal traction calculations, used since 1998;
- an automated system for constructing planned schedules for the movement of passenger trains, which has been in operation since 2003;
- an automated system for evaluating the efficiency of using regenerative braking on the electric rolling stock of the subway.

Figure 1 – EISUD structure



The accumulated experience in creating separate subsystems for train traffic control, automated systems for planning the transportation process, systems for training and advanced training of operational personnel involved in traffic control, makes it possible to seamlessly combine these systems within a single intelligent train traffic control system (UIMS).

The block diagram and connections between the elements of the EISUD are shown in Figure 1.

The structure of EISUD includes the subsystem ASUDP - an automatic train traffic control system. In conditions of heavy traffic, which is typical of urban off-street transport of megacities, the construction of autonomous unmanned vehicle control systems in which automatic control of each train according to a predetermined schedule (traffic schedule) is implemented is not effective, since in this case the position of other trains moving is not taken into account along the line. Mutual "harmful" interaction of trains takes place in the case when they begin to influence the automatically selected modes of movement of the safety system [4].

The system for ensuring the safety of train traffic does not allow dangerous convergence of trains on the line, while the **automatic control system** deals directly with the control of train traffic. In centralized train traffic control systems, the upper functional level receives information about the moments of arrival and departure of all trains at all stations, compares this information with a given planned schedule of movement and develops control commands for each train - the required duration of parking and the travel time for the ahead haul. These controls are implemented by unmanned vehicles. This mode of operation of centralized systems is called control under compensated disturbances, when the deviation from the planned traffic schedule can be parried by the available resources of travel times and parking durations. The compensated perturbations are called "small glitches".

In this case, when the resources of travel times and parking times are not enough to parry disturbances, unscheduled turns of trains are made at stations with track development, and, if necessary, unscheduled removal of trains from the line to the depot, which leads to a change in the pairing and or-

der of trains. Such situations are usually called "big failures" [4,5,6].

The automatic train traffic planning subsystem has been reassigned to create a traffic schedule consistent with the passenger traffic parameters and create an operational traffic schedule in the conditions of "big" disruptions [6]. In this case, an operational schedule is developed for the period of failure and after the elimination of the causes of the failure, an operational schedule is created, in accordance with which the trains running on the line take their threads of the planned schedule. The implementation of this function is dictated by the requirements of the night arrangement of trains.

The subsystem for constructing a schedule for the turnover of trains plans the periods and places of various types of technical inspection of the train, their scheduled repairs. The turnover schedule must necessarily be coordinated with the planned traffic schedule. Various algorithms were used in constructing the turnover schedule. The results of the conducted studies showed the effectiveness of the genetic algorithm [7,8].

An essential step in traffic planning is the creation of a work schedule for locomotive crews, consistent with the planned traffic schedule. This function is implemented by the **subsystem for plotting the turnover schedule of locomotive crews**.

The subsystem of the upper functional level receives information from the automatic train traffic planning subsystem (data of planned or operational schedules). From the lower functional level to the upper one comes information about the time of arrival and departure for all stations of the line of all trains. After calculating the discrepancy between the given traffic schedule and the data received from the lower level, which determine the executed traffic schedule, the control is developed for each train of the line - the required travel times along the ahead stage and the duration of stops at the station [9,10].

Features of the construction of upper-level control algorithms is the requirement to minimize the "harmful" interaction between sequentially moving trains through the safety system in the absence of reliable information about the existing disturbances. In particular, the travel times and the moment of departure of the train behind are related to the allowable departure interval, which depends lin-

early on the delay time of the train in front under the influence of disturbances at the next station. The development of control for heavy traffic is carried out when the train in front has not yet arrived at the station, so the algorithm uses an extrapolator to calculate the duration of these disturbances from the available data on the delays of previous trains. The extrapolator works in real time. In addition, the development of controls is determined not only by the mismatch for a given train, but also by the implemented controls in the previous cycle and depends for a particular train on the given travel time and the moment of departure of the ahead train [11].

The developed algorithms belong to the class of graph-interval algorithms, in which the control depends on the system states and predicted disturbances. Additionally, from the possible solutions, a solution is selected that provides the minimum power consumption for traction.

In the context of digitalization of the functioning and management of urban off-street rail transport, the work of the **subsystem for collecting operational characteristics** is essential, which receive parameters from the upper functional level that determine the quality of the line, as well as allow recording the number of passengers transported, ton-kilometer work, etc. Analysis of the received data, formalization of reporting and its convenient display is implemented in the **operational information analysis subsystem**. The results obtained are transmitted to the operational services by appropriate means of transmission.

It is critically important to manage transport systems to ensure the safety of vehicles and passengers. To improve the quality of GRTS vehicle control, it is necessary to test the skills of operational personnel to make the right decisions in emergency situations, as well as constantly check the qualifications of GRTS employees, which is determined by the actions taken both during normal operation of the line and in the event of failure situations [12]. The procedure under normal conditions is repeated, therefore, basically it does not cause difficulties. If an emergency occurs, the controller must take steps to bring the situation back to normal. It is also important to train new employees to ensure a reserve of personnel. Operational personnel performing the functions of dispatch control must be highly qualified to meet the

requirements for the safety and convenience of passengers [13]. The qualifications of the operational workers of the GRTS are determined by the work of dispatchers in case of failure situations on the lines. An operational employee must possess such qualities as high qualification, professional competence, desire for development and, of course, compliance with the challenges of the time. The **subsystem for training and advanced training of operational personnel** is designed to provide the above functionality. The training subsystem includes a **train dispatcher simulator**, in which models of real metro lines are used to improve the skills of operational workers, while simulating all the technical means and objects involved in the traffic control process [12]. The composition of the training subsystem has been expanded with a **training subsystem for new operational workers**, aimed at studying the basics of vehicle traffic control without being tied directly to an object, for example, a specific subway line. Training and advanced training in such a subsystem is possible in the form of scenarios with a certain specified sequence of events. With the help of the **knowledge testing subsystem**, an assessment of the qualifications of operational personnel can be obtained by evaluating the severity of the execution of the sequence of commands of the developed scenario when simulating a specific situation or after passing the appropriate test [12].

The proposed block diagram of the UISUD covers all the control loops of the GRTS vehicles, and the considered principles for constructing the functioning of a single intelligent train control system have shown their effectiveness, determined by the following:

- increasing the use of throughput and increasing the carrying capacity of off-street urban transport due to the exact implementation of the planned train schedule;
- increasing the energy efficiency of planning and managing train traffic by choosing energy-efficient train control modes that are optimal in terms of the minimum energy consumption for traction, distributing train travel time along the line by travel times over hauls, replacing the planned train schedule with "over-mode" stops with a schedule with a change planned times of train travel on hauls during

the period of change of traffic pairing, improvement of centralized control algorithms, taking into account the dependence of control restrictions on the state of the system and the forecast of possible disturbances, increasing the travel time of trains along the haul to implement the allowable inter-train interval of movement according to traffic safety systems.

ACKNOWLEDGMENTS

The reported study was funded by RFBR, Sirius University of Science and Technology, JSC Russian Railways and Educational Fund “Talent and Success”, project number 20-37-51001.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Baranov Leonid Avramovich - Head of the Department “Management and Information Protection” of the Russian University of Transport (MIIT)
academic degree: doctor of technical sciences
academic title: professor
e-mail: baranov.mii@gmail.com

Sidorenko Valentina Gennadievna - Professor of the Department of Information Management and Security, Russian University of Transport (MIIT)
academic degree: doctor of technical sciences
academic title: professor

Balakina Ekaterina Petrovna - Associate Professor of the Department of Information Management and Security, Russian University of Transport (MIIT)
academic degree: candidate of technical sciences

Loginova Lyudmila Nikolaevna - Associate Professor, Department of Information Management and Security, Russian University of Transport (MIIT)
academic degree: candidate of technical sciences
academic title: associate professor

МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПЕЗДОВ ГОРОДСКОГО ВНЕУЛИЧНОГО ТРАНСПОРТА

Баранов Леонид Аврамович, Сидоренко Валентина Геннадьевна, Балакина Екатерина Петровна, Логинова Людмила Николаевна

Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, baranov.miit@gmail.com

Оригинальная научная статья

Аннотация: Рассмотрены принципы построения интеллектуальных беспилотных систем управления движением внеуличного городского рельсового транспорта, предложена структурная схема и связи между подсистемами. Показаны особенности построения алгоритмов управления верхнего уровня. Определены функциональные особенности подсистем, рассмотрены связи между подсистемами.

Ключевые слова: городская рельсовая транспортная система, управление движением, алгоритм управления, беспилотное управление, интеллектуальные системы.

В условиях современного уровня развития средств вычислительной техники, расширения и интеграции различных подсистем, обеспечивающих работу транспортного комплекса, с системой управления (в условиях цифровизации работы внеуличного транспорта) достигается синергетический эффект от использования новых систем автоматического управления [1].

Международный союз общественного транспорта с точки зрения эксплуатации рассматривает пять уровней автоматизации управления движением поездов (от GOA0 до GOA4), при этом уровень GOA4 реализует автоматическое управление движением поездов при отсутствии на подвижном составе эксплуатационного персонала. Этому уровню в большей степени соответствует термин «беспилотное управление» [2].

Архитектура современных интеллектуальных киберфизических систем управления движением внеуличного транспорта определяется целью их построения - практической реализацией методов и средств оптимизации использования и эксплуатации производственных

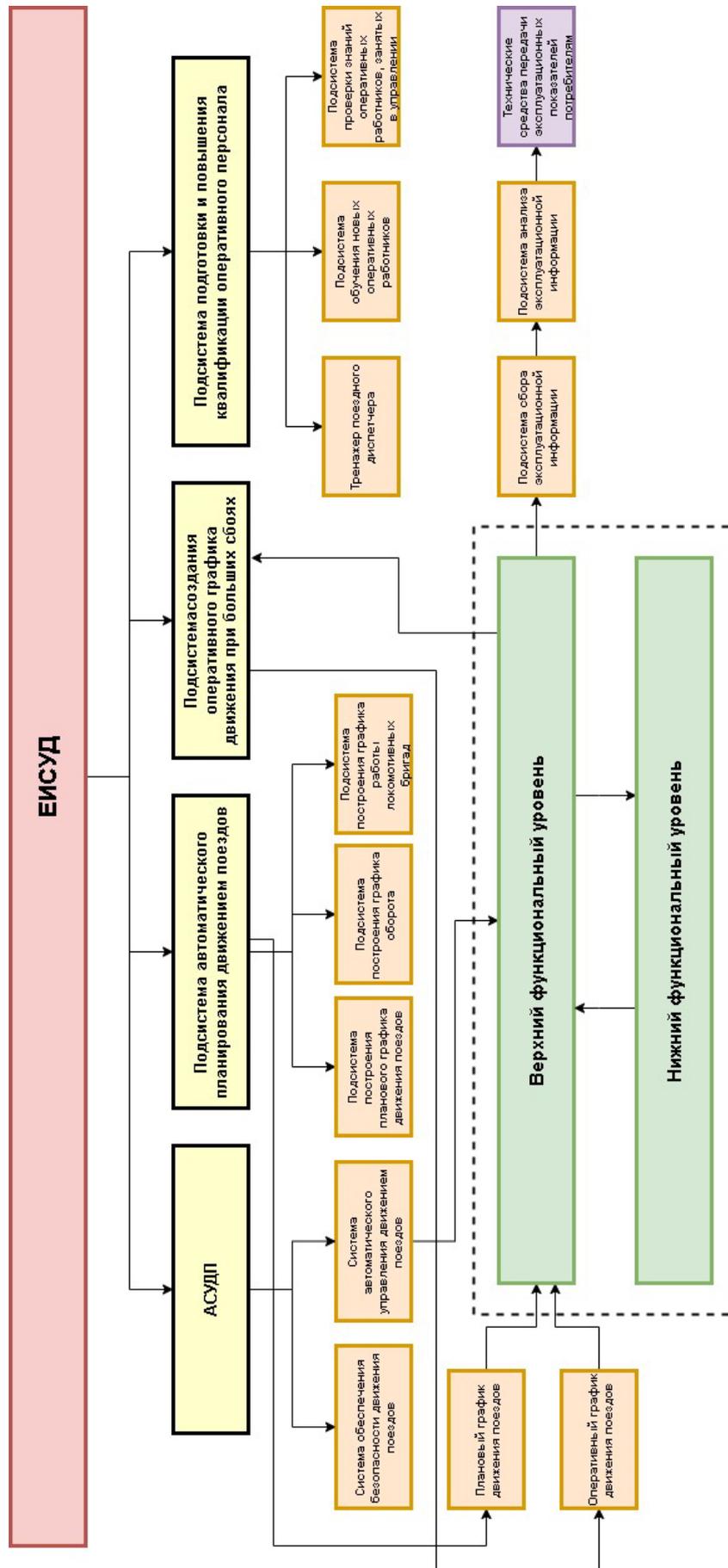
ресурсов внеуличного транспорта (городских рельсовых транспортных систем (ГРТС)) [1].

В основе ГРТС лежат технологии с широким кругом участников и технических решений. Эффективное комплексное управление ГРТС в настоящее время невозможно без использования интеллектуальных комплексов. На современном уровне возможна интеграция различных задач управления в рамках единой интеллектуальной системы.

Основой для разработки интеллектуальных киберфизических систем управления внеуличным транспортом является опыт, накопленный учеными Российского университета транспорта - РУТ (МИИТ) при создании следующих средств автоматизации, нашедших применение на Московском метрополитене [3]:

- автоматическая система управления движением поездов метрополитена;
- первый в мире тренажер поездного диспетчера линии метрополитена, сданный в эксплуатацию в 1999 г.;
- автоматизированной системе энергоопти-

Рисунок 1 – Структура ЕИСУД



мальных тяговых расчетов, применяемой с 1998 г.;

- автоматизированной системе построения плановых графиков движения пассажирских поездов, находящейся в эксплуатации с 2003 г.;
- автоматизированной системе оценки эффективности использования рекуперативного торможения на электроподвижном составе метрополитена.

Накопленный опыт создания отдельных подсистем управления движением поездов, автоматизированных систем планирования перевозочного процесса, систем подготовки и повышения квалификации эксплуатационного персонала, задействованного в управлении движением, позволяет органично объединить эти системы в рамках единой интеллектуальной системы управления движением поездов (ЕИСУД).

Структурная схема и связи между элементами ЕИСУД приведены на рисунке 1.

В состав ЕИСУД входит подсистема АСУДП - автоматическая система управления движением поездов. В условиях интенсивного движения, что свойственно городскому внеуличному транспорту мегаполисов, построение автономных беспилотных систем управления транспортными средствами, в которых реализуется автоматическое управление каждым поездом по заранее заданному расписанию (графику движения) не эффективно, так как в этом случае не учитывается положение остальных поездов, движущихся по линии. Взаимное «вредное» взаимодействие поездов имеет место в том случае, когда начинают влиять на автоматически выбранные режимы движения системы обеспечения безопасности [4].

Система обеспечения безопасности движения поездов не допускает опасного сближения поездов на линии, в то время как **система автоматического управления** занимается непосредственно управлением движением поездов. В централизованных системах управление движением поездов верхний функциональный уровень получает информацию о моментах прибытия и отправления всех поездов по всем станциям, сравнивает эту информацию с заданным плановым графиком движения и вырабатывает

команды управления каждому поезду – требуемая длительность стоянки и время хода по впередиидущему перегону. Эти управления реализуются беспилотными транспортными средствами. Такой режим работы централизованных систем называется управлением при компенсированных возмущениях, когда отклонение от планового графика движения может быть парировано имеющимися ресурсами времен хода и длительностей стоянок. Компенсируемые возмущения называются «малыми сбоями».

В этом случае, когда ресурсов времен хода и длительностей стоянок недостаточно для парирования возмущений, производятся внеплановые обороты составов на станциях с путевым развитием, и, если это необходимо, внеплановое удаление составов с линии в депо, что приводит к изменению парности и порядка следования поездов. Такие ситуации принято называть «большими сбоями» [4,5,6].

Подсистема автоматического планирования движением поездов переназначена для создания расписания движения, согласованного с параметрами пассажиропотока, и создания оперативного графика движения в условиях «больших» сбоев [6]. В этом случае разрабатывается оперативный график движения на период сбоя и после ликвидации причин сбоя – создается оперативный график, в соответствии с которым поезда, курсирующие на линии, занимают свои нитки планового графика. Реализация этой функции диктуется требованиями ночной расстановки составов.

Подсистема построения графика оборота составов планирует периоды и места различных видов технического осмотра состава, их плановые ремонты. График оборота в обязательном порядке должен быть согласован с плановым графиком движения. При построении графика оборота использовались различные алгоритмы. Результаты проведенных исследований показали эффективность генетического алгоритма [7,8].

Существенным этапом планирования движения является создание графика работы локомотивных бригад, согласованного с плановым графиком движения. Эту функцию реализует **подсистема построения графика оборота ло-**

комотивных бригад.

Подсистем верхнего функционального уровня получает информацию от подсистемы автоматического планирования движения поездов (данные планового либо оперативного графиков). С нижнего функционального уровня на верхний приходит информация о времени прибытия и отправления по всем станциям линии всех поездов. После вычисления рассогласования между заданным графиком движения и данными, полученными с нижнего уровня, определяющими исполненный график движения, вырабатывается управления каждому поезду линии – требуемые времена хода по впередиидущему перегону и длительности стоянок на станции [9,10].

Особенности построения алгоритмов управления верхнего уровня является требования минимизации «вредного» взаимодействия между последовательно движущимися поездами через систему обеспечения безопасности в условиях отсутствия достоверной информации об имеющихся возмущениях. В частности, времена хода и момент отправления сзади идущего поезда связаны с допустимым интервалом отправления, который линейно зависит от времени задержки впередиидущего поезда под действием возмущений на следующей станции. Выработка управления при интенсивном движении осуществляется, когда впередиидущий поезд еще не прибыл на станцию, поэтому в алгоритме используется экстраполятор, позволяющий вычислить длительности этих возмущений по имеющимся данным о задержках предыдущих поездов. Экстраполятор работает в реальном масштабе времени. Кроме того, выработка управлений определяется не только рассогласованием по данному поезду, но и от реализуемых управлений на предыдущем такте и зависит для конкретного поезда от заданного времени хода и момента отправления впередиидущего поезда [11].

Разработанные алгоритмы относятся к классу графико-интервальных алгоритмов, в которых управление зависит от состояний системы и прогнозируемых возмущений. Дополнительно из возможных решений выбирается решение, обеспечивающее минимальный расход электроэнергии на тягу.

В условиях цифровизации функционирования и управления городскими внеуличным рельсовым транспортом существенна работа **подсистемы сбора эксплуатационных характеристик**, которые получают с верхнего функционального уровня параметры, определяющие качество работы линии, а также позволяющие фиксировать количество перевезенных пассажиров, тонно-километровую работу и т.д. Анализ полученных данных, формализация отчетности и ее удобное отображение реализуется в **подсистеме анализа эксплуатационной информации**. Полученные результаты передаются эксплуатационным службам соответствующими **средствами передачи**.

Критически важно осуществлять управление транспортными системами с обеспечением безопасности движения транспортных средств и пассажиров. Для повышения качества управления транспортными средствами ГРТС необходимо проводить проверку умений оперативного персонала принимать правильные решения в условиях чрезвычайных ситуаций, а также постоянно проверять квалификацию работников ГРТС, которая определяется действиями, предпринимаемыми как при нормальной работе линии, так и при возникновении сбойных ситуаций [12]. Порядок действий в нормальных условиях повторяется, поэтому в основном не вызывает затруднений. Если же происходит чрезвычайная ситуация, то диспетчер должен предпринять меры, чтобы привести ситуацию в нормальное состояние. Важно также обучать новых сотрудников для обеспечения резерва кадрового состава. Оперативный персонал, выполняющий функции диспетчерского управления, должен иметь высокую квалификацию для удовлетворения требований безопасности и удобства пассажиров [13]. Квалификации оперативных работников ГРТС определяется работой диспетчеров при сбойных ситуациях на линиях. Оперативный работник должен обладать такими качествами как высокая квалификация, профессиональная компетентность, стремление к развитию и, конечно, соответствие вызовам времени. **Подсистема подготовки и повышения квалификации оперативного персонала** предназначена для обеспечения вышеописан-

ного функционала. В состав подсистемы подготовки входит тренажер поездного диспетчера, в котором для повышения квалификации оперативных работников используются модели реальных линий метрополитена, при этом проводится имитация всех технических средств и объектов, участвующих в процессе управления движением [12]. Состав подсистемы подготовки расширен подсистемой обучения новых оперативных работников, направленной на изучение основ управления движением транспортных средств без привязки непосредственно к объекту, например, конкретной линии метрополитена. Обучение и повышение квалификации в такой подсистеме возможно в виде сценариев с определенной заданной последовательностью событий. С помощью подсистемы проверки знаний может быть получена оценка квалификации оперативного персонала путем оценивания строгости выполнения последовательности команд разработанного сценария при моделировании конкретной ситуации или после прохождения соответствующего теста [12].

Предложенная структурная схема ЕИСУД охватывает все контуры управления транспортными средствами ГРТС, а рассмотренные принципы построения функционирования единой интеллектуальной системы управления движением поездов показали свою эффективность, определяемую следующим:

- повышение использования пропускной и увеличения провозной способности внеуличного городского транспорта за счет точного выполнения планового графика движения поездов;
- повышение энергоэффективности планирования и управления движением поездов за счет выбора энергоэффективных режимов управления поездами, оптимального по критерию минимума энергозатрат на тягу, распределения времени хода поездов по линии на времена хода по перегонам, замены планового графика движения поездов со «сверхрежимными» стоянками на график с изменением плановых времен хода поездов по перегонам в период смены парности движения, совершенствования алгоритмов централизованного управле-

ния, учитывающего зависимость ограничений на управление от состояния системы и прогноз возможных возмущений, увеличения времени хода поездов по перегону для реализации допустимого межпоездного интервала движения по системам обеспечения безопасности движения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, НТУ «Сириус», ОАО «РЖД» и Образовательного Фонда «Талант и успех» в рамках научного проекта № 20-37-51001. **Acknowledgments.** The reported study was funded by RFBR, Sirius University of Science and Technology, JSC Russian Railways and Educational Fund “Talent and success”, project number 20-37-51001.

REFERENCES / СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Баранов, Л. А. Интеллектуальные киберфизические системы управления движением внеуличного транспорта / Л. А. Баранов, В. Г. Сидоренко // Транспортное строительство. – 2021. – № 3. – С. 27-29. – EDN NHZYOL.
- [2] Баранов Л.А., Балакина Е.П., Иконников С.Е., Антонов Д.А. Централизованное управление движением поездов городских железных дорог современного мегаполиса // Наука и техника транспорта. 2020. № 1. С. 30-38.
- [3] Исаков Т.А., Сафронов А.И., Сидоренко В.Г., Чжо М.А. Подходы к оценке качества планирования и управления движением пассажирских поездов метрополитена // Автоматика на транспорте. 2020. Т. 6. № 1. С. 38-63.
- [4] Баранов Л.А., Козлов В.П. Управление линией метрополитена во время сбоя движения // Вестник ВНИИЖТ'а. 1992. №5. С. 29-31.
- [5] Балакина Е.П. Принципы построения алгоритмов системы поддержки принятия решений поездному диспетчеру // Наука и техника транспорта. 2008. № 2. С. 23-26.
- [6] Балакина Е.П. Автоматика выполняет функции диспетчера // Мир транспорта. 2008. № 2. С. 104-109.
- [7] Сидоренко В.Г., Чжо М.А. Применение генетических алгоритмов к решению задачи планирования работы электроподвижного состава метрополитена // Электроника и электрооборудование транспорта. 2016. № 6. С. 13-16.
- [8] Сидоренко В.Г., Чжо М.А. Исследование возможности применения генетических алгоритмов к решению задач планирования работы электроподвижного состава метрополитена // Электроника и электрооборудование транспорта. 2017. № 6. С. 37-40.
- [9] Балакина Е.П., Щеглов М.И., Ерофеев Е.В. Алгоритм оперативного управления линией метрополитена для восстановления движения по плановому графи-

- ку // Наука и техника транспорта. 2015. № 1. С. 23-25.
- [10] Шубинский И.Б., Замышляев А.М., Проневич О.Б., Игнатов А.Н., Платонов Е.Н. Применение методов машинного обучения для прогнозирования опасных отказов объектов железнодорожного пути // Надежность. 2020. Т. 20. № 2. С. 45-53.
- [11] Баранов Л.А., Балакина Е.П. Методы повышения безопасности движения поездов городских железных дорог в условиях централизованного автоматического управления // ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ Материалы XXVIII международной конференции. Под общей редакцией А.О. Калашникова, В.В. Кульбы. Москва. 2020. С. 297-302.
- [12] Интеграционный подход в обучении оперативных работников городских рельсовых транспортных систем / Л. А. Баранов, В. Г. Сидоренко, Е. П. Балакина, Л. Н. Логинова // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 2. – С. 22-31.
- [13] Баранов Л.А., Балакина Е.П., Иконников С.Е., Антонов Д.А. Централизованное управление движением поездов городских железных дорог современного мегаполиса // Наука и техника транспорта. 2020. № 1. С. 30-38.

Received: July 22, 2022 / Получено: 22 июля 2022 г.
Accepted: October 1, 2022 / Принято: 1 октября 2022 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Баранов Леонид Аврамович – заведующий кафедрой «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (МИИТ)
ученая степень: доктор технических наук
ученое звание: профессор
e-mail: baranov.miit@gmail.com

Сидоренко Валентина Геннадьевна – профессор кафедры «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (МИИТ)
ученая степень: доктор технических наук
ученое звание: профессор

Балакина Екатерина Петровна – доцент кафедры «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (МИИТ)
ученая степень: кандидат технических наук

Логинова Людмила Николаевна – доцент кафедры «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (МИИТ)
ученая степень: кандидат технических наук
ученое звание: доцент

FOR CITATION

Baranov Leonid Avramovich, Sidorenko Valentina Gennadievna, Balakina Ekaterina Petrovna, Loginova Lyudmila Nikolaevna, Methods and Principles of Construction of Intelligent Unmanned Systems for Train Control of Urban Off-Street Transport, *JITA – Journal of Information Technology and Applications*, Banja Luka, Pan-European University APEIRON, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, JITA 12(2022) 2:100-110, (UDC: 629.7.014.9:351.814), (DOI: 10.7251/JIT22020100A), Volume 12, Number 2, Banja Luka, December (65-172), ISSN 2232-9625 (print), ISSN 2233-0194 (online), UDC 004