

Повышение эффективности автотранспортных средств в АПК совершенствованием методов контроля и управления

Татьяна Ивановна Белова¹, Роман Владимирович Шкрабак², Владимир Степанович Шкрабак², Елена Васильевна Старченко³
¹ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», Брянская область, с. Кокино, Россия, belova911@mail.ru
²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург-Пушкин, Россия, shkrabakrv@mail.ru
³ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, Россия, elena19191911@yandex.ru

Аннотация В Российской Федерации парк грузовых автомобилей составляет около 3,78 млн, среди которых самым популярным и востребованным является автомобиль КАМАЗ, что составляет 25 % от общего объема. В сельском хозяйстве задействовано порядка 278 тыс. автомобилей указанных машин, которые передвигаются по внутрихозяйственным автомобильным дорогам (местные автомобильные дороги, расположенные в границах сельского поселения, предназначенные для транспортного обслуживания объектов по производству, переработке и сбыту сельскохозяйственной и иной продукции). Анализ исследованных факторов повышения безопасности водителей сельскохозяйственных автотранспортных средств (САТС) дает возможность моделирования различных сценариев развития травмоопасных ситуаций в условиях сельскохозяйственного производства. Для обеспечения безопасности водителей САТС используются системы и средства пассивной, активной и превентивной защиты. Пассивные системы и средства защиты водителя зависят от конструктивных и эксплуатационных свойств автомобиля, направленных на снижение тяжести аварии. Активные системы и средства защиты водителя зависят от конструктивных и эксплуатационных свойств автомобиля, направленных на предотвращение и снижение вероятности опасной ситуации. Превентивные системы и средства защиты водителя призваны избежать столкновения автомобилей, а если оно произошло – уменьшить тяжесть аварии. К основным из них относятся системы и устройства, основанные на ультразвуковом излучении, предназначены для снижения риска травмирования водителей за счет более точного определения длины тормозного пути и предупреждения столкновения автотранспортных машин. Существующие способы и устройства определения тормозного пути и предотвращения столкновений САТС не дают возможности визуального контроля за сигналами впереди (сзади или рядом) идущих автомобилей и соответствующей реакции на них в случае плохой видимости или при движении группы автомобилей, выработки управляющих сигналов и выдачи одновременно нескольких рекомендаций водителю, требуют дополнительной установки спутниковых навигационных систем и множества интегрированных модулей устройства, исключают своевременное включения тормозной системы из-за отсутствия исполнительного механизма автоматического включения тормозной системы и датчика усилия нажатия на педаль тормоза, а также психофизиологических особенностей водителя транспортного средства, что снижает оперативность реагирования при возникновении препятствия.

Ключевые слова: повышение эффективности; автотранспортные средства в АПК; безопасная дистанция; тормозной путь; риск столкновения; устройство контроля и управления; вредные и опасные производственные факторы; безопасность водителей.

Для цитирования: Белова Т. И., Шкрабак Р. В., Шкрабак В. С., Старченко Е. В. Повышение эффективности автотранспортных средств в АПК совершенствованием методов контроля и управления // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 86–90. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp86-90>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Improving the efficiency of vehicles in the agro-industrial complex by improving control and management methods

Tatiana I. Belova¹, Roman V. Shkrabak², Vladimir S. Shkrabak², Elena V. Starchenko³

¹Bryansk State Agrarian University, Kokino village, Bryansk region, Russia, belova911@mail.ru

²St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg-Pushkin, Russia, shkrabakrv@mail.ru

³Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, Bryansk, Russia, elena19191911@yandex.ru

Abstract. In the Russian Federation, 30 % of all road accidents (accidents) occur on non-paved roads, 90 % of which are intended for local use. In the Bryansk region, 35 % of accidents occur on non-paved roads, all of which are intended for local use, including on-farm highways (local highways located within the boundaries of a rural settlement, intended for transport services of facilities for the production, processing and marketing of agricultural and other products). The analysis of the above factors for improving the safety of drivers of agricultural vehicles (SATS) makes it possible to model various scenarios for the development of traumatic situations in conditions of agricultural production. To ensure the safety of SAT drivers, systems and means of passive, active and preventive protection are used. Passive systems and means of protection of the driver depend on the design and operational properties of the car, aimed at reducing the severity of the accident. Active systems and means of protection of the driver depend on the design and operational properties of the car, aimed at preventing and reducing the likelihood of a dangerous situation. Preventive systems and means of protection of the driver are designed to avoid a collision of cars, and if it occurred - to reduce the severity of the accident. The main ones include systems and devices based on ultrasonic radiation, designed to reduce the risk of injury to drivers by more accurately determining the length of the braking distance and preventing collisions of motor vehicles. The existing methods and devices for determining the braking distance and preventing collisions of SATS do not allow visual monitoring of signals in front (behind or next to) walking cars and an appropriate response to them in case of poor visibility or when driving a group of cars, generating control signals and issuing several recommendations to the driver at the same time, require additional installation of satellite navigation systems and a variety of integrated modules of the device, timely activation of the braking system is excluded due to the absence of an actuating mechanism for automatic activation of the braking system and a sensor for the force of pressing the brake pedal, as well as the psychophysiological characteristics of the driver of the vehicle, which reduces the responsiveness in the event of an obstacle.

Keywords: efficiency improvement; vehicles in the agro-industrial complex; safe distance; braking distance; collision risk; monitoring and control device; harmful and dangerous production factors; driver safety.

For citation: Belova T. I., Shkrabak R. V., Shkrabak V. S., Starchenko E. V. Improving the efficiency of vehicles in the agro-industrial complex by improving control and management methods // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(3): 86–90. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp86-90>





Введение. Наиболее часто столкновения сельскохозяйственных автотранспортных машин (САТС) происходят из-за неверного определения и несоблюдения безопасной дистанции (БД) между ними. Водители не соблюдают БД по причине нарушения правил безопасности или неверного ее определения. В свою очередь, точность определения БД зависит от отсутствия информации о длине тормозного пути, точности ее определения, от изменяющихся во времени условий эксплуатации, и психофизиологического состояния водителя [1–6].

Дополнительными факторами воздействия на водителей являются отсутствие или несвоевременное оповещение торможения автотранспортных средств при угрозе столкновения; плотное движение с высокой скоростью в одном транспортном потоке машин с различной длиной тормозного пути; внезапное торможение автотранспортных средств; отсутствие реальной информации об опасностях, возникающих на дороге; приведение в действие тормозной системы с опозданием; отсутствие информации о тормозном пути автотранспортной машины по причине его низкой точности определения до выхода в рейс и во время движения [7–11].

Цель исследования – повышение эффективности автотранспортных средств за счет совершенствования методов контроля и управления.

Методика исследований. В соответствии с целью исследования САТС эффективность характеризуется безопасной дистанцией [12], которая зависит от скорости движения и может быть определена по схеме рис. 1.

Для проведения расчета по нахождению величины безопасной дистанции L – можно использовать аналитическую зависимость:

$$L_0 = l_1 + S_T + l_0 = \frac{V_p}{3,6} + \frac{k_r V_p^2}{254(\varphi_{пр} + f_k)} + l_0, \text{ м} \quad (1)$$

где l_1 – расстояние, проходимое САТМ за время реакции водителя, м; S_T – тормозной путь, м; l_0 – дистанция безопасности между автотранспортными машинами при остановке, м.

С целью повышения эффективности автотранспортных средств и с учетом разработанной модели обеспечения безопасности [13–16], рассматриваются блоки *C* и *D*, характеризующиеся эффективностью использования существующих и предлагаемых технических средств безопасности, соответственно, в дорожных условиях.

Существующие способы и устройства определения тормозного пути и предотвращения столкновений САТС имеют следующие недостатки:

отсутствие возможности визуального контроля за сигналами впереди (сзади или рядом) идущих автомобилей и соответствующей реакции на них в случае плохой (ограниченной) видимости или при движении группы автомобилей, что может привести к возникновению аварийной ситуации на дороге;

сложность выработки управляющих сигналов и выдачи одновременно нескольких рекомендаций водителю, что способно привести его к неправильной оценке ситуации, в том числе к игнорированию информации.

необходимость дополнительной установки спутниковых навигационных систем и множества интегрированных модулей устройства, которые формируют диаграммы направленности импульсного дальномерного оптического локатора, что может привести к усложнению системы и повышению ее стоимости.

С учетом имеющихся недостатков предлагается перспективное устройство контроля и управления САТС, схема которого приведена на рис. 2, а.

Во время установки предлагаемого устройства контроля и управления в целях определения тормозного пути и безопасной между САТС, выбирается ее модель, и с помощью персонального компьютера производит запись базовых параметров эффективности тормозной системы автомобиля. При движении в непрерывном режиме происходит обработка сигналов с датчиков угловых скоростей колес 1, установленных на колесах САТС, метеодатчиков 2, датчика усилия нажатия на педаль тормоза 3 и датчика ускорения 8, с помощью которого определяется наличие ускорения в вертикальной оси САТС в целях определения качества дорожного покрытия. На основе их сигналов и введенных констант в электронном блоке 4 определяется скорость движения каждого из колес, качество дорожного полотна, скорость срабатывания тормозной системы (скорость начала торможения каждого из колес, а также работоспособность тормозной системы автомобиля), рассчитывается коэффициент замедления САТС.

На основе предлагаемого устройства контроля и управления САТС была разработана экспериментальная установка по определению безопасной дистанции между ними (рис. 2, б), которая включает в себя следующие элементы:

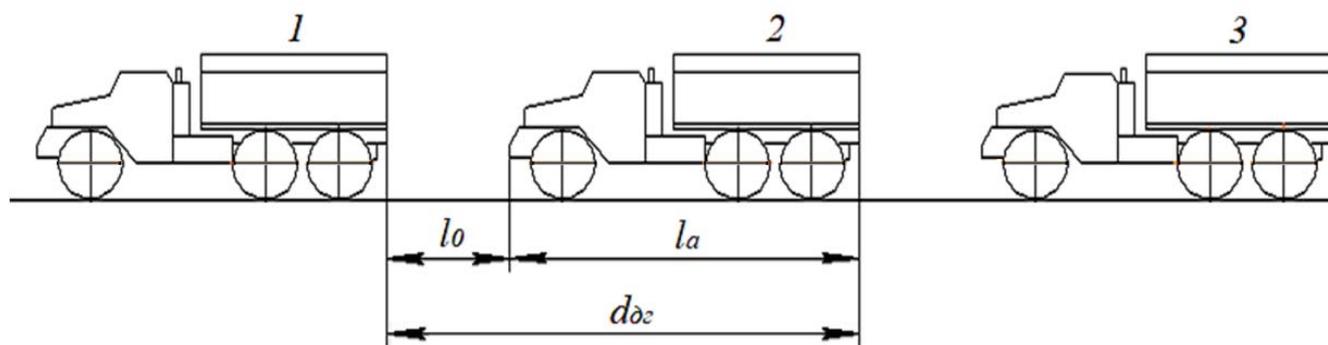


Рис. 1. Расчетная схема для определения безопасной дистанции при движении САТС: ведущей (1), ведомой – ведущей (2), ведомой (3), l_0 – дистанция безопасности между САТС при остановке; l_a – средняя габаритная длина САТС

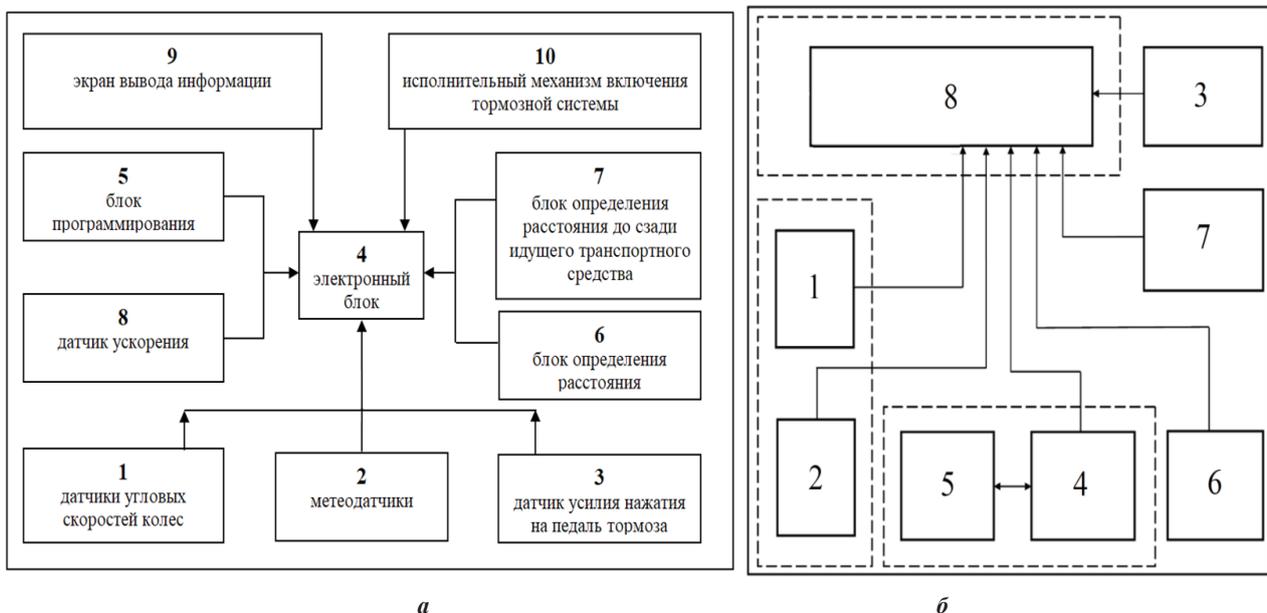


Рис. 2. Устройство контроля и управления САТС (а); экспериментальная установка по определению безопасной дистанции между САТС (б)

блоки измерения дистанции до впереди 1 и сзади 2 идущих транспортных средств; блок метеодатчиков 3; блок управления системой торможения 4; система торможения 5, включающая в себя пневматический клапан и датчик избыточного давления; блок измерения усилия на педаль тормоза 6, представляющий собой тензодатчик, монтируемый под эластичную накладку педали тормоза и усилитель с формирователем интерфейса; блок считывания сигналов с датчиков положения колес 7; головное устройство с экраном и органами управления 8, на котором предусматривается отображения измеряемых и определяемых параметров, а также светозвуковая индикация критического приближения.

Работа всех модулей установки предусматривается по общему синхронному интерфейсу, считывание или передача информации по нему предусматривается в опросном режиме: вызов модуля, передача команды, получение ответа.

Первоначально, при инициализации системы происходит опрос всех модулей на готовность (самотестирование системы). При отсутствии сигнала от какого либо модуля или сигнал об его ошибке, головное устройство уведомляет об этом водителя и начинает действовать в аварийном режиме вычисляя значение дистанции используя консервативный подход.

После самотестирования экспериментальной установки происходит опрос всех датчиков для сбора первоначальных данных. При этом предусматривается вывод дистанции до впереди идущего и сзади идущего транспортных средств на головном устройстве.

Блоки измерения дистанции до впереди идущего и сзади идущего транспортных средств разработаны на основе принципа радиоволнового радара, монтаж которых предусматривается спереди и сзади автомобиля.

Блок метеодатчиков включает в себя датчик дождя, выносимый на поверхности автомобиля, которые смачиваются во время дождя и блок определения температуры, влажности и атмосферного давления, подлежащий монтажу вне кабины в местах, в которых отсутствует воздействие атмосферных осадков.

Блок управления системой торможения и система торможения работают в паре. При получении команды начала процесса аварийного торможения блок управления системой торможения с помощью широтно-импульсной модуляции приоткрывает пневматический клапан, тем самым подавая сжатый воздух в тормозную магистраль. Осуществление регулирования подачи воздуха предусматривается с помощью датчика избыточного давления. В случае если водитель начнет самостоятельное торможение, блок измерения усилия на педаль тормоза автоматически подаст сигнал на блок управления системой торможения, в результате чего пневматический клапан закроется.

Оптимальные параметры выходного процесса $R_{\text{тр}}(t)$ при эффективности $K_{\text{эф}}$, оказывающих влияние на показатель безопасности функционирования САТС $[A(\omega)]^2$ в условиях эксплуатации, можно получить:

$$[R_{\text{тр}}^{\text{опт}}(t)] = \{f_2 R_{\text{ст}}(t), [A(\omega)]^2\} = \varphi(t_{\text{ср}}). \quad (2)$$

Оптимальные параметры выходного процесса $R_{\text{тр}}(t)$ блока D [17] невозможно определить при получении заболеваний с инвалидным и смертельным исходами. Поэтому предложено использовать зависимость $[R_{\text{тр}}^{\text{опт}}(t)] = f_2(t_{\text{ср}})$, которая представлена на рис. 3.

Результаты исследований. Согласно рабочей гипотезы риск производственной травмы в условиях эксплуатации САТС $R_{\text{тр}}$ определяется из выражения

$$R_{\text{тр}} = R_{\text{ст1}} R_{\text{ст2}} \quad (3)$$

где $R_{\text{ст1}}$ – риск столкновения САТС при использовании предлагаемых устройств контроля и управления; $R_{\text{ст2}}$ – риск столкновения САТС в условиях эксплуатации.



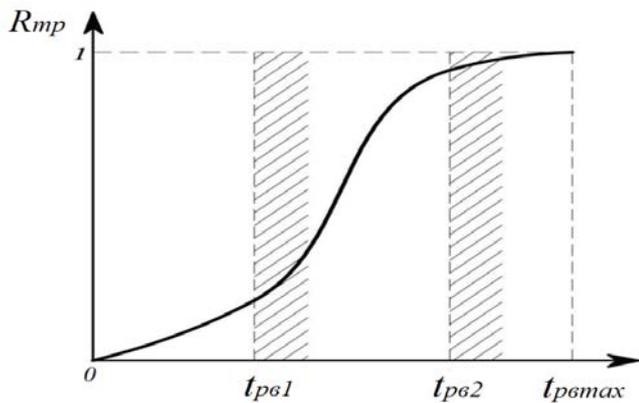


Рис. 3. Зависимость $R_{mp} = \varphi(t_{pe})$ предлагаемого устройства контроля и управления САТС; t_{pe1} – время реакции водителя с использованием устройства контроля и управления САТС; t_{pe2} – время реакции водителя при рядовых условиях эксплуатации САТС

Эффективность функционирования САТС \mathfrak{E}_ϕ можно оценить по следующей формуле:

$$\mathfrak{E}_\phi = \mathfrak{E}_{\phi 1} \mathfrak{E}_{\phi 2}; \quad (4)$$

$$\mathfrak{E}_\phi = R_{16} R_{26} / R_1 R_2, \quad (5)$$

где R_{16} – риск столкновения САТС без учета условий эксплуатации; R_{26} – риск столкновения САТС при отсутствии устройства контроля и управления; R_1 – риск столкновения САТС с учетом условий эксплуатации; R_2 – риск столкновения САТС при использовании устройства контроля и управления; $\mathfrak{E}_{\phi 1}$ – эффективность от выбора скоростного режима САТС; $\mathfrak{E}_{\phi 1} = R_{16} / R_1$; $\mathfrak{E}_{\phi 2}$ – эффективность от использования устройства контроля и управления САТС; $\mathfrak{E}_{\phi 2} = R_{26} / R_2$.

Таким образом, повышение эффективности автотранспортных средств в АПК можно обеспечить за счет совершенствования условий эксплуатации и устройства контроля и управления.

Заключение. Разработанная модель и алгоритм функционирования сельскохозяйственных автотранспортных средств в условиях деформируемого грунта и грунтовой дороги позволяет учесть факторы, влияющие на риск травмирования водителей в условиях нетвердого дорожного покрытия и получить рекомендуемые параметры безопасности за счет повышения эффективности защиты предлагаемого устройства контроля и управления машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевцова А. Г. Расчетный метод учета погодных-климатических факторов при определении показателей дорожного покрытия для прецизионного управления транспортными потоками // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 6(89). С. 190-195.
2. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of Applied Engineering Science. 2021. Vol. 19. No. 1. P. 30-36. DOI 10.5937/jaes0-26642.
3. Шевцова А. Г. Математический анализ определенных показателей безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18. № 6(82). С. 700-711. DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.
4. Оценка технико-эксплуатационных свойств автомобильных дорог с учетом аварийности / А. А. Юнг [и др.] // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2020. № 3(42). С. 258-261. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42801591>.
5. Старченко Е.В. Обоснование причин травматизма водителей грузовых автомобилей в сельскохозяйственном производстве // Безопасный и комфортный город: сб. науч. трудов по материалам III Всерос. науч.-практ. конф. Орёл, 2019. С. 266-271. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41868496>.
6. Старченко Е.В., Кончиц С. В. Проблема безопасности водителей грузового автотранспорта в дорожных условиях сельскохозяйственного производства // Безопасный и комфортный город: сб. науч. трудов по материалам III Всерос. науч.-практ. конф. Орёл, 2019. С. 272-276. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41868498>.
7. Кожуховская Л. Я., Диков А. А. Анализ факторов, определяющих безопасность дорожного движения автомобиля по полевым дорогам // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2020. № 3(42). С. 208-212. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42801576>.
8. Новиков А. Н., Кущенко Л. Е., Кущенко С. В., Новиков И. А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2(85). С. 222-231. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231.
9. Кущенко Л. Е., Кравченко А. А., Рыжкин П. П., Королева Л. А. Влияние состояния качества автомобильных дорог на ДТП // Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 1(68). С. 49-58. DOI 10.33979/2073-7432-2020-68-1-49-58.
10. Сухов С.С. Снижение риска травмирования водителя совершенствованием методики расчета тормозной динамики автотранспортного // Качество и жизнь. 2019. № 2(22). С. 124-128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39264117>.
11. Сухов С.С. Предотвращение столкновения и снижения риска травмирования водителей автотранспортных средств созданием системы активной безопасности // Вестник НЦБЖД. 2019. № 1(39). С. 130-134. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37197050>.
12. Increasing The Safety of the Vehicle Driver Using the Braking Distance Detectors / Т. I. Belova et al. // Natural Volatiles and Essential Oils. 2021. Vol. 8. No. 4. P. 7830-7839. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47281200>.
13. Белова Т.И., Сухов С. С., Растягаев В. И., Старченко Е. В. Определение параметров безопасности автотранспортных машин в условиях нетвердого дорожного покрытия // Вестник НЦБЖД. 2020. № 1(43). С. 83-92. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42524486>.
14. Повышение безопасности водителей грузового автомобильного транспорта в сельскохозяйственном производстве / Т. И. Белова [и др.] // Вестник НЦБЖД. 2019. № 4(42). С. 67-75. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41664879>.
15. Моделирование транспортных потоков на основе нечеткой логики / А. С. Бобешко [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 4(59). С. 89-98.
16. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И. А. Новиков [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. 2019. № 3(66). С. 58-64. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40080947>.
17. Оценка эффективности снижения рисков столкновения сельскохозяйственных автотранспортных машин и травмирования водителей / Т.И. Белова [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4(48). С. 95-102. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41803190>.



REFERENCES

1. Shevtsova A. G. Calculation method of accounting for weather and climatic factors in determining road surface indicators for precision traffic flow control *Bulletin of civil engineers*. 2021; 6(89): 190-195.
2. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor. *Journal of Applied Engineering Science*. 2021; 19; 1: 30-36. DOI 10.5937/jaes0-26642.
3. Shevtsova A. G. Mathematical analysis of certain indicators of road safety in the Russian Federation *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University*. 2021; 18; 6(82): 700-711. DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.
4. Assessment of technical and operational properties of highways taking into account accidents / A. A. Jung et al. *Technical regulation in transport construction*. 2020; 3(42): 258-261. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42801591>.
5. Starchenko E.V. Justification of the causes of injuries of truck drivers in agricultural production. *Safe and comfortable city*. Orel, 2019: 266-271. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41868496>
6. Starchenko E.V., Konchits S. V. The problem of safety of truck drivers in road conditions of agricultural production. *Safe and comfortable city*. Orel, 2019: 272-276. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41868498>.
7. Kozhukhovskaya L. Ya., Dikov A. A. Analysis of factors determining the safety of road traffic of a car on field roads. *Technical regulation in transport construction*. 2020; 3(42): 208-212. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42801576>.
8. Novikov A. N., Kushchenko L. E., Kushchenko S. V., Novikov I. A. Analysis of existing methods for assessing the probability of an accident on sections of the city's road network. *Bulletin of Civil Engineers*. 2021; 2(85): 222-231. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231.
9. Kushchenko L. E., Kravchenko A. A., Ryzhkin P. P., Koroleva L. A. The influence of the state of road quality on road accidents. *The world of transport and technological machines*. 2020; 1(68): 49-58. DOI 10.33979/2073-7432-2020-68-1-49-58.
10. Sukhov S.S. Reducing the risk of injury to the driver by improving the methodology for calculating the braking dynamics of a vehicle. *Quality and life*. 2019; 2(22): 124-128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39264117>
11. Sukhov S. S. Prevention of collision and reduce the risk of injury to drivers of motor vehicles to develop a system of active safety. *Vestnik NTSBGD*. 2019; 1(39): 130-134. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37197050>
12. Increasing The Safety of the Vehicle Driver Using the Braking Distance Detectors / T. I. Belova et al. *Natural Volatiles and Essential Oils*. 2021; 8; 4: 7830-7839. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47281200>.
13. Belova T.I., Sukhov S. S., Rastyagaev V. I., Starchenko E. V. Determination of safety parameters of motor vehicles in conditions of unstable pavement. *Bulletin NTSBGD*. 2020; 1(43): 83-92. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42524486>
14. Improving the safety of drivers of road freight transport in agricultural production / T. I. Belova et al. *Vestnik NTSBGD*. 2019; 4(42): P. 67-75. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41664879>
15. Simulation of traffic flow based on fuzzy logic / A. S. Bobesco et al. *World of transport and technological machines*. 2017; 4(59): 89-98.
16. Scientific and methodological approach to reducing accidents on the roads of the Russian Federation / I. A. Novikov et al. *The world of transport and technological machines*. 2019; 3(66): 58-64. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40080947>.
17. Evaluation of the effectiveness of reducing the risk of collision vehicles agricultural machines and injury to drivers / T. I. Belova et al. *Bulletin of agricultural science of the Don*. 2019; 4(48): 95-102. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41803190>.

Статья поступила в редакцию 08.10.2021; одобрена после рецензирования 22.10.2021; принята к публикации 11.11.2021.

The article was submitted 08.10.2021; approved after reviewing 22.10.2021; accepted for publication 11.11.2021.

