УДК 656.13

© М. А. Асаул, д-р экон. наук, профессор
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия)

E-mail: asaul-m-a@mail.ru

© Р. Р. Сафиуллин, канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: safiyllin@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-189-196

© М. А. Asaul, Dr. Sci. Ec., Professor
(Moscow Automobile and Road Construction
State Technical University (MADI),
Moscow, Russia)

E-mail: asaul-m-a@mail.ru

© R. R. Safiullin, PhD in Sci. Tech.
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: safiyllin@yandex.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ 5G-V2X

THEORETICAL FRAMEWORK OF BUILDING SYSTEMS FOR OPERATIONAL MANAGEMENT OF THE FREIGHT TRANSPORT TRANSPORTATION PROCESS AT IMPLEMENTATION OF 5G-V2X TECHNOLOGIES

Изложены концептуальные подходы по совершенствованию системы управления функциональными возможностями интеллектуальных технических объектов и транспортных средств на автомобильной дороге. Предложена схема построения системы управления перевозочным процессом грузового транспорта при внедрении технологий Smart Highway 5G-V2X, учитывающие вероятностную природу системообразующих факторов. Представлена транспортная инфраструктура интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на основе внедрения технологий 5G-V2X в целях совершенствования систем автоматизации и контроля движения на автомобильном транспорте. Обоснованы перспективные направления исследований по повышению функциональных возможностей программно-аппаратных комплексов при автономном движении транспортных средств на основе использования интеллектуальных автоматизированных систем. Разработана последовательность построения системы оперативного управления автономным движением при эксплуатации грузовых транспортных средств в составе колонны, а также определены временные интервалы передачи данных при их движении.

Ключевые слова: системы оперативного управления движением, транспортные средства технологии 5G-V2X, технические объекты, идентификация.

The article considers some conceptual approaches to improving the management system of the functional capabilities of intelligent technical objects and vehicles on the highway. The authors propose using a scheme for constructing a system for managing the transportation process of freight transport with the introduction of the Smart Highway 5G-V2X technologies, taking into account the probabilistic nature of the system-forming factors. The transport infrastructure of ITS is presented on the basis of introducing the 5G-V2X technologies in order to improve the automation and traffic control systems in road transport. The authors substantiate using the promising areas of research aimed at improving functionality of the software and hardware systems in the autonomous movement of vehicles through the use of intelligent automated systems. There has been worked out the sequence of constructing the system of autonomous traffic operational management at the operation of commercial vehicles platooning into convoys, and the time intervals needed for data transfer regarding the transport flow.

Keywords: operational traffic management systems, 5G-V2X technology vehicles, technical objects, identification.

Введение

Темпы развития интеллектуальных систем управления техническими объектами, в том числе и в транспортной сфере Российской Федерации, получают все большее развитие [1–4]. Широко известны работы Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН по созданию интеллектуальных мультимодальных транспортных систем [5–8], формирующие не только концептуальные положения по построению транспортных систем, но и создающие основы повышения транспортной безопасности в стране [9–12]. Интеллектуализации транспортной инфраструктуры уделяется внимание и в Евразийском экономическом союзе [13–15].

В последнее время идет активная работа по созданию систем автономного ведения автомобилей в России (компании: Яндекс, Старлайн, Техническое зрение, Cognitiv Pilot, Base TracK, КАМАЗ; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) и др.). Заканчивается работа над созданием комплекса мер по тестированию и поэтапному вводу автомобилей, в том числе без присутствия в салоне инженера-испытателя.

Применение систем автоматизации, позволяющих эффективно управлять автоматизированными системами транспортной инфраструктуры, контроля движения транспорта, востребовано как при реставрации существующих установок, так и при проектировании новых [16–19]. Основой актуальных теоретических исследований являются нерешенные вопросы по оперативности передачи необходимых данных на транспортное средство при его движении и снижению издержек в процессе эксплуатации автоматизированных технических систем и, как следствие, по снижению негативного влияния на окружающую среду. В условиях интенсивно изменяющихся количественных и структурных параметров интеллектуальных технических средств при ограниченности изменений исторически сложившихся целегенерирующих зон стали как федеральные, так и региональные целевые программы модернизации систем в рамках приоритетных направлений развития Указов Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 года «О стратегии научно-технологического развития РФ», № 204 от 7 мая 2018 года «О национальных

целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года».

Постановка проблемы. Отсутствие единых требований и стандартов к применяемым средствам и создаваемым автоматическим системам контроля движения транспортных средств приводит к нечеткому пониманию концепции их развития вместе с появлением нового оборудования и развитием передовых технологий, таких как 5G-V2X, появлений соответствующих технических стандартов интеллектуальных сетей. Вопросы эффективного внедрения передовых технологий V2X [20] связаны с актуальными нерешенными вопросами повышения безопасности дорожного движения, оптимизации маршрутов движения транспортных средств, улучшения качества транспортного обслуживания [21] и повышения уровня взаимодействия между государственными органами контроля движения (ГИБДД, Ространснадзор) и водителями транспортных средств. Создание новых методов, алгоритмов и архитектуры построения интеллектуальных систем управления движением транспортных средств при внедрении технологий 5G-V2X — сложная задача, которую необходимо решить [22]. Сложившаяся ситуация в сфере организации автомобильных перевозок сопряжена со значительным возрастающим объемом выполняемых задач и способствует созданию телематической автоматизированной системы управления контроля движения транспортных средств с учетом внедрения современных передовых технологий 5G-V2X, формирование которой только организационно-распорядительными методами без привлечения научного потенциала невозможно. Научное обоснование и создание методологии инновационных технических и технологических решений построения такой системы при различных «сценариях» управления требует научного анализа и поиска резервов повышения эффективности перевозок на основе совершенствования системы управления контроля движения на автомобильной дороге по всем направлениям. Одним из критериев перехода на новый уровень в развитии автономного вождения транспортных средств является повсеместное внедрение непрерывного мониторинга функционирования машин и условий их эксплуатации на основе разработки и внедрения

интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Такие системы обеспечивают возможность интеллектуального взаимодействия с единичными транспортными средствами или с транспортным потоком посредством информационно-телекоммуникационных технологий в целях повышения эффективности использования наземного транспорта [23].

Внедрение современных технологий Smart Highway 5G-V2X на автомагистрали предполагает многоотраслевую интеграцию в транспортной сфере, электронной промышленности, информационной индустрии, интернет-индустрии и т. д. Таким образом, необходимо сформировать единый подход к обоснованию требований к построению телематической автоматизированной системы контроля движения транспортных средств как системе средств измерения–идентификация–контроль движения АТС, особенно в городских и междугородних сценариях [1]. Исследования показали, что для формирования требований к контрольно-измерительным средствам системы целесообразно использовать методику, заключающуюся в выборе из сформированной области поиска оптимального решения с учетом оценки технико-экономических показателей, соответствующей заданному концептуальному подходу в этой области.

По сравнению со сложными дорожными условиями в городских условиях транспортная среда на скоростных автомагистралях относительно замкнута и проста, что является одним из типичных сценариев, наиболее подходящих для определения приоритетности применения технологии и решений V2X. Современные скоростные автомагистрали имеют значительные недостатки — низкие оснащенность техническими средствами контроля движения и оперативность передачи данных по каждому отдельному транспортному средству. Анализ зарубежного опыта коммерческого использования сотовых сетей 5G и исследований применения технологий 5G-V2X позволил установить развитие новых перспективных технологий LTE-V2X, которые стали важными направлениями развития интеллектуальных систем управления транспортными средствами на автомобильной дороге. К скоростным автомагистралям предъявляются более высокие требования к безопасности дорожного движе-

ния транспортных средств, что обязывает создать адаптивную систему управления с учетом координации движения транспортных средств на автомагистрали в реальном времени. Применение новых технологических решений по внедрению систем 5G-V2X в транспортной отрасли даст значительные преимущества, позволяющие стать важным направлением исследований в этой области и обеспечивающие получение большей экономической выгоды.

Метод и результат. В процессе исследования установлено, что система Smart Highway 5G-V2X должна состоять из инфраструктуры интеллектуальной транспортной системы, а также систем управления информационной безопасностью и чрезвычайными ситуациями, адаптивную оперативную систему управления движением и анализа ситуационных решений. При внедрении технологий 5G-V2X необходимо реализовать три основных технических уровня: идентификацию, связь и обработку данных, предусмотренные в автомобиле, транспортной магистрали и системе управления движением (рис. 1).

Система контроля движения транспортного средства включает мультисенсорную идентификацию транспортного средства и всей площади автомобильной дороги. В мультисенсорную идентификацию транспортного средства в основном включают программно-аппаратные комплексы, радары миллиметрового диапазона, лидары, ультразвуковые радары, автомобильные электронные знаки и другое оборудование — светофоры, экраны управления движением и знаки.

Система передачи данных состоит из общедоступных сетей 4G, 5G и проводной оптоволоконной сети. Помимо развертывания элементов сети 5G, устанавливают различные антенные устройства на основе технологий RFID и станции управления высокоточным позиционированием.

Система обработки данных, устанавливаемая на транспортных средствах и скоростных магистралях, предназначена для эффективного взаимодействия системы 5G-V2X и включает бортовые и придорожные программно-аппаратные комплексы, а также информационные блоки. Транспортная инфраструктура ИТС, предназначенная для обеспечения безопасности и повыше-

Рис. 1. Схема построения системы Smart Highway 5G-V2X

ния эффективности перевозочной деятельности транспортных средств при различных сценариях движения АТС, представлена на рис. 2.

Такая схема построения системы оперативного управления движением транспортных средств при внедрении технологий 5G-V2X на скоростной автомагистрали в первую очередь ориентирована на решение вопросов оптимального движения при выезде на скоростную автомагистраль, туннели, на станции взимания платы и зоны обслуживания. При этом программно-аппаратные комплексы с радаром миллиметрового диапазона используются для прямых дорог, а лазерный радар, используемый для пандусов или въездов в туннели, расположен в шахматном порядке по обе стороны дороги, другое оборудование распределяется парами.

Система оперативного управления движением транспортных средств может обеспечивать позиционирование, управление и наведение на маршрут движения АТС при осуществлении грузовых перевозок на всех полосах движения дороги. В целях контроля движения транспортных средств по установленному маршруту движения, а также для отправки команд управления транспортным средством через придорожные устройства в реальном времени на опасных участках до-

роги информация о местоположении транспортного средства может быть получена с помощью устройств определения местоположения Бэйдоу и системы 5G-V2X. Таким образом, предложенная система обеспечивает автономное движение грузового потока транспортными средствами.

При движении по заданному маршруту двух или более транспортных средств единая система оперативного управления движения колонны формируется на основе беспроводной системы передачи данных 5G-V2X и технологии автоматического вождения (рис. 3).

Для обеспечения автономного движения колонны грузовых транспортных средств на определенном маршруте при постоянной скорости движения ($V = \text{const}$) необходимо учитывать множество временных интервалов передачи данных по идентификации АТС, торможения, сетевой задержки и т. д.

Заключение. Реализация технологий 5G-V2X при автономном движении колонны грузовых транспортных средств приведет к снижению количества водителей, что повысит эффективность транспортных компаний на основе уменьшения затрат на рабочую силу. Кроме того, на основании проведенных исследований установлено, что при автономном движении колонной гру-

Рис. 2. Транспортная инфраструктура ИТС на автомобильной дороге

зовых транспортных средств при постоянной скорости значительно уменьшается расход топлива (примерно на 10–15 %) за счет снижения коэффициента сопротивления воздуха, а также позволит грузовикам двигаться с меньшим расстоянием, что может освободить больше полос для проезда других транспортных средств, увеличить пропускную способность скоростной автомагистрали, значительно уменьшить за-

груженность дорог и повысить эффективность транспортировки, снизить нагрузку на автомобильные дороги. Для построения системы оперативного управления движением транспортных средств при внедрении технологий 5G-V2X на автомобильной дороге необходимо исследовать возможности программно-аппаратных комплексов на различных уровнях «идентификации–решения–контроля». Наиболее важными исследова-

Рис. 3. Схема движения колонны грузовых транспортных средств ($V = \text{const}$)

дованиями в этой области являются направления повышения возможностей идентификации технических объектов, оперативности передачи данных с учетом координации дорожной инфраструктуры и принятие ситуационных решений на основе причинно-следственных рассуждений и прогнозирования движения на различных уровнях; управление отдельного транспортного средства, совместного управления и глобального контроля. В связи с различными возможностями идентификации технических объектов, принятия решений и контроля движения транспортных средств, автомобильные дороги могут быть разделены на разные уровни управления интеллектуальными системами, что обуславливает построение перспективных умных автомагистралей.

Библиографический список

1. Krylatov A. Yu., Puzach V., Shatalova N. V., Asaul M. A. Optimization of traffic lights operation using network load data // В сб.: Transportation research procedia. XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020). 2020. С. 321–329.
2. Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Асаул М. А. Интеллектуальные технологии на водном транспорте // Морские интеллектуальные технологии. 2017. № 2-2 (36). С. 55–65.
3. Сазанов А. М., Селиверстов С. А., Селиверстов Я. А., Асаул М. А., Тимов В. О., Ващук А. Э., Бузов И. А. О разработке интеллектуальной системы видеомониторинга морского пространства арктического региона // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 2-2 (44). С. 116–128.
4. Asaul M. A., Mokhov A., Malygin I. G., Komashinskiy V. I., Asaul A. N., Seliverstov Ya. A. Linking eurasian integration with the silk road economic belt in the context of water transport // Advances in economics, business and management research. Proceedings of the «New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development» (NSRBCPED 2019). 2019. Pp. 237–240.
5. Асаул А. Н., Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Шаталова Н. В. Когнитивная экономика и транспорт // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2018. С. 21–29.
6. Asaul A., Malygin I., Komashinskiy V. The Project of Intellectual Multimodal Transport System // Transportation Research Procedia. Vol. 20, 2017. Pp. 25–30. DOI: 10.1016/j.trpro/2017.006.
7. Асаул А. Н., Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Аванесов М. Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и космос. 2016. № 3. С. 8–17.
8. Асаул А. Н., Малыгин И. Г., Комашинский В. И. Интеллектуальная мультимодальная транспортная система — основа повышения транспортной безопасности РФ // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2016. С. 36–43.
9. Комашинский В. И., Шаталова Н. В., Асаул А. Н. Транспорт и когнитивная экономика замкнутого цикла // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием ИПТ РАН, 2019. С. 19–26.
10. Asaul M., Plotnikov A. Nev methods traffic Safety rating AT AT-grade interseccions // В сб.: Transportation Research Procedia. XIV International Conference on Organization and Trafic Safety Management in Large Cities (OTS-2020). 2020. Pp. 528–532.
11. Лукомская О. Ю., Асаул А. Н., Кураков А. В. О моделировании процесса управления движением транспортных потоков по внутренним водным судопропускам для интеллектуальных транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы–2019: материалы межд. науч.-практ. конф. СПб.: ФГБУН НПО РАН, 2019. С. 79–84.
12. Marinov M. L., Asaul A. N., Skorokhodov D. A., Malygina E. A. Development of methods for professional and axiological certification of transport experts activities // Transportation Research Procedia. XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020). 2020. Pp. 436–443.
13. Асаул М. А., Мохов А. Е. Формирование единого транспортного пространства и общего рынка транспортных услуг Евразийского экономического союза. СПб.: АНО ИПЭВ, 2018. ISBN: 978-5-91460-063-8. 250 с.
14. Асаул М. А. Трудный путь становления евразийской транспортной системы // Технологическое предпринимательство и коммерциализация инноваций в инвестиционно-строительной сфере: материалы Междунар. XX науч. конф. под ред. А. Н. Асаула. СПб.: АНО ИПЭВ, 2018. (Ч. II). С. 7–21.
15. Асаул М. А. Создание новых транспортных маршрутов между Европой и Азией // Мировое инновационное соревнование. Роль и место России

в нем: материалы XVIII науч.-практ. конф. СПб.: ПНО ИПЭВ, 2016. С. 434–442.

16. Safiullin R. N., Reznichenko V. V. The Concept of Development of Monitoring Systems and Management of Intelligent Technical Complexes // Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 237. Pp. 322–330. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.322 S.322-330

17. Safiullin R. N., Reznichenko V. V., Gorlatov D. V. Modeling and optimization of processes of transportation of heavy cargoes based on the automation of monitoring systems for the motor vehicles movement. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 378(1), 012069.

18. Safiullin R., Marusin A., Safiullin R., Ablyazov T. Methodical approaches for creation of intelligent management information systems by means of energy resources of technical facilities. E3S Web of Conferences, 2019, 140, 10008 EEC-2019.

19. Safiullin R., Fedotov V., Marusin A. Method to evaluate performance of measurement equipment in automated vehicle traffic control systems. Transportation Research Procedia, 2020, 50, Pp. 20–27.

20. Чэнь Шань, Ху Цзинь Лин. LTE-V2X технологии, стандарты и приложения // Телекоммуникационные науки, 2018, № 34(4): 1–11.

21. Асаул М. А., Сафиуллин Р. Р. Модели и алгоритмы оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов с учетом применения инновационных систем контроля транспортной работы // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2 (79). С. 145–151. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-145-151.

22. Методы решения задач оптимального планирования в транспортно-логистических системах МТО / под ред. Р. Н. Сафиуллина. СПб.: ВAMTO, 2020. 248 с.

23. Резниченко В. В., Калюжный А. Ф., Сафиуллин Р. Н. Системы автоматизации контроля движения на автомобильном транспорте / под ред. Р. Н. Сафиуллина. СПб.: Лань, 2019. ISBN 978-5-8114-3655-22019.

References

1. Krylatov A. Yu., Puzach V., Shatalova N. V., Asaul M. A. Optimization of traffic lights operation using network load data. In: Transportation Research Procedia. XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020), 2020, pp. 321–329.

2. Malygin I. G., Komashinskiy V. I., Asaul M. A. *Intellektual'nye tekhnologii na vodnom transporte* [Intellectual technologies on water transport]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii – Marine Intelligent Technologies*, 2017, no. 2-2 (36), pp. 55–65.

3. Sazanov A. M., et al. *O razrabotke intellektual'noy sistemy videomonitoringa morskogo prostranstva*

arkticheskogo regiona [About the development of an intelligent video monitoring system for the marine space of the Arctic region]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii – Marine Intelligent Technologies*, 2019, no. 2-2 (44), pp. 116–128.

4. Asaul M. A., et al. *Linking Eurasian integration with the silk road economic belt in the context of water transport*. In: Advances in economics, business and management research. Proceedings of the “New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development” (NSRBCPED 2019), 2019, pp. 237–240.

5. Asaul A. N., Malygin I. G., Komashinskiy V. I., Shatalova N. V. *Kognitivnaya ekonomika i transport* [Cognitive economy and transport]. *Trudy Vseros. nauch.-prakt. konf. Institut problem transporta im. N. S. Solomenko RAN «Tekhnologii postroeniya kognitivnykh transportnykh sistem»* [Proceedings of the All-Russian sci.-pract. conf. at the N. S. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences “Technologies for building cognitive transport systems”]. 2018, pp. 21–29.

6. Asaul A., Malygin I., Komashinskiy V. The project of intellectual multimodal transport system. *Transportation Research Procedia*, 2017, vol. 20, pp. 25–30. DOI: 10.1016/j.trpro/2017.006.

7. Asaul A. N., Malygin I. G., Komashinskiy V. I., Avanesov M. Yu. *Kontseptual'nye podkhody k postroeniyu intellektual'noy mul'timodal'noy transportnoy sistemy RF* [Conceptual approaches to the construction of an intelligent multimodal transport system of the Russian Federation]. *Informatsiya i kosmos – Information and Space*, 2016, no. 3, pp. 8–17.

8. Asaul A. N., Malygin I. G., Komashinskiy V. I. *Intellektual'naya mul'timodal'naya transportnaya sistema — osnova povysheniya transportnoy bezopasnosti RF* [Intellectual multimodal transport system as the basis for improving the transport security of the Russian Federation]. *Trudy XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh»* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Organization and safety of road traffic in large cities”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2016, pp. 36–43.

9. Komashinskiy V. I., Shatalova N. V., Asaul A. N. *Transport i kognitivnaya ekonomika zamknutogo tsikla* [Transport and cognitive economy of a closed cycle]. *Trudy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem IPT RAN «Tekhnologii postroeniya kognitivnykh transportnykh sistem»* [In: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation of the IPT RAS “Technologies for building cognitive transport systems”]. 2019, pp. 19–26.

10. Asaul M., Plotnikov A. *New methods of traffic safety rating at at-grade intersections*. In: Transportation

Research Procedia, XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020). 2020, pp. 528–532.

11. Lukomskaya O. Yu., Asaul A. N., Kurakov A. V. *O modelirovanii protsessa upravleniya dvizheniem transportnykh potokov po vnutrennim vodnym sudopropuskam dlya intellektual'nykh transportnykh system* [On modeling the process of controlling the movement of traffic flows along inland water ship passes for intelligent transport systems]. *Trudy mezhd. nauch.-prakt. konf. «Transport Rossii: problemy i perspektivy–2019»* [Proceedings of the International sci.-pract. conf. “Transport of Russia: problems and prospects-2019”]. St. Petersburg, FGBUN NPT RAN Publ., 2019, pp. 79–84.

12. Marinov M. L., Asaul A. N., Skorokhodov D. A., Malygina E. A. *Development of methods for professional and axiological certification of transport experts activities*. In: Transportation Research Procedia. XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020), 2020, pp. 436–443.

13. Asaul M. A., Mokhov A. E. *Formirovanie edinogo transportnogo prostranstva i obshchego rynka transportnykh uslug Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza* [Formation of a single transport space and a common market for transport services of the Eurasian Economic Union]. St. Petersburg, ANO IPEV Publ., 2018. ISBN: 978-5-91460-063-8. 250 p.

14. Asaul M. A. *Trudniy put' stanovleniya evraziyskoy transportnoy sistemy* [A hard way of the Eurasian transport system formation]. *Trudy Mezhdunarodnoy XX nauch.konf. pod red. Prof. A. N. Asaula «Tekhnologicheskoe predprinimatel'stvo i kommertsializatsiya innovatsiy v investitsionno-stroitel'noy sfere»* (Ch. II) [Proceedings of the International XX scientific conference under the editorship of Professor Asaul A. N. “Technological entrepreneurship and commercialization of innovations in the investment and construction sector”. Pt. 2]. St. Petersburg, ANO IPEV Publ., 2018, pp. 7–21.

15. Asaul M. A. *Sozdanie novykh transportnykh marshrutov mezhdru Evropoy i Aziey* [Creation of new transport routes between Europe and Asia]. *Trudy XVIII nauch.-prakt. konf. «Mirovye innovatsionnoye sorevnovanie. Rol' i mesto Rossii v nem»* [Proceedings of the XVIII scientific and practical conference “World Innovation Competition. The role and place of Russia in it”]. St. Petersburg, PNOIPEV Publ., 2016, pp. 434–442.

16. Safiullin R. N., Reznichenko V. V. The concept of development of monitoring systems and management of intelligent technical complexes. *Journal of Mining Institute*, 2019, vol. 237, pp. 322–330. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.322 S.322-330

17. Safiullin R. N., Reznichenko V. V., Gorlatov D. V. *Modeling and optimization of processes of transportation of heavy cargoes based on the automation of monitoring systems for the motor vehicles movement*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 378(1), 012069.

18. Safiullin R., Marusin A., Safiullin R., Ablyazov T. *Methodical approaches for creation of intelligent management information systems by means of energy resources of technical facilities*, E3S Web of Conferences, 2019, 140, 10008EECE-2019.

19. Safiullin R., Fedotov V., Marusin A. *Method to evaluate performance of measurement equipment in automated vehicle traffic control systems*, Transportation Research Procedia, 2020, no. 50, pp. 20–27.

20. Chen' Shan', Khu Tszin' Lin. *LTE-V2X tekhnologii, standarty i prilozheniya* [LTE-V2X technology, standards and application]. *Telekommunikatsionnye nauki – Telecommunications Sciences*, 2018, no. 34(4), pp. 1–11.

21. Asaul M. A., Safiullin R. R. *Modeli i algoritmy optimizatsii perevozochnogo protsessa tyazhelovesnykh gruzov s uchetom primeneniya innovatsionnykh sistem kontrolya transportnoy raboty* [Models and algorithms for optimizing the transportation process of heavy loads taking into account the use of innovative transport control systems]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 2 (79), pp. 145–151. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-145-151.

22. *Metody resheniya zadach optimal'nogo planirovaniya v transportno-logisticheskikh sistemakh MTO* [Methods for solving optimal planning problems in MTO transport and logistics systems]. Ed. by Safiullin R. N. St. Petersburg, VAMTO Publ., 2020, 248 p.

23. Reznichenko V. V., Kalyuzhniy A. F., Safiullin R. N. *Sistemy avtomatizatsii kontrolya dvizheniya na avtomobil'nom transporte* [Systems of automation of traffic control in automobile transport]. Ed. by Safiullin R. N. St. Petersburg, Lan' Publ., 2019. ISBN 978-5-8114-3655-22019.