

УДК 629.07

© У. Ш. Вахидов, д-р техн. наук, зав. кафедрой

© В. С. Макаров, д-р техн. наук, доцент

© Ю. И. Молев, д-р техн. наук, доцент

© М. Г. Черевастов, аспирант

(Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия)

E-mail: umar-vahidov@mail.ru, makvl2010@gmail.com, moleff@yandex.ru, chermaxim_1978@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-2-125-132

© U. Sh. Vakhidov, Dr. Sci. Tech., Head of the Department

© V. S. Makarov, Dr. Sci. Tech., Associate Professor

© Yu. I. Molev, Dr. Sci. Tech., Associate Professor

© M. G. Cherevastov, post-graduate student

(Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia)

E-mail: umar-vahidov@mail.ru, makvl2010@gmail.com, moleff@yandex.ru, chermaxim_1978@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА АКТИВНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

IMPACT OF VEHICLE CONVERSION AIMED AT THE ACTIVE VEHICLE SAFETY

Представлены результаты анализа изменения безопасности движения транспортных средств, связанных с их недостаточной управляемостью. Предложен такой показатель изменения аварийности автомобиля, как величина отклонения его траектории движения от безопасной. Получены результаты статистического анализа влияния смещения автомобиля при маневрировании на безопасность дорожного движения. Показано влияние конструктивных параметров автомобиля на изменение траектории движения при выполнении стандартного испытания по нормам Правил ЕЭК ООН № 140 и ГТП № 8, известного как «движение по усеченной синусоиде». Приведенные данные позволили выделить наиболее значимые параметры автомобиля, влияющие на его активную безопасность, а также определить пределы их допустимого изменения, в том числе и при внесении изменений в конструкцию транспортного средства.

Ключевые слова: транспортное средство, управляемость, безопасность.

The article presents the results of the analysis of changes in the vehicle safety related to its inadequate controllability. The authors propose using such an indicator of change in the vehicle accident rate as the value of deviation of its movement trajectory from the safe one. There have been obtained results of statistical analysis showing the impact of vehicle displacement during maneuvering on road traffic safety. There is shown the influence of the vehicle design parameters on the movement trajectory change when performing the standard test according to UNECE Regulations no. 140 and GTP no. 8 known as «truncated sinusoidal motion». The given data have made it possible to identify the most significant parameters of the vehicle affecting its active safety, as well as determine the limits of the permissible changes, including those when altering the vehicle design.

Keywords: vehicle, controllability, road traffic safety.

Введение

Устойчивое развитие любого общества невозможно без совершенствования средств коммуникации между людьми, что подразумевает постоянное развитие транспортной системы. Согласно данным Росстата на сегодняшний день в России перевозится

8,8 млн тонн грузов в год и 14 млн пассажиров, из этого объема более 70 % приходится на автомобильный транспорт [1]. При этом номенклатура производимых транспортных средств не позволяет удовлетворить потребности перевозчиков в параметрах подвижного состава вследствие широкого раз-

нообразия типов грузов и условий перевозки [2]. Поэтому в настоящее время получила распространение практика изменения конструкций автомобилей под конкретные условия перевозки. Следствием такого подхода является повышенная аварийность переоборудованных транспортных средств [3–5]. Согласно данным аварийности транспортных средств, приведенным на официальном сайте Госавтоинспекции (<https://гибдд.рф/check/auto>), и их сравнению с показателями переоборудованных автомобилей, вин-коды которых были представлены экспертными организациями на основе заявлений владельцев, было установлено, что доля аварийности транспортных средств в общем потоке составляет около 5 %, а доля их участия в ДТП — 10 %. С увеличением скорости движения доля переоборудованных транспортных средств в ДТП увеличивается, достигая 24 % среди ДТП, классифицируемых сотрудниками ГИБДД как «действия водителя, который не справился с управлением», то есть причиной данных аварий было признано такое свойство системы «Водитель-Автомобиль-Дорога», как несоответствующая управляемость транспортного средства.

Методы

В настоящее время в практике автотехнических исследований обстоятельств ДТП вопросам управляемости и устойчивости автомобиля уделяется недостаточно внимания [6], так как нормативные требования к данным параметрам отсутствуют [7, 8].

В 78 % случаев ДТП, возникших в результате того, что водитель не справился с управлением (в 100 % случаях при скорости движения ниже 40 км/ч), в рамках расследования причин их возникновения составлялся акт о несоответствии состояния дорожного покрытия нормативным требованиям (чаще всего ввиду необеспечения нормативного значения сцепления колеса с дорогой и иногда несоответствия ровности покрытия [9, 10]). Данные ДТП в представленном ис-

следовании не рассматривались, так как причиной их возникновения были не параметры конструкции автомобиля, а состояние дороги. Таким образом, объектом исследования влияния управляемости автомобиля на аварийность стали 3 % ДТП с пострадавшими в Нижегородской области: около 150 ДТП в год или 750 ДТП за последние 5 лет (в данную выборку попало 79 ДТП с переоборудованными транспортными средствами). Общее количество исследованных ДТП позволило сформировать репрезентативную выборку [11].

Анализ траектории движения автомобиля на дороге, состояние которой удовлетворяло всем нормативным требованиям, а водитель, тем не менее, не справился с управлением, показало, что в 89 % случаях водитель неудачно пытался выполнить маневр перестроения автомобиля из одной полосы на другую или выполнял маневр объезда внезапно возникшего препятствия. При этом под рассматриваемую категорию попадали только те ДТП, при которых произошел выезд за пределы полосы движения. Если ДТП не удавалось избежать на первом этапе перестроения, без выезда за пределы дороги или на полосу встречного движения, то формулировка причины возникновения ДТП звучала как «не выбрал безопасную дистанцию», и в рассматриваемый массив эти происшествия не попадали [12].

В общем случае в качестве показателя степени аварийности того или иного маневра можно использовать такой показатель, как величина отклонения автомобиля от безопасной траектории. При этом в целом данная величина меняется от 0,5 до 15 м, однако для условия движения по сухой ровной асфальтовой дороге минимальное отклонение траектории, когда действия водителя были классифицированы как «не справился с управлением», составляет 0,7 м. На рис. 1 показана гамма-функция распределения вероятности попадания в ДТП, которая зави-

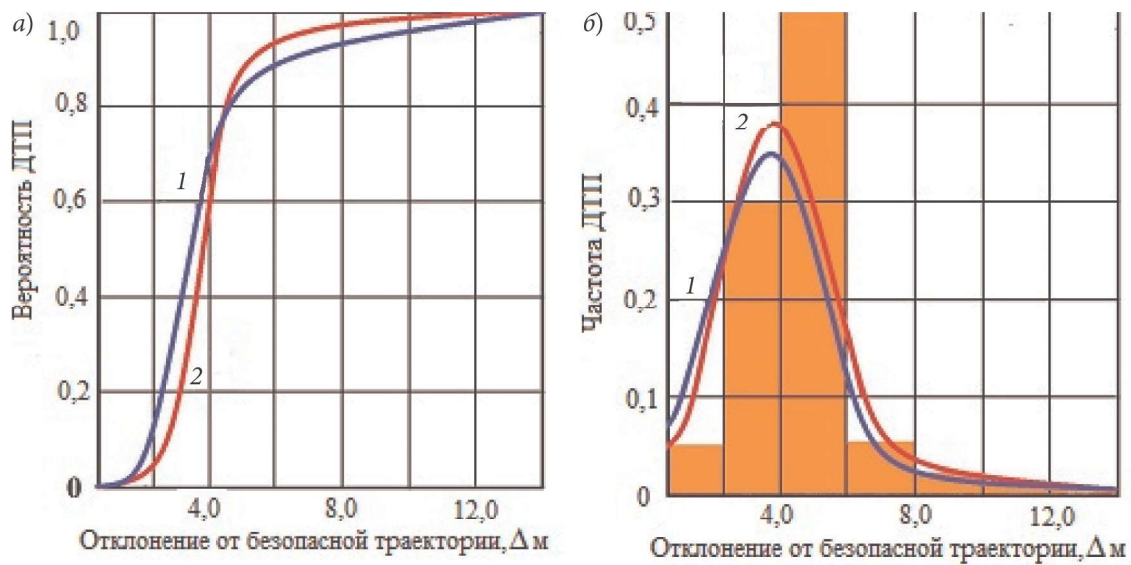


Рис. 1. Зависимость вероятности попадания в ДТП (а) и частоты попадания в ДТП (б) в зависимости от величины отклонения от безопасной траектории: 1 — общая выборка; 2 — выборка с ДТП на дорогах, соответствующих нормативным требованиям

сит от величины отклонения от безопасной траектории движения, а также представлена зависимость частоты рассматриваемых аварий от величины отклонения от безопасной траектории.

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что среднее отклонение траектории движения от безопасной перед ДТП равняется 3,5 м, эта же величина соответствовала и моде, и медиане статистического ряда. При нулевом отклонении автомобиля от безопасной траектории частота ДТП будет равняться нулю. Значения частоты ДТП при нулевом отклонении, равные от 0,05 до 0,07, являются ошибкой аппроксимации, составляющей 5–7 %. Дисперсия полученного ряда будет равна 0,8 м², а среднеквадратичное отклонение $\sigma = 0,9$ м, что полностью соответствует требованиям нормального распределения вероятности ($\Delta > 0, \sigma > 0, \sigma / \Delta = 0,9 / 3,5 = 0,25$). Интеграл от $-\infty$ до ∞ функции распределения вероятности f равняется 1 [13], а интеграл от 0 до величины отклонения траектории p как раз показывает вероятность попадания автомобиля в ДТП. Обозначив данный пока-

затель как F , получим относительную вероятность изменения аварийности транспортного средства в зависимости от отклонения от безопасной траектории на дорогах, состояние которых соответствовало всем нормативным требованиям:

$$\Omega = \frac{F_1}{F_0} = \frac{\int_0^{p_1} f dp}{\int_0^{p_0} f dp} = \frac{\int_0^{p_0} f dp + \int_{p_0}^{p_1} f dp}{\int_0^{p_0} f dp} = 1 + \frac{\int_{p_0}^{p_1} f dp}{\int_0^{p_0} f dp} = 1 + \frac{5 \frac{(p_1 - \Delta)^2}{2\sigma^2} - 5 \frac{(p_0 - \Delta)^2}{2\sigma^2}}{5 \frac{(p_0 - \Delta)^2}{2\sigma^2} - 5 \frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где p — отклонение от траектории движения; p_0 — величина отклонения траектории базового автомобиля; p_1 — величина отклонения траектории движения транспортного средства, в конструкцию которого внесены изменения.

Полученное уравнение строгого математического решения не имеет, решение же его численными методами показано на рис. 2. Полученные данные позволяют оценить степень ухудшения аварийности транспортных

средств, связанных с изменением управляемости при переоборудовании автомобилей. При этом в качестве переменных параметров могут выступать как конструкционные особенности автомобиля, так и эксплуатационные параметры, такие как скорость движения.

В настоящее время техническая управляемость автомобиля проверяется согласно методике испытаний ЭКУ по Правилам ЕЭК ООН № 140 и ГТП № 8 [14, 15], так как именно данная методика позволяет оценить реагирование транспортного средства на управляющее воздействие при отсутствии влияния на траекторию движения индивидуальных особенностей водителя.

Очевидно, что чем адекватнее и быстрее автомобиль реагирует на изменение угла поворота рулевого колеса, тем быстрее и адекватнее изменяется его угловая скорость относительно вертикальной оси (ω_2).

Траектория движения реального автомобиля, имеющего такие показатели, как длина колесной базы и положение центра масс, будут отличаться от идеальной траектории [16, 17]. Для определения реального

изменения траекторий движения автомобилей с разным набором конструктивных параметров были проведены исследования на основе имитационной модели в программном комплексе MSC.ADAMS. Основные параметры и допущения при решении данной задачи приведены в работе [18]. Результаты исследования для автомобилей ГАЗ 3302 с длиной колесной базы 2,9 м, снаряженной массой 1850 кг, из которых на переднюю ось приходится 1050 кг, с расположением центра масс автомобиля на расстоянии 1,6 м от задней оси, продемонстрированы на рис. 3.

Результаты

Результаты имитационного моделирования сведены в таблицу. Проведенные исследования позволили получить взаимосвязь между аварийностью транспортного средства и параметрами изменений, внесенных в его конструкцию. Полученные результаты приведены на рис. 4. При этом такие обобщающие показатели, как статическая, динамическая поворачиваемость и длительность переходного процесса можно использовать для комбинированной оценки переоборудованного транспортного средства, например,

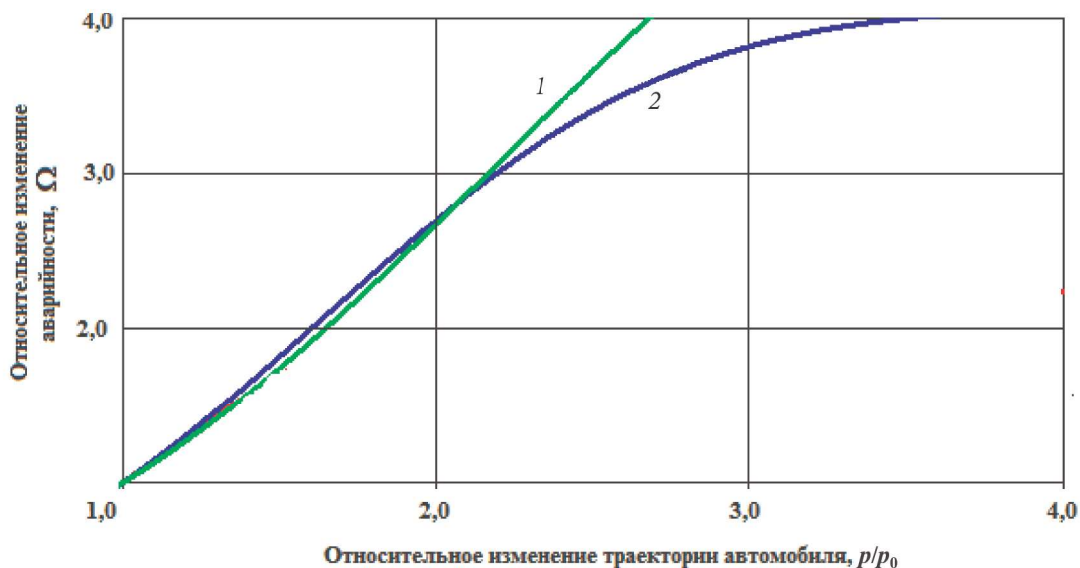


Рис. 2. Относительное изменение аварийности от относительного отклонения от базовой траектории:
 1 — для условий движения с отклонением от траектории базового автомобиля, равного 1,0 м;
 2 — для условий движения с отклонением от траектории базового автомобиля, равного 2,0 м

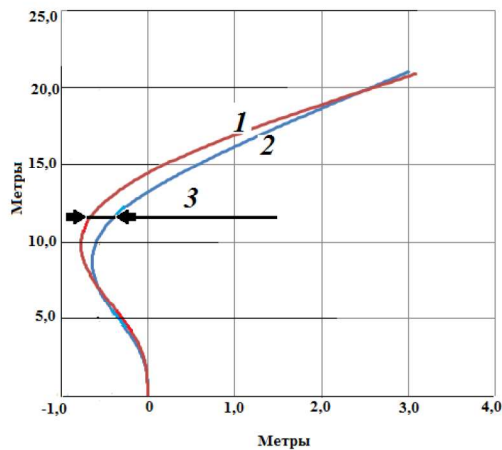


Рис. 3. Результаты моделирования траектории движения автомобиля ГАЗ 3302, выполняющего испытания «движения по усеченной синусоиде», реализованные в программном комплексе MSC.ADAMS (1) и сравнение их с идеализированной траекторией движения, при которой движение происходит точно по траектории поворота управляемых колес (2). Цифрой 3 показано максимальное отклонение траекторий движения

при удлинении автомобиля и изменении положения центра масс, в том числе при изменении положения груза в кузове автомобиля.

Выводы и обсуждение

Приведенные на рис. 4 данные позволяют сделать вывод о том, что максимальная чувствительность безопасности движения к изменению показателей управляемости переоборудованного автомобиля имеет место для длительности переходного процесса.

Таким образом, использование именно этого показателя в качестве критерия оценки допустимости вносимых изменений является наиболее оправданным. Так как длительность переходного процесса влияет на динамическую чувствительность к управлению, то уменьшение данного показателя ниже $0,05 (м \cdot с)^{-1}$ также приводит к росту аварий-

Степень влияния параметров переоборудованного автомобиля на траекторию движения по усеченной синусоиде автомобиля ГАЗ 3302

№ п/п	Изменяемый параметр	Пределы изменения параметра	Пределы отклонения траектории от нормированного суммарного смещения, м	Степень влияния (% изменения отклонения траектории к % изменения параметра)
1	Длина колесной базы	2,6–5,2 м	0–1,2	0,33
2	Изменение массы испытуемого автомобиля	1740–3500 кг	0–0,5	0,15
3	Смещение центра масс по горизонтали от передней оси	1,5–3,5 м	0–0,3	0,07
4	Смещение центра масс по вертикали	0,5–1,3 м	0–0,2	0,05
5	Изменение коэффициента сопротивления боковому уводу колес	60–120 кН/м	0–0,7	0,20
6	Скорость движения	80–90 км/ч	0–0,2	0,5
7	Коэффициент сцепления колеса с сухой дорогой	0,7–0,9	0–0,1	0,20
8	Изменение угловой жесткости подвески (перераспределение между осями)	2000–2600 Нм/град	0–0,02	0,005
9	Изменение вертикальной жесткости подвески	5000–30000 Нм	0–0,01	0,0001
10	Коэффициент демпфирования амортизаторов	500–2000 Нс/м	0–0,005	0,0001
11	Коэффициент сопротивления амортизаторов крену	250–1000 Нмс/рад	0–0,001	0,00001
12	Статическая поворачиваемость	0–1,5 градс/м ²	0–1,83	1,0
13	Длительность переходного процесса	0–1 с	0–1,83	1,0
14	Динамическая чувствительность рулевого управления	0,01–0,2 (м·с) ⁻¹	0–1,83	1,0

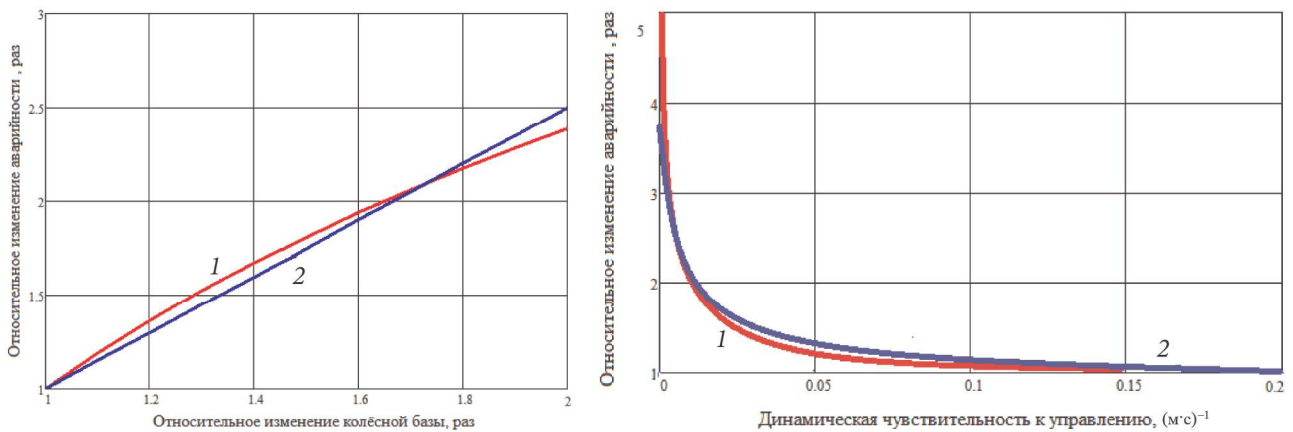


Рис. 4. Сравнение зависимостей изменения относительной аварийности от изменения колесной базы и динамической чувствительности к управлению, полученных на основе статистических данных [19] (1) и на основе сравнения отклонений траектории движения (2)

ности по гиперболическому закону. Изменение статической чувствительности к управлению, колесной базы и коэффициента недостаточной поворачиваемости приводит к увеличению аварийности в 2,5–3,0 раза; изменение же коэффициента усиления рыскания при постоянном типе управляемости — в 1,1–1,5 раза. При изменении типа шинной управляемости с недостаточной до избыточной аварийность возрастает в 5 раз. Полученные данные хорошо согласуются со статистическими данными аварийности транспортных средств, приведенных в работах [20–21].

Исследования выполнены ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р. Е. Алексеева» по договору № 01-17560/2021 от 8 апреля 2022 г. при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации комплексного проекта по теме «Создание высокотехнологичного производства городских электрических грузовых автомобилей с отечественной компонентной базой основных узлов и интеллектуальной системой помощи водителю». Соглашение №075-11-2022-017 от 07.04.2022 г. (ИГК №000000S407522QO50002).

Библиографический список

1. Транспорт России: проблемы и перспективы–2023: Материалы Междунар. науч.-практ. конф.,

14–15 ноября 2023 года. Т. 1. СПб.: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2021. 333 с.

2. Терентьев А. В. Многокритериальный показатель качества автомобиля // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 201–204.

3. Кириллов К. А. Методика обеспечения безопасности колесных транспортных средств при внесении изменений в их конструкцию: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03. М.: НАМИ, 2022. 177 с.

4. Белехов А. А., Евтюков С. А. Оценка влияния изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации, на безопасность дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 6 (89). С. 151–157. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-151-157.

5. Чичкина М. И., Кузьмин Н. А., Трусов Ю. П. Оценка параметров устойчивости и управляемости при внесении изменений в конструкцию автомобиля // Транспортные системы. 2018. № 2 (8). С. 4–11.

6. Евтюков С. С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. Санкт Петербург, 2020. 355 с.

7. Майборода О. В., Брагина И. В. К вопросу о нормировании свойств автомобиля, влияющих на активную безопасность // Журнал автомобильных инженеров. 2012. № 5 (76). С. 18–22.

8. Петров А. И., Корнилова М. А. Проблема неопределенности исходных данных при проведении автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий // Евразийский юридический журнал. 2015. № 9 (88). С. 204–207.

9. Шевцова А. Г. Расчетный метод учета погодноклиматических факторов при определении показате-

лей дорожного покрытия для прецизионного управления транспортными потоками // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 6 (89). С. 190–195.

10. Евтюков С. А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 97.

11. Молев Ю. И. К вопросу формирования репрезентативной выборки для анализа причин ДТП // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2005. № 8. С. 37–44.

12. Мингалеев Э. Б., Ленева Ю. Б., Рассадин А. А. Особенности профессиональной деятельности сотрудников ДПС ГИБДД // Вестник экономической безопасности. 2018. № 4. С. 313–316.

13. Гражданкин, А.И., Дегтярев Д. В., Лисанов М. В., Печеркин А. С. Основные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 7. С. 35–39.

14. Иванов А.М., Кристальный С. Р., Попов Н. В., Спинов А. Р. Испытания колесных транспортных средств. М., 2018. 124 с.

15. Кисуленко Б. В., Бочаров А. В. Технология разработки методов испытаний и критериев оценки устойчивости автомобилей (опыт США) // Автомобильная промышленность. 2007. № 11. С. 37–40.

16. Куликов И. А., Бахмутов С. В., Барашков А. А. Исследование динамических характеристик автомобиля с системами активной безопасности посредством виртуальных и дорожных испытаний // Труды НАМИ. 2016. № 265. С. 53–65.

17. Сафиуллин Р. Н., Афанасьев А. С., Сафиуллин Р. Р. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства транспортных средств М.-Берлин : Директ-Медиа, 2018. 314 с.

18. Бутин Д. А. Методика повышения управляемости и устойчивости легких коммерческих автомобилей путем выбора рациональных параметров системы поддрессоривания: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03. Нижний Новгород, 2022. 176 с.

19. Молев Ю. И., Черевастов М. Г. Влияние изменений, вносимых в конструкцию транспортного средства при его переоборудовании, на дорожную аварийность Нижегородской области // Сборник материалов XIV Междунар. научно-практ. конф. «Прогрессивные технологии в транспортных системах». Оренбург, 2019. С. 672–679.

20. Молев Ю. И., Черевастов М. Г. Получение аддитивной модели временного ряда, характеризующего дорожно-транспортную аварийность на примере Нижегородской области // Транспортные системы. 2020. № 1 (15). С. 4–12.

21. Грошев А. М., Молев Ю. И., Багичев С. А. [и др.]. Анализ дорожно-транспортных происшествий в Ни-

жегородской области // Авто-НН-2009: тезисы докладов Всерос. молодежной науч.-техн. конф., Нижний Новгород, 19–20 ноября 2009 года. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева, 2009. С. 186–187.

References

1. *Transport Rossii: problemy i perspektivy–2023* [Transport of Russia: problems and prospects-2023]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakt. konf., 14–15 noyabrya 2023 goda* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, November 14–15, 2023]. Vol. 1. St. Petersburg, Institut problem transporta im. N. S. Solomenko RAN Publ., 2021, 333 p.

2. Terent'ev A. V. *Mnogokriterial'nyy pokazatel' kachestva avtomobilya* [Multicriteria indicator of the vehicle's quality]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 1 (48), pp. 201–204.

3. Kirillov K. A. *Metodika obespecheniya bezopasnosti kolyosnykh transportnykh sredstv pri vnesenii izmeneniy v ikh konstruksiyu*. Diss. kand. tekhn. nauk [Methodology of ensuring the safety of wheeled vehicles when making changes in their design. PhD in Sci. Tech. diss.]. Moscow, NAMI Publ., 2022, 177 p.

4. Belekhov A. A., Evtyukov S. A. *Otsenka vliyaniya izmeneniy, vnosimyykh v konstruksiyu transportnykh sredstv, nakhodyashchikhsya v ekspluatatsii, na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya* [Estimation of the influence of changes introduced into the design of vehicles in operation on the road traffic safety]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 6 (89) pp. 151–157. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-151-157.

5. Chichkina M. I., Kuz'min N. A., Trusov Yu. P. *Otsenka parametrov ustoychivosti i upravlyaemosti pri vnesenii izmeneniy v konstruksiyu avtomobilya* [Estimating the stability and controllability parameters when making changes to the vehicle design]. *Transportnye sistemy – Transport Systems*, 2018, no. 2 (8), pp. 4–11.

6. Evtyukov S. S. *Metodologiya otsenki i povysheniya effektivnosti dorozhno-transportnykh ekspertiz*. Diss. d-ra tekhn. nauk [Methodology for assessing and improving the effectiveness of road traffic examinations. Dr. Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2020, 355 p.

7. Mayboroda O. V., Bragina I. V. *K voprosu o normirovanii svoystv avtomobilya, vliyayushchikh na aktivnuyu bezopasnost'* [To the issue of normalization of the vehicle properties affecting active safety]. *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov – Journal of Automotive Engineers*, 2012, no. 5 (76) pp. 18–22.

8. Petrov A. I., Kornilova M. A. *Problema neopredelennosti iskhodnykh dannykh pri provedenii avtotekhnicheskoy ekspertizy dorozhno-transportnykh*

proisshestviy [The problem of uncertainty of initial data in implementing the auto-technical examination of road traffic accidents]. *Evraziyskiy yuridicheskiy zhurnal – Eurasian Law Journal*, 2015, no. 9 (88), pp. 204–207.

9. Shevtsova A. G. *Raschetniy metod ucheta pogodno-klimaticheskikh faktorov pri opredelenii pokazateley dorozhnogo pokrytiya dlya pretsizionnogo upravleniya transportnymi potokami* [Calculation method of taking into account weather-climatic factors in determining the indicators of road surface for carrying out precision control of traffic flows]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. (89), pp. 190–195.

10. Evtukov S. A. *Vliyanie faktorov na stepnye kachestva pokrytiy avtomobil'nykh dorog* [Influence of factors on the traction qualities of automobile road surfaces]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern Problems of Science and Education*, 2012, no. 3, p. 97.

11. Molev Yu. I. *K voprosu formirovaniya reprezentativnoy vyborki dlya analiza prichin DTP* [To the issue of forming a representative sample for analyzing the causes of traffic accidents]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie – Bulletin of Higher Schools. Machine Building*, 2005, no. 8, pp. 37–44.

12. Mingaleev E. B., Leneva Yu. B., Rassadin A. A. *Osobennosti professional'noy deyatel'nosti sotrudnikov DPS GIBDD* [Peculiarities of professional activity of DPS GIBDD employees]. *Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti – Bulletin of Economic Safety*, 2018, no. 4, pp. 313–316.

13. Grazhdankin A. I., Degtyarev D. V., Lisanov M. V., Pecherkin A. S. *Osnovnye pokazateli riska avarii v terminakh teorii veroyatnostey* [Basic indicators of accident risk in terms of probability theory]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti – Labor Safety in Industry*, 2002, no. 7, pp. 35–39.

14. Ivanov A. M., Kristal'niy S. R., Popov N. V., Spinov A. R. *Ispytaniya kolyosnykh transportnykh sredstv* [Testing of wheeled vehicles]. Moscow, 2018, 124 p.

15. Kisulenko B. V., Bocharov A. V. *Tekhnologiya razrabotki metodov ispytaniy i kriteriev otsenki ustoychivosti avtomobiley (opyt SShA)* [Technology for the development of test methods and criteria for evaluating the stability of automobiles (USA experience)]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive Industry*, 2007, no. 11, pp. 37–40.

16. Kulikov I. A., Bakhmutov S. V., Barashkov A. A. *Issledovanie dinamicheskikh kharakteristik avtomobilya s sistemami aktivnoy bezopasnosti posredstvom virtual'nykh*

i dorozhnykh ispytaniy [Investigation of dynamic characteristics of a car with active safety systems by means of virtual and road tests]. *Trudy NAMI – Proceedings of NAMI*, 2016, no. 265, pp. 53–65.

17. Safiullin R. N., Afanas'ev A. S., Safiullin R. R. *Konstruktsiya, raschet i ekspluatatsionnye svoystva transportnykh sredstv* [Design, calculation and operational properties of vehicles]. Moscow-Berlin, Direkt-Media Publ., 2018.

18. Butin D. A. *Metodika povysheniya upravlyaemosti i ustoychivosti legkikh kommercheskikh avtomobiley putem vybora ratsional'nykh parametrov sistemy podressorivaniya. Diss. kand. tekhn. nauk* [Methodology of increasing the controllability and stability of light commercial vehicles by choosing rational parameters of the sprung suspension system. PhD in Sci. Tech. diss.]. Nizhniy Novgorod, 2022, 176 p.

19. Molev Yu. I., Cherevastov M. G. *Vliyanie izmeneniy, vnosimyykh v konstruktsiyu transportnogo sredstva pri ego pereoborudovanii, na dorozhnuyu avariynost' Nizhegorodskoy oblasti* [Influence of the changes introduced into the vehicle design at its re-equipment on the road accident rate of Nizhny Novgorod region]. *Trudy XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakt. konf. «Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh»* [Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conf. “Advanced Technologies in Transport Systems”]. Orenburg, 2019, pp. 672–679.

20. Molev Yu. I., Cherevastov M. G. *Poluchenie additivnoy modeli vremennogo ryada, kharakterizuyushchego dorozhno-transportnuyu avariynost' na primere Nizhegorodskoy oblasti* [Obtaining an additive model of time series characterizing road traffic accident rate on the example of Nizhny Novgorod region]. *Transportnye sistemy – Transport Systems*, 2020, no. 1 (15), pp. 4–12.

21. Groshev A. M., et al. *Analiz dorozhno-transportnykh proisshestviy v Nizhegorodskoy oblasti* [Analysis of road traffic accidents in Nizhny Novgorod region]. *Trudy Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Avto-NN-2009», Nizhniy Novgorod, 19–20 noyabrya 2009 god* [Proceedings of the All-Russia youth scientific and technical conference “Auto-NN-2009”, Nizhny Novgorod, November 19-20, 2009]. Nizhniy Novgorod, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev Publ., 2009, pp. 186–187.