

УДК 625.7

DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-4-141-150

© Е. В. Голов, старший преподаватель
© Е. В. Сорокина, аспирант
© С. С. Евтюков, д-р техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: egorgoloff@yandex.ru, eva.sorok@mail.ru

© E. V. Golov, senior lecturer
© E. V. Sorokina, post-graduate student
© S. S. Evtyukov, Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: egorgoloff@yandex.ru, eva.sorok@mail.ru

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ФАКТОРОВ «ДОРОГА» И «СРЕДА» В СИСТЕМЕ ВАДС

PROBLEMATIC ISSUES OF USING SATELLITE NAVIGATION IN ASSESSING THE STATE OF THE «ROAD» AND «ENVIRONMENT» FACTORS IN THE DCRE SYSTEM

Основным индикатором, характеризующим особенности и специфику дорожного движения, является динамическая система «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда» (ВАДС), в которой происходит непрерывный обмен информацией между ее компонентами. Уровень безопасности дорожного движения напрямую зависит от надежности элементов системы, а также специфики их внутреннего взаимодействия между собой. В статье приведена оценка факторов, влияющих на надежность системы ВАДС. Обоснована необходимость повышения качества оценки ключевых факторов подсистем «Дорога» и «Среда» с целью обеспечения дорожной безопасности автотранспортного комплекса. Произведен анализ методики проведения полевых изысканий при определении транспортно-эксплуатационных качеств элементов подсистемы «Дорога» для обеспечения безопасности дорожного движения с учетом неотъемлемых составляющих системы ВАДС. Определены основные проблемы получения плановых координат высокой точности при работе дорожной техники. Изучены возможности применения технологий RTK (кинематика реального времени) и VRS (виртуальная базовая станция) с целью совершенствования методологического аппарата проведения автодорожных экспертиз. Результаты исследования позволяют нарастить потенциал для дальнейших работ в области повышения безопасности движения и снижения аварийности, учитывающих особенности дорожной среды.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, система ВАДС, GPS.

The main indicator characterizing the features and specifics of road traffic is the dynamic system «Driver – Car – Road – Environment» (DCRE), in which there is a continuous exchange of information between its components. The level of road traffic safety directly depends on the reliability of the system elements, as well as the specifics of their internal interaction with each other. The article provides an assessment of the factors affecting the reliability of the DCRE system. The authors substantiate the necessity of improving the quality of assessing the key factors of the subsystems «Road» and «Environment» in order to ensure road traffic safety of the motor transport complex. There has been carried out an analysis of the methodology of conducting field surveys in determining the transport and operational qualities of the elements of the «Road» subsystem to ensure the road traffic safety, taking into account the integral components of the DCRE system. The main problems of obtaining high-precision planned coordinates during the operation of road equipment are determined. The possibilities of using RTK (real-time kinematics) and VBS (virtual base station) technologies have been studied in order to improve the methodological apparatus for implementing road safety examinations. The results of the study allow increasing the potential for further work in the field of improving road traffic safety and reducing road traffic accidents' rate, taking into account the road environment features.

Keywords: road traffic safety, DCRE system, GPS.

Введение

Одним из приоритетных направлений внутренней политики государства является развитие дорожного хозяйства, автомобильного

транспорта и соответствующей инфраструктуры как части единой транспортной системы России. Имея огромное значение с социальной и экономической точки зрения, дорожная отрасль непо-

средственно влияет на качество жизни и удобство граждан страны [1–3].

Дорожное движение представляет собой результат взаимодействия связей внутри системы «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда» (ВАДС) как единой структуры. ВАДС — это сложная система, характеризующаяся многоуровневым иерархическим характером подсистем. Наряду с имеющимися парными связями между подсистемами и элементами существуют также множественные комбинаторные связи (например, СДВ, САВ, СДА и др.). Надежность каждого из компонентов системы имеет непосредственное влияние на безопасность движения транспортных потоков.

Методы

Достижение высокого уровня обеспечения надежности системы как единого целого является актуальной социально-экономической задачей государственного масштаба, для решения которой следует обеспечить повышение надежности отдельно каждой составляющей: «Водитель», «Автомобиль», «Дорога», «Среда». Негативные отклонения какой-либо из рассматриваемых подсистем влекут за собой отказы в системе, что в реальных условиях может привести к тяжелым последствиям с причинением тяжкого вреда здоровью людей.

Автомобильная дорога как открытая система и фактор, оказывающий существенное влияние на безаварийное и безопасное движение автотранспорта, характеризуется жизненным циклом, каждая стадия которого влияет на ее надежность: закладывается при проектировании, реализуется при строительстве и поддерживается в процессе эксплуатации.

Современная автомобильная дорога представляет собой комплекс сложных инженерных конструкций, включающий в себя большое количество функционально связанных между собой элементов и предназначенный для непрерывного, беспрепятственного и безопасного движения транспортных средств с расчетной нагрузкой и установленными скоростями при любых погодных-климатических условиях.

Отличительной особенностью составляющей «Дорога» как элемента системы ВАДС является непрерывное воздействие на нее всех возможных факторов, обусловленных влиянием внеш-

ней среды — климатических, сезонных, суточных. Для того чтобы обеспечить безопасность дорожного движения и возможность проезда с нормативной скоростью для всех транспортных средств (ТС), автомобильная дорога в процессе эксплуатации должна обладать высокими транспортно-эксплуатационными качествами. Первостепенной и базовой составляющей в системе управления состоянием автомобильной дороги, на основании которой производится оптимизация программ дорожных работ и распределение бюджета, является проведение диагностических обследований [4–7].

Цель диагностики — своевременное получение полной, объективной и достоверной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог и изменении условий их работы, на основе которых выполняется оценка технического состояния автомобильных дорог на соответствие нормативным требованиям документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства¹. Этапы выполнения диагностических работ представлены на рис. 1.

Наряду с этим необходимо отметить и тот факт, что состояние сети автомобильных дорог РФ в значительной части требует приведения их в нормативное состояние. Особенно актуальным это становится в отдаленных и малонаселенных

¹ ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог. М., 2018.



Рис. 1. Система проведения диагностического обследования дорог

регионах страны. На рис. 2 и 3 представлена информация о процентной составляющей дорог, не соответствующих нормативным требованиям и обладающих низкими транспортно-эксплуатационными показателями².

² URL: <https://rosstat.gov.ru/>

Начальным этапом, лежащим в основе работ по диагностике, является проведение полевых обследований элементов дорог и дорожных сооружений.

В настоящее время широкое применение находят автоматизированные методы, в том числе с использованием передвижных дорожных изме-



Рис. 2. Доля автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения РФ, не отвечающих нормативным требованиям в 2020 г.



Рис. 3. Доля автомобильных дорог общего пользования местного значения РФ, не отвечающих нормативным требованиям в 2020 г.

рительных комплексов, которые предназначены для установления технико-эксплуатационных параметров дорог, а именно: длины пройденного пути, географических координат, геометрических параметров, продольной ровности покрытий, поперечного профиля покрытий, коэффициента сцепления, упругого прогиба покрытий. Внешний вид дорожной лаборатории на основе измерительного комплекса КП-514 RDT представлен на рис. 4 [8–13].

Подобные комплексы представляют собой сочетание одной или нескольких систем измерения, модуля управления, электронных компонентов сбора, преобразования и передачи данных, а также бортового компьютера с установленным программным обеспечением; включают малогабаритную интегрированную навигационную систему (МИНС), систему компенсации перемещения кузова (СКПК) (рис. 5). Комплексы устанавливаются на транспортных средствах (ТС) и прицепных установках в виде встроенного или навесного оборудования. Комплексы построены по блочно-модульному принципу [14–16]. Одной из основных систем, входящих в комплекс, является система позиционирования — приёмник с использованием двух систем глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) — навигационный GPS/ГЛОНАСС-приемник, обеспечивающий привязку к географическим координатам.

В основе работы навигационных систем лежит процесс измерения расстояния от спутника с известными координатами до объекта, на котором установлен преобразователь волновых полей (рис. 6).



Рис. 4. Дорожно-измерительный комплекс КП-514 RDT

Однако в действительности при проведении полевых работ с помощью передвижного измерительного комплекса операторы сталкиваются с серьезными проблемами, которые возникают в силу ошибок глобальной системы позиционирования, а также других факторов, которые провоцируют накопление погрешности определения местоположения. Причины ошибок и провоцируемая ими погрешность представлены на рис. 7.

Специфическим при проведении диагностических работ и проезде дорожной лаборатории также является воздействие блокираторов сигналов GPS и ГЛОНАСС (антитрекеры), которые устанавливаются водителями на грузовых автомобилях с целью невозможности определения их точного местоположения и отслеживания маршрута движения.

Принцип действия данных устройств прост: при подключении глушителя в автомобиле им генерируются шумы (помехи) в диапазонах 1500–1600 МГц (L1/L2), что делает невозможным спутниковый мониторинг ТС и в то же время является источником ошибок при записи gpr-трека дорожным оборудованием. Все данные факты в комплексе приводят к погрешностям, иногда весьма значительным, в процессе геопозиционирования. Соответственно, необходима корректировка имеющейся методической и методологической основы, а также действующей нормативной базы в части реализации полевых изысканий при проведении диагностических работ на автомобильных дорогах с учетом ранее приведенных обстоятельств.

Результаты

Одной из основных тенденций развития технологий является поиск методов и средств снижения погрешностей навигационных решений. Вместе с тем следует подчеркнуть важность учета различной физической природы ошибок и погрешностей позиционирования. В новейших моделях измерительных комплексов предусматривается возможность использования системы позиционирования RTK или Real Time Kinematic («кинематика реального времени»). Применение данной технологии способствует получению плановых координат местности сантиметровой точности. Такой результат достигается за счет поправок, которые получаются с базовой стан-

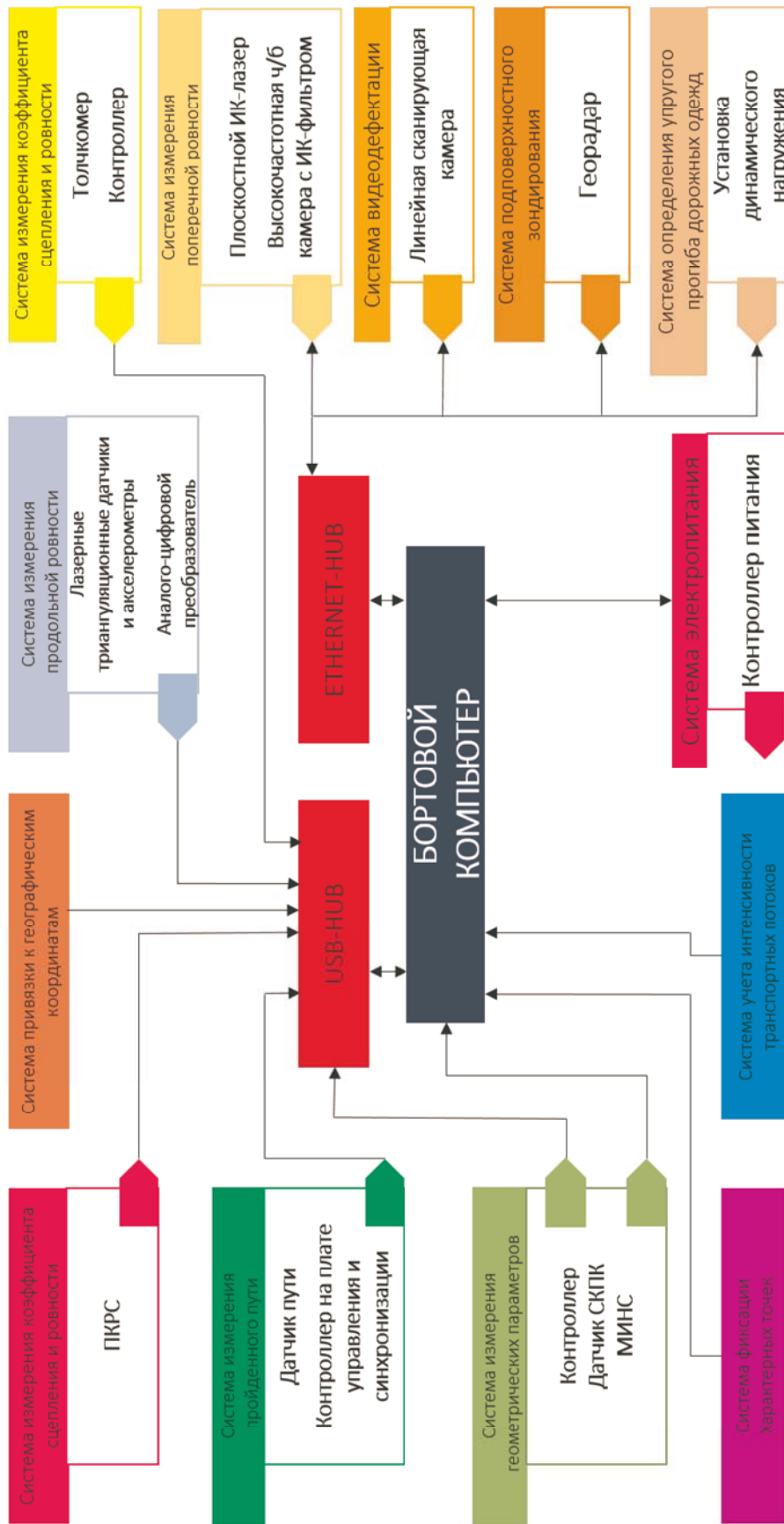


Рис. 5. Структурная схема построения дорожно-измерительного комплекса

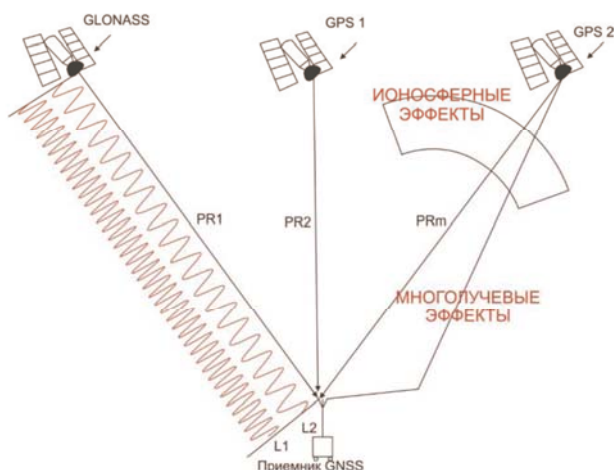


Рис. 6. Принцип действия спутникового ГНСС-приёмника



Рис. 7. Источники ошибок ГНСС

ции [17, 18]. На рис. 8 представлен отечественный ГНСС-приёмник для интеграции Shark Silver Lite.

При проведении полевых работ рекомендуется использовать специализированное программное обеспечение (ПО): VM_Ctrl_V0430 (программа для управления приемником), GNSSSurferV1.08b (программа для передачи поправок), GnssSurferV1.12 (программа для передачи поправок), NAVISConverterV52 (программа для конвертирования лога NMEA данных в kml), NVS_USB_driver_v6.7 (драйвер для подключения приемника через usb-кабель), RTKLIB-Win-x64 (программа для обработки ГНСС-измерений), storegis (программа для записи лога траектории и оценки состояния приемника), Terminal (программа для управления приемником через команды). Для передачи поправок на COM-порт (COM2 приемника по умолчанию) используется



Рис. 8. ГНСС-приёмник Shark Silver Lite. Вид 1

любой NTRIP-client. Для проверки выхода приемника на режим RTK необходимо подключение StoreGIS (рис. 9).

Обсуждение

Одним из важнейших условий для использования технологии RTK является величина площади покрытия базовых станций и их объединение в общую сеть. Объединенные в общую сеть базовые станции дают возможность максимально гибко применять RTK. Однако, как показывает практика, постоянно действующие спутниковые базовые станции (ПДБС) размещаются там, где обеспечены хорошие условия приема спутниковых сигналов. В подавляющем большинстве случаев это центральные регионы страны с высоким показателем плотности населения и экономической активностью. Данное обстоятельство существенным образом ограничивает использование новейших технологий в случае необходимости проведения работ в отдаленных регионах по причине неразвитости соответствующей наземной инфраструктуры [19].

Несмотря на это использование RTK не исключает накопления ошибок в результате действия различных факторов. Для решения данной проблемы была разработана VRS (Virtual Reference Stations) или виртуальная базовая станция — технология, позволяющая повысить точность и производительность кинематики реального времени за счет минимизации ошибок в дифференциальных поправках. Принцип работы таких станций представлен на рис. 10.

Сегодня некоторые компании развивают собственную сеть референчных станций и предоставляют свои услуги на территории России. Среди них: ГЕОСПАЙДЕР, NIVE, SmartNet, Сеть РС СПб, Уралгеотехнологии, PRINNET, URALSURVEY. Карта размещения базовых станций на территории Российской Федерации по состоянию на 2021 г. представлена на рис. 11.

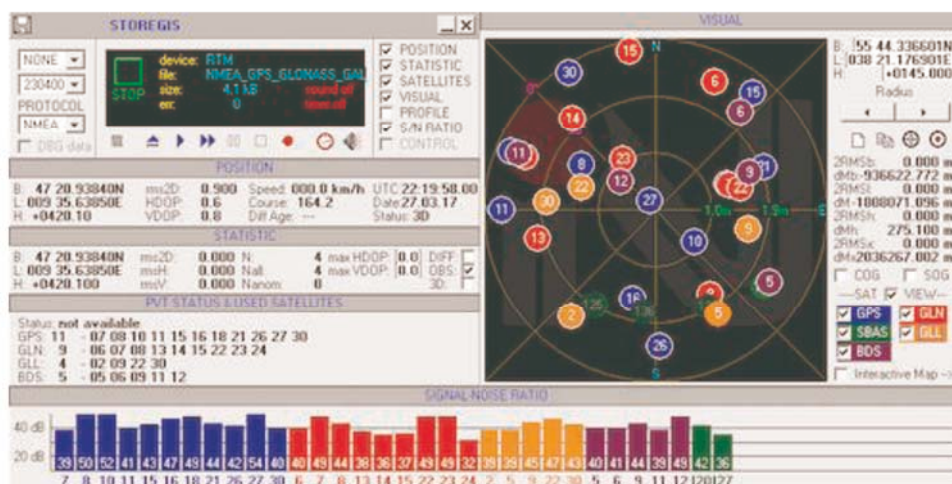


Рис. 9. Настройка соединения в StoreGIS



Рис. 10. Алгоритм работы виртуальной базовой станции

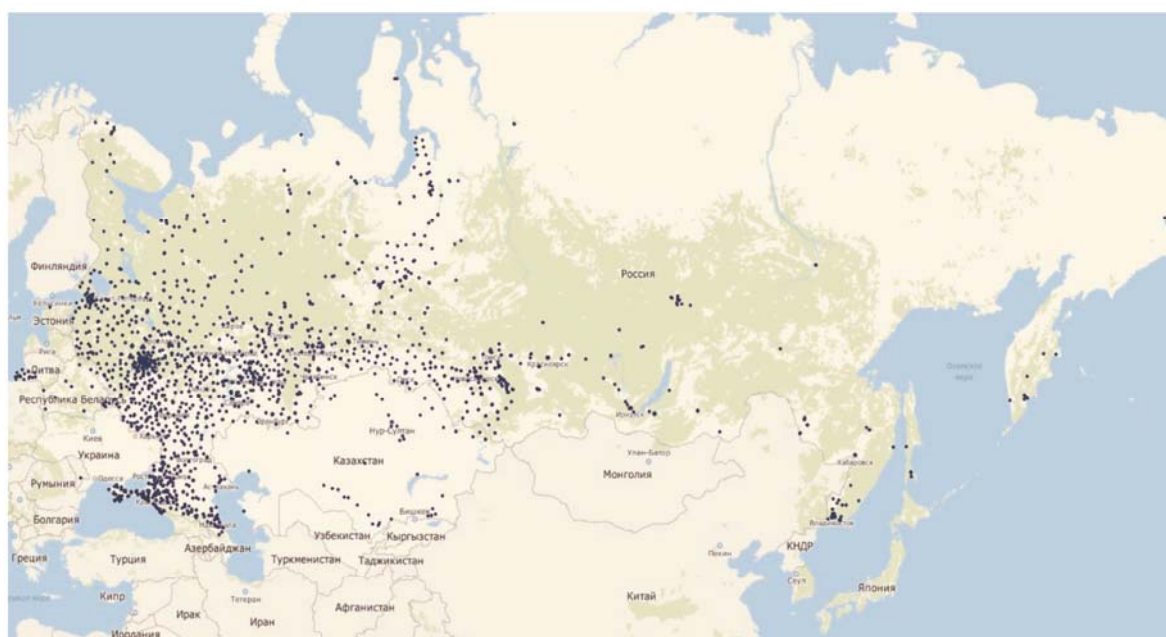


Рис. 11. Локализация базовых станций РФ, внесенных в Росреестр на конец 2021 г.

Состояние компонентов «Дорога» и «Среда» являются значимым индикатором уровня БДД, поэтому полученные результаты могут указывать на необходимость дальнейших, более глубоких исследований в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей в комплексе, развития методического и методологического аппарата проведения дорожно-транспортной экспертизы.

Выводы

Результаты проведенного анализа позволяют сделать некоторые частные выводы, представляющие интерес для повышения надежности отдельных компонентов системы «Водитель–Автомобиль–Дорога–Среда», а именно совершенствование системы управления состоянием автомобильных дорог, что является важнейшим фактором в обеспечении дорожной безопасности и безопасности автотранспортного комплекса. Развитие навигационных систем, высокие требования к проведению диагностики и техническому состоянию автомобильных дорог как элементу системы ВАДС требуют пересмотра традиционных подходов к проведению полевых изысканий, а также актуализации основного фонда действующих государственных стандартов в области диагностики автомобильных дорог.

Библиографический список

1. *Евтюков С.С., Голов Е.В.* Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в Ленинградской области // *Транспорт Урала*. 2017. № 2(53). С. 85–89. DOI 10.20291/1815-9400-2017-2-85-89.
2. *Голов Е. В.* Фактор скорости в системе безопасности дорожного движения // *Вестник гражданских инженеров*. 2021. № 3(86). С. 139–148. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-139-148.
3. *Kvitichuk A., Kvitichuk M., Evtukov S., Golov E.* Indicators of Road Safety as a Phenomenon of National Security of the State // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 247. Pp. 159–168. DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_16.
4. *Куракина Е. В.* Диагностическое исследование элементов автомобильных дорог на участках ДТП неразрушающим контролем // *Вестник гражданских инженеров*. 2016. № 6(59). С. 231–237.
5. *Куракина Е. В., Лутов Д.А., Мейке У.Н.* Оценка уровня содержания и факторов риска автомобиль-

ных дорог // *Вестник гражданских инженеров*. 2019. № 1(72). С. 177–183. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.

6. *Кочетков А. В., Сухов А. А., Козин А. С. [и др.]* Повышение безопасности дорожного движения на основе совершенствования структуры отраслевой диагностики федеральных автомобильных дорог // *Вестник СамГУПС*. 2013. № 1(19). С. 54–61.

7. *Kurakina, E., Evtukov S.* Results of studying road construction parameters" condition // *Architecture and Engineering*. 2018. Vol. 3. No 1. Pp. 29–37.

8. *Evtukov S., Golov E.* Adhesion of car tires to the road surface during reconstruction of road accidents // *E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года*. Moscow: EDP Sciences, 2020. P. 03022. DOI 10.1051/e3sconf/202016403022.

9. *Evtukov S. S., Golov E. V., Ivanov N. A.* Innovative safety systems for modern vehicles // *T-Comm*. 2019. Vol. 13. No 6. Pp. 71–76. DOI 10.24411/2072-8735-2018-10283.

10. *Evtukov S., Golov E., Sazonova T.* Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles // *MATEC Web of Conferences, Novosibirsk, 16–19 мая 2018 года*. Novosibirsk: EDP Sciences, 2018. P. 04018. DOI 10.1051/matecconf/201823904018.

11. *Медрес Е. Е., Голов Е. В., Бабенко Т. И.* Факторы, влияющие на равномерность движения автомобильного транспорта в условиях насыщенных транспортных потоков // *Транспортное дело России*. 2017. № 2. С. 89–90.

12. *Васильев Я. В., Медрес Е. Е., Голов Е. В.* Перспективы применения альтернативных источников энергии и тепла на сети автомобильных дорог // *Транспорт на альтернативном топливе*. 2017. № 3(57). С. 45–49.

13. *Лазарев Ю. Г., Медрес Е. Е., Голов Е. В.* Разработка типовых решений устройства, оснащения и организации опытно-экспериментальных полигонов // *Вестник гражданских инженеров*. 2016. № 6(59). С. 173–181.

14. *Андреев К. П., Терентьев В. В., Шемякин А. В.* Натурное обследование с помощью передвижной дорожной лаборатории // *Бюллетень транспортной информации*. 2018. № 4(274). С. 16–19.

15. *Багдасарян А. А.* Современное оборудование для обследования автомобильных дорог // *Мир дорог*. 2021. № 138. С. 70–73.

16. *Цаль А. Ю.* Моделирование процесса диагностики автомобильных дорог // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 1(48). С. 138.

17. *Маркова Н. А.* Возможности получения РТК поправок в ГНСС съемке // *Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по*

материалам LXXIII студенческой междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 17–27 января 2019 года. Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга», 2019. С. 308–312.

18. Козлов Н. Р. Методика обработки измерений радионавигационных параметров по технологиям «кинематика в реальном времени» и «точное точечное позиционирование» // Инновационные аспекты социально-экономического развития региона: сб. ст. по материалам участников IX Ежегодной науч. конф. аспирантов МГОТУ, Научоград Королёв, 15 мая 2019 года. Научоград Королёв: ООО «Научный консультант», 2019. С. 280–288.

19. Брынь М. Я., Баширова Д. Р., Багишян А. Г. Сравнительная оценка мобильного лазерного сканирования, аэрофотосъемки с беспилотной авиационной системы и съемки с комплексной дорожной лаборатории при выполнении диагностики автомобильных дорог // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2021. Т. 18, № 2. С. 211–221. DOI 10.20295/1815-588X-2021-2-211-221.

References

1. Evtukov S. S., Golov E. V. *Audit bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh regional'nogo znacheniya v Leningradskoy oblasti* [Audit of road safety on the roads of regional significance in the Leningrad region]. *Transport Urala – Transport of the Ural*, 2017, no. 2(53), pp. 85–89. DOI 10.20291/1815-9400-2017-2-85-89.
2. Golov E. V. *Faktor skorosti v sisteme bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Speed factor in the system of road safety]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 3(86), pp. 139–148. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-139-148.
3. Kvitchuk A., Kvitchuk M., Evtukov S., Golov E. Indicators of road safety as a phenomenon of national security of the state. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, vol. 247, pp. 159–168. DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_16.
4. Kurakina E. V. *Diagnostichestskoe issledovanie elementov avtomobil'nykh dorog na uchastkakh DTP nerazrushayushchim kontrolem* [Diagnostic study of roadway elements at road accident sites by nondestructive testing]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6(59), pp. 231–237.
5. Kurakina E. V., Lutov D. A., Meyke U. N. *Otsenka urovnya sodержaniya i faktorov riska avtomobil'nykh dorog* [Assessment of the level of maintenance and risk factors of highways]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 1(72), pp. 177–183. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.
6. Kochetkov A. V., et al. *Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove sovershenstvovaniya struktury otraslevoj diagnostiki federal'nyh avtomobil'nyh dorog* [Increasing road safety on the basis of improving the structure of branch diagnostics of federal highways]. *Vestnik SamGUPS – Vestnik Bulletin of SamGUPS*, 2013, no. 1(19), pp. 54–61.
7. Kurakina E., Evtukov S. Results of studying road construction parameters' condition. *Architecture and Engineering*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 29–37.
8. Evtukov S., Golov E. Adhesion of car tires to the road surface during reconstruction of road accidents. *E3S Web of Conferences: Topical problems of green architecture. Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019*, Moscow, November 20–22, 2019. *EDP Sciences*, 2020, pp. 3–22. DOI 10.1051/e3sconf/202016403022.
9. Evtukov S. S., Golov E. V., Ivanov N. A. Innovative safety systems for modern vehicles. *T-Comm.*, 2019, vol. 13, no 6, pp. 71–76. DOI 10.24411/2072-8735-2018-10283.
10. Evtukov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles. *MATEC Web of Conferences*, Novosibirsk, May16–19, 2018. *EDP Sciences*, 2018, pp. 4–18. DOI 10.1051/matecconf/201823904018
11. Medres E. E., Golov E. V., Babenko T. I. *Faktory, vliyayushchie na ravnomernost' dvizheniya avtomobil'nogo transporta v usloviyakh nasyshtchennykh transportnykh potokov* [Factors affecting the uniformity of road transport in conditions of saturated traffic flows]. *Transportnoe delo Rossii – Transport business in Russia*, 2017, no. 2, pp. 89–90.
12. Vasil'ev Ya. V., Medres E. E., Golov E. V. *Perspektivy primeneniya al'ternativnykh istochnikov energii i tepla na seti avtomobil'nykh dorog* [Prospects for the use of alternative energy and heat sources on the road network]. *Transport na al'ternativnom toplive – Transport on alternative fuel*, 2017, no. 3(57), pp. 45–49..
13. Lazarev Y. G., Medres E. E., Golov E. V. *Razrabotka tipovyh reshenij ustrojstva, osnashcheniya i organizacii opytno-eksperimental'nykh poligonov* [Development of typical solutions for the device, equipment and organization of experimental test sites]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers – 2016*, no. 6(59), pp. 173–181.
14. Andreev K. P., Terent'ev V. V., Shemyakin A. V. *Naturnoe obsledovanie s pomoshch'yu peredvizhnoy dorozhnoy laboratorii* [On-site inspection by means of a mobile road laboratory]. *Byulleten' transportnoy informatsii – Transport Information Bulletin*, 2018, no. 4(274), pp. 16–19.
15. Bagdasaryan A. A. *Sovremennoe oborudovanie dlya obsledovaniya avtomobil'nykh dorog* [Modern equipment for road inspection]. *Mir dorog – World of roads*, 2021, no. 138, pp. 70–73.

16. Tsal' A. Yu. *Modelirovanie protsessa diagnostiki avtomobil'nykh dorog* [Modeling of the process of diagnostics of highways]. *Inzhenernyi vestnik Dona – Engineering Bulletin of the Don*, 2018, no. 1(48), p. 138.

17. Markova N. A. *Vozmozhnosti polucheniya RTK popravok v GNSS s'emke* [Possibilities of obtaining RTK corrections in GNSS surveying]. *Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki: sbornik statey po materialam LXXIII studencheskoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Novosibirsk, 17–27 yanvarya 2019 goda* [In: Scientific community of students of XXI century. Technical sciences: collection of articles on the materials of LXXIII student international scientific and practical conference, Novosibirsk, 17–27 January 2019]. Novosibirsk, Association of researchers "Siberian academic book" Publ., 2019, pp. 308–312.

18. Kozlov N. R. *Metodika obrabotki izmereniy radionavigatsionnykh parametrov po tekhnologiyam "kinematika v real'nom vremeni" i "tochnoe tochechnoe pozitsionirovanie"* [Methodology for processing measurements of radionavigation parameters using "real-time kinematics" and "precise point positioning" technologies]. *Innovatsionnye aspekty sotsial'no-*

ekonomicheskogo razvitiya regiona: sbornik statey po materialam uchastnikov IX Ezhegodnoy nauchnoy konferentsii aspirantov «MGOTU», Naukograd Korolyov, 15 maya 2019 goda [In: Innovative aspects of socio-economic development of the region: collection of articles based on the materials of the participants of the IX Annual Scientific Conference of postgraduate students "MSTU", Korolev Science City, May 15, 2019]. State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education of Moscow State University of Technology, Korolev Science City, Scientific Consultant Publ., 2019, pp. 280–288.

19. Bryn' M. Ya., Bashirova D. R., Bagishyan A. G. *Sravnitel'naya otsenka mobil'nogo lazernogo skanirovaniya, aerofotos'emki s bespilotnoy aviatsionnoy sistemy i s'emki s kompleksnoy dorozhnoy laboratorii pri vypolnenii diagnostiki avtomobil'nykh dorog* [Comparative assessment of mobile laser scanning, aerial photography from an unmanned aircraft system and imaging from a comprehensive road laboratory when performing diagnostics of roads]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya – Proceedings of St. Petersburg University of Railway Transport*, 2021, vol. 18, no. 2, pp. 211–221. DOI 10.20295/1815-588X-2021-2-211-221.