

**В.Г. Козлов<sup>1</sup>, А.В. Скрыпников<sup>2</sup>, М.А. Абасов<sup>2</sup>, В.В. Никитин<sup>2</sup>, В.В. Самцов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Воронежский государственный аграрный университет  
имени императора Петра I, Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

## **ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСА «ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – СРЕДА»**

Исследованию функционирования комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда» и отдельных его систем посвящено большое количество работ, в которых представлен широкий анализ влияния транспортных потоков, дорожных условий и организации движения на эффективность работы автомобильного транспорта, режим и безопасность движения. В большинстве работ рассматривается комплекс «водитель – автомобиль – дорога», в некоторых из них обращается внимание на необходимость учета влияния внешних факторов. Различными авторами было предложено рассматривать взаимодействие комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда» как единое целое, что и дало определение понятию «среда», которое впоследствии было уточнено. Воздействия погодно-климатических факторов, входящих в понятие «среда», являются возмущающими по отношению к остальным элементам комплекса, что подтверждается теоретическим анализом зависимости режима движения автомобиля от влияния элементов комплекса. Транспортно-эксплуатационные качества дорог, режим, удобства и безопасность движения непрерывно изменяются, и эти изменения происходят под влиянием возрастающей интенсивности и грузонапряженности движения, эксплуатационных и ремонтных предприятий, сезонных особенностей состояния дорог, обусловленных природно-климатическими факторами, а также под влиянием кратковременного воздействия погодно-метеорологических явлений. Соответствие методов проектирования дорог, их содержания и организации движения современным требованиям может быть оценено анализом удобства и безопасности движения в неблагоприятные периоды года. Рассматривая совокупность метеорологических и природно-климатических факторов, необходимо отметить некоторые особенности воздействия на функционирование комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда». Они заключаются в том, что часть метеорологических элементов влияет одновременно на все или несколько систем, а остальные – только на отдельные системы или подсистемы комплекса. В результате проведенных исследований выявлено, что метеорологические условия являются основными внешними факторами, воздействующими на все системы комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда».

**Ключевые слова:** дорога, автомобиль, среда, безопасность движения.

**V.G. Kozlov<sup>1</sup>, A.V. Skrypnikov<sup>2</sup>, M.A. Abasov<sup>2</sup>, V.V. Nikitin<sup>2</sup>, V.V. Samtsov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,  
Voronezh, Russian Federation

<sup>2</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation

## **THE INFLUENCE OF WEATHER AND CLIMATIC FACTORS ON THE SYSTEM OF THE COMPLEX DRIVER – VEHICLE – ROAD – ENVIRONMENT**

The study of the functioning of the complex "driver – car – road – environment" and its individual systems is devoted to a large number of works, in which a large analysis of the impact of traffic flows, road conditions and traffic management on the efficiency of road transport, mode and traffic safety. Most of the works consider the complex "driver – car – road", some of them draw attention to the need to take into account the influence of external factors. Various authors have proposed to consider the interaction of the complex "driver – car – road – environment" as a whole, which gave the definition of "environment", which was later clarified. The effects of weather and climatic factors included in the concept of "environment" are perturbing in relation to the rest of the elements of the complex, which is confirmed by the theoretical analysis of the dependence of the vehicle mode on the influence of the elements of the complex. Due to the fact that the transport and operational quality of roads, mode, convenience and traffic safety are constantly changing, and these changes occur under the influence of increasing intensity and traffic pressure, operational and repair facilities, seasonal characteristics of the state of roads due to natural and climatic factors, as well as under the influence of short-term effects of weather and meteorological phenomena. Compliance of road design methods, their maintenance and traffic management with modern requirements can be assessed by analyzing the convenience and safety of traffic in adverse periods of the year. Considering the set of meteorological and climatic factors, it is necessary to note some features of the impact on the functioning of the complex "driver – car – road – environment". They consist in the fact that part of the

meteorological elements affects simultaneously all or several systems, and the rest – only on individual systems or subsystems of the complex. As a result of the conducted researches, it is revealed that meteorological conditions are the main external factors influencing all systems of the complex "driver – car – road – environment".

**Keywords:** road, car, environment, traffic safety.

Поскольку исследование всех связей систем «среда – водитель», «среда – автомобиль», «среда – дорога», «среда – транспортные потоки» в данной работе не представляется возможным, рассмотрим воздействия метеорологических условий на состояние дорог, транспортный поток и режим движения, т.е. на функционирование системы «дорожные условия – транспортные потоки». Остальные связи рассмотрены в объеме, необходимом для объяснения влияния метеорологических условий на систему «дорожные условия – транспортные потоки».

Существенное влияние климат и погода оказывают на общее психофизическое состояние человека как участника движения, в том числе на водителя и пешехода [1–7]. В процессе производственной деятельности на человека воздействуют температура, влажность, движение и давление воздуха, солнечная радиация, находящиеся в самых разнообразных сочетаниях. Анализ исследований, касающихся влияния метеорологических условий на нервно-эмоциональное состояние водителей и изменение их производственно значимых функций, позволяет сделать основные выводы.

В ответ на комплексное воздействие факторов внешней среды в организме человека развивается система функциональных сдвигов. Так, в условиях низких температур нормальная работоспособность сохраняется у человека, когда теплообразование превышает теплоотдачу, т.е. отсутствует «дефицит тепла» [8–11].

Понижению температуры кожи также способствует потоотделение, которое является результатом физической нагрузки на организм и ряда нервных факторов, возникающих при управлении автомобилем. Отсутствие дополнительного источника тепла приводит к снижению работоспособности и повышению чувствительности организма человека к холоду, появлению сонливости и апатии. Тяжелые условия работы водителя в зимний период усугубляются такими неблагоприятными погодными явлениями, как туман, метели, снежные заносы, гололед, ухудшение видимости дороги и др. Влияние низких температур сказывается и на режиме работы автомобиля, что создает дополнительные предпосылки для нервно-эмоционального напряжения водителя и развития более раннего и выраженного утомления [12].

В южных районах страны условия работы неблагоприятны из-за высокой температуры воздуха, пониженной влажности и интенсивной солнечной радиации. Повышение температуры тела водителя приводит к снижению скорости переработки информации, увеличению количества ошибок и более быстрому утомлению (рис. 1).

Минимальное количество дорожно-транспортных происшествий наблюдается при температуре воздуха на рабочем месте водителя 20 °С, а с изменением температуры в ту или иную сторону аварийность значительно увеличивается, что показано на рис. 2.

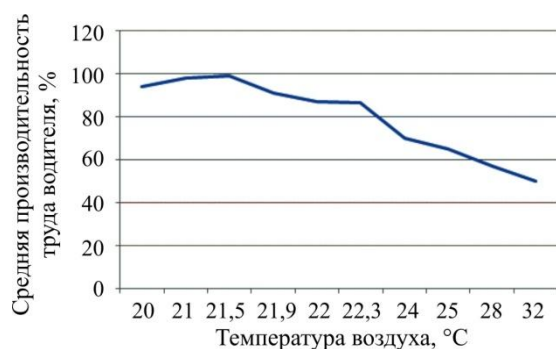


Рис. 1. Влияние температуры воздуха на работу оператора



Рис. 2. Влияние температуры воздуха на количество ДТП

Ведущим фактором, влияющим на возникновение ДТП, является несоответствие принятых водителем решений реальным условиям при дефиците времени на восприятие и переработку информации. Основным психофизиологическим показателем, характеризующим надежность работы водителя, является время реакции, на которое оказывает влияние множество факторов, в том числе метеорологические условия. При проектировании элементов автомобильных дорог расчетное время реакции принято равным 1,0 с с вариацией от 0,4 до 1,5 с.

Установлено, что наименьшее значение времени реакции устойчиво наблюдается при температуре воздуха от 16 до 24 °С (рис. 3). Таким образом, метеорологические условия и изменения состояния дорог под их воздействием оказывают существенное влияние на состояние таких важных психофизиологических функций, как скорость приема и переработки информации, время реакции, появление ошибочных действий, что может быть причиной возникновения аварий.

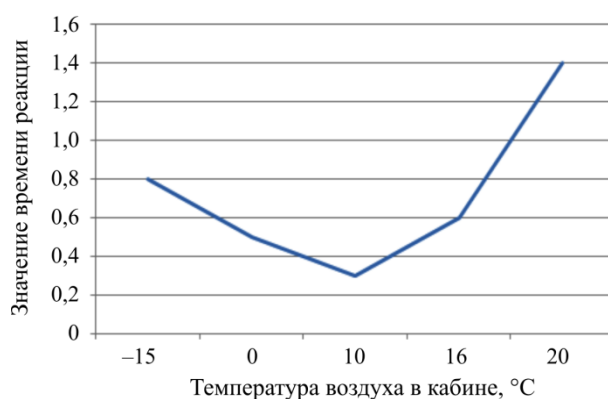


Рис. 3. Влияние температуры воздуха на скорость реакции водителя

Следовательно, при проектировании дорог, проходящих в разных климатических зонах, необходимо учитывать сезонные изменения функций водителей при определении основных геометрических параметров дороги. Поскольку при температуре воздуха, равной 20 °С, наблюдается оптимальное функциональное состояние ведущих психофизиологических показателей водителей, целесообразно принять эту температуру за оптимальную при оценке условий движения [13].

Одновременно необходимо предъявлять высокие требования к автомобилям, которые должны обладать определенными технико-эксплуатационными качествами, чтобы успешно работать в неблагоприятных погодных-климатических условиях.

Так, по техническим требованиям стеклоочистители должны обеспечивать хорошее качество очистки только переднего стекла и надежно работать в диапазоне температур от -16 до +65 °С. Требованиями к автомобилям северного исполнения предусматривается оборудование кабины водителя устройствами для обогрева и обдува переднего и боковых стекол, обеспечивающими их полную очистку при температуре наружного воздуха до -30 °С. Исследования показывают, что у современных грузовых автомобилей обычного исполнения обзорность зимой через лобовое стекло при температуре до -35 °С не превышает 71 % обзорности в летнее время, а при дальнейшем понижении температуры уменьшается.

Это обстоятельство накладывает особые требования к размещению дорожных знаков в зоне видимости водителя и заслуживает специального изучения.

Существенное влияние на состояние систем автомобиля, обеспечивающих безопасность движения, оказывают метеорологические факторы. Например, в автомобильных шинах и деталях, изготовленных из резины и находящихся под нагрузкой, при низких температурах возникают остаточные деформации вследствие потери упругости, что способствует ухудшению их сцепления с поверхностью дороги и ведет к буксованию ведущих колес на участках дорог, по-

крытых снегом или гололедом. У автомобилей, имеющих пневмический привод тормозов, скопление и замерзание конденсата воды в приборах и магистралях тормозной системы зимой может приводить к закупорке их и к отказу в работе [14].

Под воздействием метеорологических условий изменяются мощностные и экономические показатели работы двигателей, поэтому за стандартные атмосферные условия испытания автомобилей принимаются: барометрическое давление 760 мм рт. ст., температура воздуха +200 °С, относительная влажность 50 %.

С учетом разнообразия природно-климатических условий предложен ряд схем деления территории страны на климатические зоны с точки зрения эксплуатации автомобилей [2, 15].

Наибольшее влияние погодно-климатические факторы оказывают на изменение геометрических параметров и транспортно-эксплуатационных характеристик дорог. Установлено, что каждому состоянию метеорологических условий и каждому периоду года соответствуют характерные состояния автомобильных дорог и условий движения, которые зависят от их технического уровня и содержания [2].

Условия движения на дорогах в период действия неблагоприятных метеорологических явлений значительно сложнее, чем в летний период при сухом, чистом покрытии и обочинах. Различия определяются целым рядом факторов, основными из которых являются:

- снижение сцепных качеств, изменение механического взаимодействия автомобиля с дорогой и ухудшение ровности покрытия под воздействием осадков, гололеда, тумана, повышенной влажности воздуха и других факторов;
- увеличение сопротивления движению за счет отложений снега, грязи, гололеда, появления неровностей на дороге, в результате чего сокращается свободная мощность двигателя автомобиля;
- изменение внешнего вида и очертания проезжей части и обочин, изменение параметров поперечного профиля за счет снежных отложений и образования полос наката, что приводит к изменению восприятия дороги водителем;
- уменьшение метеорологической видимости в периоды туманов, осадков, пурги, пыльных бурь, слепящего действия солнца, изменяющее восприятие условий движения водителем;
- ухудшение эксплуатационно-технических качеств автомобиля и прежде всего систем обеспечения удобства и безопасности движения, к которым относится тормозная система, рулевое управление, система обеспечения обзорности и видимости, сигнальная система.

Следовательно, можно выделить благоприятные и неблагоприятные для движения периоды года, состояния дорог и метеорологические условия.

Под благоприятными понимаются такие условия движения, дорожные и метеорологические условия, отрицательные воздействия которых легко компенсируются за счет изменения режима работы автомобиля и нервно-эмоциональной напряженности водителя без снижения общей надежности, производительности и эффективности функционирования комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда» и режима движения.

Состояние условий движения, дорожных и метеорологических условий, которые не могут быть компенсированы изменениями режима работы автомобиля и водителя, называются неблагоприятными.

Наиболее часто неблагоприятными будут условия движения в зимний и осенне-весенний периоды года, а условия движения в летний период – только частным, наиболее легкими случаем взаимодействия всех систем и функционирования комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда».

К зимнему можно отнести период, характеризующийся устойчивой средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С (рис. 4). В некоторых случаях под зимним подразумевают период с момента образования устойчивого снежного покрова до момента его схода. Сопоставление показывает, что длительность периода устойчивости среднесуточной температуры ниже 0 °С и периода сохранения снежного покрова отличается в целом на 5–10 дней, что не имеет принципиального значения.

На большей части территории страны зимний период является самым длительным (таблица).

Переходные периоды – это осенний и весенний периоды с неустойчивой погодой, при которой наблюдаются осадки всех видов (твердые, жидкие и смешанные). Весенним считается период со средней температурой воздуха от 0 °С до плюс 15 °С. В целом продолжительность этого периода, отличающегося резкими переходами от потеплений к похолоданиям, колеблется от 30 до 80 дней.

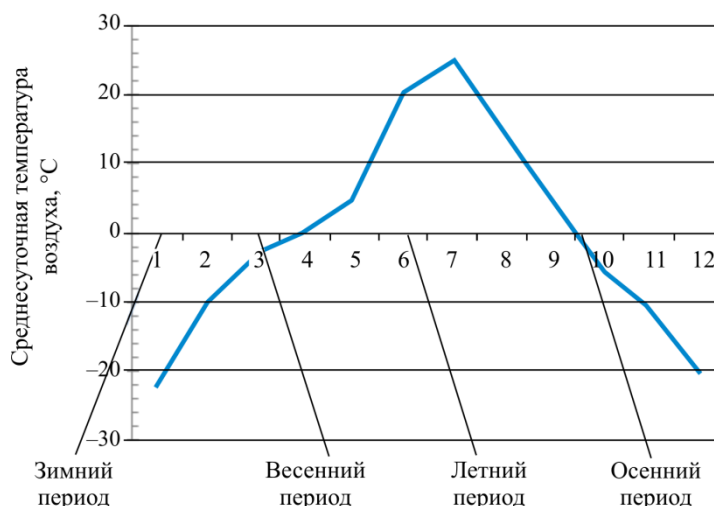


Рис. 4. Характерные периоды года по условиям движения

Длительность зимнего периода

Число дней со снежным покровом	более 200	220–260	180–220	140–280	100–140	60–100	20–60	менее 20
Площадь территории страны, %	2,5	22,7	26,1	34,5	4,4	6,4	1,3	1,5

Летний сезон ограничивается датами перехода средней суточной температуры через +15 °С в период повышения весной и понижения осенью, летом; увеличивается количество осадков, но сокращается продолжительность их выпадения.

Осенним переходным периодом принято считать период, характеризующийся понижением температуры от +15 °С до 0 °С, сокращением длительности дня, увеличением пасмурности, частыми дождями. Общее количество осадков в осенний период меньше, чем летом, но продолжительность их выпадения значительно больше. Продолжительность осеннего переходного периода на территории страны колеблется в широких пределах и составляет от 70 до 120 дней.

**Выводы**

В результате проведенных исследований выявлено, что метеорологические условия являются основными внешними факторами, воздействующими на все системы комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда». Однако водитель и автомобиль значительно лучше защищены от непосредственного воздействия метеорологических явлений, чем дорога и прежде всего ее поверхность. Следовательно, задача проектирования дорог, транспортные качества которых остаются высокими при неблагоприятных погодных-климатических условиях, остается актуальной.

**Список литературы**

1. Адил Али Башир Фадель Эль Мула Оценка транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных лесовозных дорог в системе автоматизированного проектирования: дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 1999. – 183 с.

2. Козлов В.Г. Методы, модели и алгоритмы проектирования лесовозных автомобильных дорог с учетом влияния климата и погоды на условия движения: дис. ... д-ра техн. наук. – Архангельск, 2017. – 406 с.
3. Курьянов В.К., Кондрашова Е.В., Допперт В.А. Теоретические основы моделирования подсистемы «дорога – транспортные потоки» // Деп. в ВИНТИ РАН 16.02.2009, № 76-V2009. – Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия. – 2009. – 28 с.
4. Писцов А.В., Петров А.И. Сезонное изменение пропускной способности сечения улично-дорожной сети города // Научное обозрение. – 2015. – № 10-12. – С. 410–416.
5. Кондрашова Е.В., Лобанов Ю.В., Гниломедов Р.А. Повышение качества лесовозных автомобильных дорог // Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2009. – С. 293–298.
6. Бурмистрова О.Н., Пильник Ю.Н., Сушков С.И. Проектирование лесных автомобильных дорог в системе CREDO дороги. – Ухта, 2016. – 103 с.
7. Traffic flow simulation / K. Park, Y. Hwang, S. Seo, M. Asce, H. Seo // Journal of Construction Engineering and Management. – 2003. – № 129 (1). – P. 25–31.
8. Куракина Е.В. Экспертная характеристика автомобильной дороги в дорожно-транспортной экспертизе // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 81–85.
9. Кондрашова Е.В., Скворцова Т.В., Тарарыков А.В. Моделирование движения транспортного потока для оценки транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог // Информационные технологии моделирования и управления. – 2008. – № 6 (49). – С. 720–725.
10. Кондрашова Е.В. Оценка транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных лесовозных дорог в системе автоматизированного проектирования: дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2004. – 291 с.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.
12. Комплексная оценка транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог / А.С. Прокопец, А.С. Сергеев, Б.С. Юшков, С.И. Сушков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2016. – Т. 3, № 3 (6). – С. 370–375.
13. Basic principles of reliability design for technical system / O.V. Berestnev, Y.L. Soliterman, A.M. Goman, D.O. Teteryukov // Proceeding of the 2004 the Eleventh World Congress in Mechanism and Machine Science. – China. Tianjin, 2004. – P. 2222–2225.
14. Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision / A.V. Skrypnikov, S.V. Dorokhin, V.G. Kozlov, E.V. Chernyshova // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 2. – P. 511–515.
15. Method of Individual Forecasting of Technical State of Logging Machines / V.G. Kozlov, V.A. Gulevsky, A.V. Skrypnikov, V.S. Logoyda, A.S. Menzhulova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 327(4), 042056. DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042056

#### References

1. Adil Ali Bashir Fadel El Mula Otsenka transportno-ekspluatatsionnykh kachestv avtomobilnykh lesovoznykh dorog v sisteme avtomatizirovannogo proyektirov [An assessment of the transport-operational qualities of the car logging roads in the system of the automated designing]. Ph. D. thesis. Voronezh, 1999, 183 p.
2. Kozlov V.G. Metody, modeli i algoritmy proyektirovaniya lesovoznykh avtomobilnykh dorog s uchetom vliyaniya klimata i pogody na usloviya dvizheniya [Methods, models and algorithms of design of logging roads taking into account the influence of climate and weather on traffic conditions]. Doctor's degree dissertation. Arkhangelsk, 2017, 406 p.
3. Kurianov V.K., Kondrashova E.V., Doppert V.A. Teoreticheskiye osnovy modelirovaniya podsistemy "doroga-transportnyye potoki" [Theoretical bases of modeling of the subsystem " road-traffic flows"]. Dep. v VINITI RAN 16.02.2009, no. 76-V2009. – VGLA, Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya. – 2009. – 28 p.
4. Pistsov A.V., Petrov A.I. Sezonnoye izmeneniye propusknoy sposobnosti secheniya ulichno-dorozhnoy seti goroda [Seasonal change in the capacity of the cross-section of the city road network]. *Nauchnoye obozreniye*, 2015, no. 10-12, pp. 410-416.

5. Kondrashova E.V., Lobanov Yu.V., Gnilomedov R.A. Povysheniye kachestva lesovoznykh avtomobilnykh dorog [Improving the quality of timber roads]. *Resursosberegayushchiye i ekologicheski perspektivnyye tekhnologii i mashiny lesnogo kompleksa: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Voronezh, Voronezhskaya gos. lesotekhn. akad.* – 2009, pp. 293-298.
6. Burmistrova O.N., Pilnik Yu.N., Sushkov S.I. Proyektirovaniye lesnykh avtomobilnykh dorog v sisteme SREDO dorogi [Design of forest roads in the CREDO road system]. Ukhta, 2016, 103 p.
7. Park K., Hwang Y., Seo S., Asce M. and Seo H. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, no. 129 (1), pp. 25–31.
8. Kurakina E.V. Ekspertnaya kharakteristika avtomobilnoy dorogi v dorozhno-transportnoy ekspertize [Expert characteristics of the road in road transport expertise]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 5, pp. 81-85.
9. Kondrashova E.V., Skvortsova T.V., Tararykov A.V. Modelirovaniye dvizheniya transportnogo potoka dlya otsenki transportno-ekspluatatsionnykh kachestv lesovoznykh avtomobilnykh dorog [Modeling of traffic flow to assess the transport and operational qualities of logging roads]. *Informatsionnyye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya*, 2008, no. 6, pp. 720-725.
10. Kondrashova E.V. Otsenka transportno-ekspluatatsionnykh kachestv avtomobilnykh lesovoznykh dorog v sisteme avtomatizirovannogo proyektirovaniya [An assessment of the transport-operational qualities of the car logging roads in the system of the automated designing]. Ph. D. thesis. Voronezh, 2004, 291 p.
11. Venttsel E.S. Probability theory. M.: KNORUS. 2010, 664 p.
12. Prokopets A.S., Sergeev A.S., Yushkov B.S., Sushkov S.I. Kompleksnaya otsenka transportno-ekspluatatsionnykh kachestv lesovoznykh avtomobilnykh dorog [Complex assessment of transport and operational qualities of timber roads]. *Alternativnyye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy kompleks: problemy i perspektivy ratsionalnogo ispolzovaniya*, 2016, no. 3 (6), pp. 370-375.
13. Berestnev O.V., Soliterman Y.L., Goman A.M., Teteryukov D.O. Basic principles of reliability design for technical system. *Proceeding of the 2004 the Eleventh World Congress in Mechanism and Machine Science*. China. Tianjin, 2004, pp. 2222-2225.
14. Skrypnikov A.V., Dorokhin S.V., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical model of statistical identification of car transport informational provision, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, no. 2, pp. 511-515.
15. Kozlov V.G., Gulevsky V.A., Skrypnikov A.V., Logoyda V.S., Menzhulova A.S. Method of Individual Forecasting of Technical State of Logging Machines, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, no. 327(4), 042056. DOI:10.1088/1757-899X/327/4/042056.

Получено 15.11.2018

#### Об авторах

**Козлов Вячеслав Геннадиевич** (Воронеж, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация транспортных и технологических машин» Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, e-mail: vya-kozlov@yandex.ru).

**Скрыпников Алексей Васильевич** (Воронеж, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационная безопасность» Воронежского государственного университета инженерных технологий (394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru).

**Абасов Максим Александрович** (Воронеж, Россия) – экстерн кафедры «Информационная безопасность» Воронежского государственного университета инженерных технологий (394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, e-mail: svsafe@mail.ru).

**Никитин Владимир Валентинович** (Воронеж, Россия) – докторант кафедры «Информационная безопасность» Воронежского государственного университета инженерных технологий (394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, e-mail: svsafe@mail.ru).

**Самцов Вадим Викторович** (Воронеж, Россия) – экстерн кафедры «Информационная безопасность» Воронежского государственного университета инженерных технологий (394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, e-mail: svsafe@mail.ru).

#### About the authors

**Vyacheslav G. Kozlov** (Voronezh, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Operation of Transport and Technological Machines, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (1, Michurin st., Voronezh, 394087, Russian Federation, e-mail: vya-kozlov@yandex.ru).

**Alexey V. Skrypnikov** (Voronezh, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Information Security, Voronezh state University of Engineering Technologies (19, Revolution av., Voronezh, 394036, Russian Federation, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru).

**Maxim A. Abasov** (Voronezh, Russian Federation) – External, Department of Information Security, of Voronezh State University of Engineering Technologies (19, Revolution av., Voronezh, 394036, Russian Federation, e-mail: svsafe@mail.ru).

**Vladimir V. Nikitin** (Voronezh, Russian Federation) – Doctoral Student, Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies (19, Revolution av., Voronezh, 394036, Russian Federation, e-mail: fe@mail.ru).

**Vadim V. Samtsov** (Voronezh, Russian Federation) – External, Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies (19, Revolution av., Voronezh, 394036, Russian Federation, e-mail: svsafe@mail.ru).