

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА НА УЧАСТКЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

А.А. Филиппов

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: aafilippov1979@gmail.com

И.Ф. Сулейманов

Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия
e-mail: real7best@mail.ru

М.А. Арсланов

Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, Махачкала, Россия
e-mail: arsmurat@yandex.ru

Аннотация. Предмет. Оценка уровня экологической опасности автотранспорта на участке урбанизированной территории.

Цели. Теоретическое и практическое обоснование использования комплексного подхода к оценке параметров системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория».

Методология. Моделирование процесса функционирования автотранспортных потоков в условиях урбанизированной территории за счёт более полного учёта отрицательного экологического эффекта совокупно действующих загрязнений химического и энергетического характера.

Результаты. Сравнительный анализ организации движения автотранспорта в условиях урбанизированной территории по экологическим критериям с использованием классического и комплексного подходов.

Выводы. Выявленные противоречия позволили доказать адекватность предлагаемых положений, касающихся разработки и применения нового критерия – комплексного индекса экологической нагрузки, который дополняет модельные представления о системе «Автотранспортный поток-урбанизированная территория».

Ключевые слова: автотранспортный поток, урбанизированная территория, комплексный подход, улично-дорожная сеть, транспортный шум, обеспечение экологической безопасности.

Для цитирования: Филиппов, А.А., Сулейманов, И.Ф., Арсланов, М.А. Теоретические основы комплексного подхода к оценке экологической опасности автотранспорта на участке урбанизированной территории // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1. – С. 97-103.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF AN INTEGRATED APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL HAZARD OF VEHICLE IN THE URBANIZED AREA

A.A. Filippov

Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: aafilippov1979@gmail.com

I.F. Suleymanov

Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia
e-mail: real7best@mail.ru

M.A. Arslanov

Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatova, Makhachkala, Russia
e-mail: arsmurat@yandex.ru

Abstract. Subject. Assessment of the level of environmental hazard of vehicles in the urbanized area.

Goals. Theoretical and practical rationale for the use of an integrated approach to assessing the parameters of the system "Motor transport flow-urbanized territory".

Methodology. Modeling the process of functioning of motor transport flows in the conditions of an urbanized territory due to a more complete account of the negative environmental effect of the collectively acting chemical and energy pollution.

Results. Comparative analysis of the organization of the movement of vehicles in urbanized areas according to environmental criteria using the classical and integrated approaches.

Findings. The revealed contradictions allowed to prove the adequacy of the proposed provisions concerning the development and application of a new criterion - a complex environmental load index, which complements the model understanding of the "Motor transport flow-urbanized territory" system.

Keywords: traffic flow, urbanized territory, integrated approach, street-road network, traffic noise, environmental safety.

Cite as: Filippov, A.A., Suleymanov, I.F., Arslanov, M.A. (2019) [Theoretical foundations of an integrated approach to the assessment of the ecological hazard of vehicles in the urbanized area]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 1, p. 97-103.

Автомобильный транспорт является основным источником загрязнения окружающей среды (ОС) в городах. Наибольшую экологическую опасность представляют выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу и акустическое излучение, уровень которых напрямую связан с интенсивностью функционирования автотранспортных потоков на улично-дорожной сети (УДС). В условиях урбанизированной территории, где автотранспортные загрязнения накладываются на высокий загрязняющий фон стационарных источников (промышленных предприятий, теплостанций, автомобильных стоянок и гаражей, автозаправочных комплексов), указанная проблема имеет «свой» решения, что связано с особенностями образования и распространения загрязнений. Под «своими» решениями понимается, в том числе, выбор методов, способов и средств оценки уровня экологической опасности УДС в условиях урбанизированной территории. От правильности такого выбора зависит эффективность планирования и внедрения природоохранных мероприятий и, соответственно,

оздоровление ОС. В этом актуальном направлении исследований работали и продолжают работать ведущие российские и зарубежные учёные, чьи труды отражают классический подход к обеспечению экологической безопасности УДС [1, 2, 3, 6–11]. Также интересными и глубоко научными представляются результаты исследований, направленных на адаптацию классического подхода к особенностям урбанизированной территории, когда требуется учитывать закономерности формирования и ограничения выбросов ЗВ от автотранспортных потоков в условиях загрязнения воздушного бассейна стационарными источниками [5, 12]. Такой подход, по мнению авторов данной статьи, должен получить продолжение в виде системы оценки уровня экологической опасности УДС, одновременно учитывающей не только химические, но и другие виды загрязнения ОС.

В основе предлагаемого комплексного подхода лежит модель системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» [5], реализованная методом теории систем (рисунок 1).

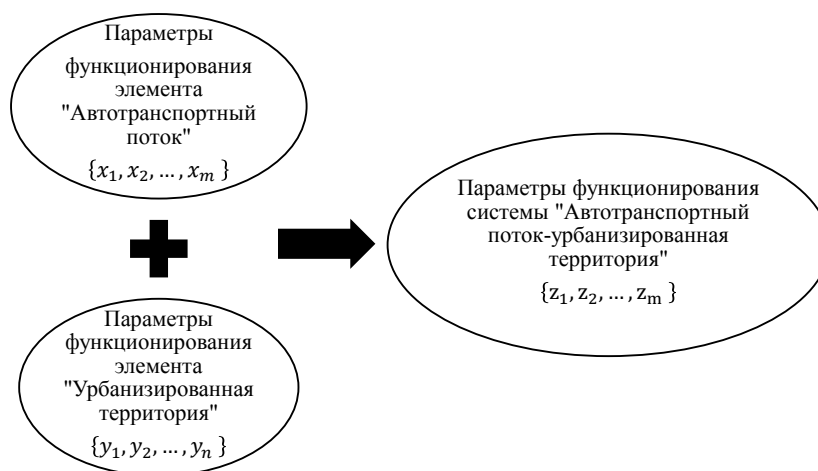


Рисунок 1. Графическое представление системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория»

Параметры, которые описывают функционирование автотранспортного потока, образуют множество $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$. К ним относятся: состав автотранспортного потока; распределение автотранспортного потока по полосам и направлениям движения; интенсивность автотранспортного потока на перегонах и перекрёстках; распределение скоростей движения по категориям автотранспортных средств (АТС) на перегонах и перекрёстках; параметры светофорного регулирования; длина очереди из АТС перед перекрёстками и пешеходными переходами; дистанция между АТС; время задержки общественного транспорта на остановочных пунктах; экологические параметры АТС.

Параметры, которые описывают функционирование урбанизированной территории, образуют множество $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$. К ним относятся: геометрия УДС; количество полос для движения, включая выделенные полосы для общественного транспорта; количество перекрёстков, перегонов, пешеходных переходов, остановочных пунктов; количество разноразмерных развязок, подземных и надземных пешеходных переходов; экологические параметры стационарных источников (промышленных предприятий, гаражей стоянок); условия окружающей среды и метеосостояния.

Автотранспортный поток и урбанизированная территория являются элементами системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория». Согласно определению, система — это совокупность элементов и связей между элементами, объединённых общей целью, в данном случае функционированием в условиях урбанизированной территории. При этом элементы системы наделяются рядом свойств, которых у них не было, и лишаются ряда свойств, которые у них были до рассмотрения их в рамках системы. Таким образом, параметры функционирования системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» $\{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ не являются простым пересечением двух множеств $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ и $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, так как возникают синергетические и эмерджентные эффекты. То есть загрязнение УДС участка урбанизированной территории в целом имеет более высокий уровень экологической опасности, чем простая сумма автотранспортных и промышленных загрязнений. Объясняется данный факт наличием взаимосвязей между элементами системы и определёнными закономерностями их взаимодействия.

Условие обеспечения экологической безопасности при функционировании рассматриваемой системы выполняется, если некий обобщённый экологический критерий $F(z_1, z_2, \dots, z_m)$ принимает экстремальные значения:

$$F(z_1, z_2, \dots, z_m) \rightarrow \min. \quad (1)$$

В идеальном случае экологический критерий F должен учитывать все виды воздействия на окружающую среду, а также эффекты их совокупного действия. Такими признаками обладают комплексные экологические критерии, которые наиболее объективны при оценке уровня экологической опасности.

Авторами статьи в работах [5, 12] в качестве комплексного экологического критерия F принят расчетный комплексный индекс загрязнения атмосферы (РКИЗА), предложенный Г.В. Мавриным и И.Ф. Сулеймановым:

$$РКИЗА = \sum_{i=1}^r \left(\frac{C_{mi(ст.)} + C_{mi(асм.)}}{ПДК_i} \right)^{\beta_i}, \quad (2)$$

где

$C_{mi(ст.)}$ и $C_{mi(асм.)}$ — максимальные приземные концентрации i -го ЗВ от стационарных источников и автотранспортных потоков, мг/м³;

$ПДК_i$ — предельно-допустимая концентрация i -го ЗВ в атмосфере населённого пункта, мг/м³;

β_i — безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го ЗВ с вредностью диоксида серы;

r — количество ЗВ.

РКИЗА является индикатором качества атмосферы урбанизированной территории и хорошо вписывается в системные представления об исследуемых процессах, интегрируя экологические характеристики стационарных ($C_{mi(ст.)}$) и передвижных ($C_{mi(асм.)}$) источников по всем ЗВ.

Предложены степени опасности уровня загрязнения атмосферного воздуха: низкая ($РКИЗА = 0...4$), повышенная ($РКИЗА = 5...6$), высокая ($РКИЗА = 7...13$), очень высокая ($РКИЗА \geq 14$).

Целевая функция системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» записана в следующем виде:

$$РКИЗА(z_1, z_2, \dots, z_m; M_1^{кс}, \dots, M_r^{кс}) \rightarrow \min. \quad (3)$$

где

$M_i^{кс}$ — квота на выброс i -го ЗВ для автотранспортного потока.

Квотой вводятся ограничения для автотранспортного потока на количество выбросов ЗВ с учетом загрязнений атмосферы стационарными источниками:

$$M_i^{кс} = \frac{(C_{mi(ст.)} + C_{mi(асм.)})}{ПДК_i} \leq 1. \quad (4)$$

Параметры функционирования системы $\{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ включают, в том числе, концентрации ЗВ, являющиеся результатом совокупного воздействия передвижных и стационарных источников загрязнения атмосферы в условиях урбанизированной территории.

На основе формализованного представления разработана имитационная модель системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» в программной среде AnyLogic 6 [5, 12]. Выполнен имитационный эксперимент, суть которого заключалась в поиске таких условий движения автомобилей на участке урбанизированной территории (на примере г. Набережные Челны), когда выполнялось условие $PKI3A \rightarrow \min$. По результатам расчетно-инструментального экологического мониторинга автотранспортных потоков для проведения имитационного эксперимента выбран наиболее проблемный участок урбанизированной территории г. Набережные Челны – перекресток проспектов Мира и Дружбы Народов [5]. На выбранном участке в результате часто возникающих транспортных заторов складывается неблагоприятная экологическая ситуация, что характеризуется превышением ПДК по оксиду углерода и диоксиду азота. Особенностью выбранного участка является наличие мощных стационарных источников загрязнения воздушного бассейна, в частности ОАО «КамАЗ», что предопределяет низкие квоты на выбросы ЗВ для автотранспортных потоков, а также ограниченные условия их соблюдения. На территории, примыкающей к перекрестку, они составляют следующие величины: для CO – 4,45 г/с; для NO₂ – 0,24 г/с. При фактических количествах выбросов CO (9,46 г/с) и NO₂ (0,45 г/с) необходимые проценты снижения составляют 65 и 54% соответственно.

Оценка экологической ситуации выбранного участка по $PKI3A$ дало следующие результаты. Наиболее сложная экологическая ситуация наблюдается в окрестностях перекрестка, где значения $PKI3A$ лежат в диапазоне 7–10, что характеризуется высокой степенью уровня загрязнения атмосферы. Самое высокое значение $PKI3A$ равно 10 отмечается на перекрестке. На перегонах это значение снижается до 7. На территории жилой застройки, примыкающей к перекрестку, степень уровня загрязнения атмосферы повышенная ($PKI3A = 6$). Такие результаты свидетельствуют о критической экологической ситуации, как на самом перекрестке, так и на территории, примыкающей к нему.

Наиболее эффективным для выбранного участка урбанизированной территории является организация развязки на перекрестке в разных уровнях. В непосредственной близости от перекрестка значение $PKI3A$ снизится с 8 до 5, что оценивается как переход на ступень ниже в принятой иерархии уровней экологической опасности, то есть с высокого на повышенный уровень. Положительный экологический эффект от реализуемого мероприятия распространяется не только на перекресток, но и на перегоны. При удалении от зоны влияния перекрестка ожидается снижение значения $PKI3A$

с 7 до 4, что оценивается как переход на две ступени ниже, то есть с высокого на низкий уровень экологической опасности. Таким образом, организация развязки на перекрестке в разных уровнях существенно улучшает экологическую ситуацию. На территории жилой застройки, примыкающей к исследуемому перекрестку, результат самый высокий – значение $PKI3A$ снижается с 6 до 3, что даёт возможность перейти к низкому уровню экологической опасности без ограничений для автотранспортного потока на количество выбросов ЗВ, то есть без введения квот.

Однако оценка экологической ситуации только по выбросам ЗВ не даёт полного представления, так как не учитывает влияние транспортного шума [4]. Для экспериментального подтверждения данного утверждения авторами получены результаты распределения акустического поля относительно выбранного участка урбанизированной территории (перекресток проспектов Мира и Дружбы Народов) до и после организации развязки на перекрестке в разных уровнях. Для проведения эксперимента использован вычислительный комплекс «Эколог-ШУМ», который позволяет выполнять акустическую оценку в отдельных точках и на расчётных площадках. В случае транспортного шума, как и любого другого непостоянного шума, нормируемыми параметрами являются эквивалентный и максимальный уровни звука.

При удалении от перекрестка уровень звука снижается в 1,2 раза, но даже на границе с жилой зоной он превышает норму на 3 дБА для дневного и 13 дБА для ночного времени. При этом организация разноуровневой развязки является фактором, способствующим повышению уровня звука на 3...5 дБА. В случае организации движения автотранспорта по такому сценарию на границе с жилой зоной будет наблюдаться превышение норм шума на 6 дБА для дневного и 16 дБА для ночного времени.

Для снижения уровня звука в жилой застройке до нормативного, необходимо предусматривать шумозащитные мероприятия. Среди таких мероприятий организация шумозащитного экрана в жилой зоне является единственным, не накладывающим ограничения на функционирование автотранспортного потока. При снижении эквивалентного уровня звука на 9...12 дБА экран является эффективным, но недостаточным средством защиты от шума, так как всё равно имеется превышение по допустимому эквивалентному уровню звука в ночное время на 4 дБА. Кроме того, необходимо учитывать также высоту экрана, которая не может быть бесконечной. В случае с высотной жилой застройкой уровень шума на верхних этажах домов всё равно будет выше нормативного. То есть для обеспечения экологической безопасности не обойтись без ог-

раничений, которые будут связаны с организацией движения автомобилей на основе введения квот не только на выбросы ЗВ, но на шум от автотранспортных потоков.

Таким образом, для оценки уровня экологической опасности системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» необходимо учитывать не только качество атмосферного воздуха, но и акустические параметры окружающей среды. Причём факторы, лимитирующие уровень химического и физического загрязнений, имеют противоположную направленность. Это означает, что мероприятия, сокращающие выбросы ЗВ в атмосферу, в ряде случаев приводят к усилению транспортного шума. То есть организация движения автотранспорта по экологическим критериям должна в своей основе иметь комплексный подход к оценке, согласно которому целевая функция системы «Автотранспортный поток-урбанизирован-

ная территория» запишется в следующем виде:

$$КИЭН(z_1, z_2, \dots, z_m; M_1^{кс}, \dots, M_r^{кс}; M_{ш}^{кс}) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где

КИЭН – комплексный индекс экологической нагрузки на систему «Автотранспортный поток-урбанизированная территория»;

$M_i^{кс}$ – квота на выброс i -го ЗВ для автотранспортного потока;

$M_{ш}^{кс}$ – квота на шумовое воздействие для автотранспортного потока.

Важно, что комплексный подход предполагает использование широкой гаммы методов оценки качества окружающей среды и мониторинг не только по химическому составу атмосферы, но и других природных сред (воды, почвы), а также по акустическим параметрам окружающей среды.

Литература

1. Вольнов, А.С. О системном подходе к оценке влияния автотранспортных средств в процессе эксплуатации на экологию городов / А.С. Вольнов, Л.Н. Третьяк // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 1. – С. 161-166.
2. Ерохов, В.И. Влияние дорожных факторов на выброс вредных веществ и расход топлива автотранспортными средствами / В.И. Ерохов, Е.В. Бондаренко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 4. – С. 139-151.
3. Корчагин, В.А. Обеспечение эффективного и экологически улучшенного грузодвижения на основе создания единого информационного пространства / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева, Т.В. Корчагина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 5-3 (16-3). – С. 144-146.
4. Новиков, А.Н. Прогнозирование воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду урбанизированных территорий на основе моделирования / А.Н. Новиков, В.В. Васильева, А.А. Катунин // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 2 (55). – С. 210-215.
5. Особенности организации движения автомобилей по экологическим критериям / И.Ф. Сулейманов, Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов, А.М. Федотов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 6. – С. 149-158.
6. Пути нормативного регулирования в сфере экологической безопасности автомобильного транспорта / К.В. Щурин, Л.Н. Третьяк, Е.В. Бондаренко, А.С. Вольнов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 10. – С. 176-181.
7. Старокожева, Е.А. Оценка качества атмосферы территориально-производственных комплексов / Е.А. Старокожева, Л.Б. Борисова // Экология промышленности России. – 2001. – № 1. – С. 23-26.
8. Третьяк, Л.Н. Новые подходы по совершенствованию методов экологического мониторинга автотранспортных потоков / Л.Н. Третьяк, Е.В. Бондаренко, А.С. Вольнов // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы международной научно-практической конференции 19-20 мая 2015 г., Орёл / Госуниверситет – УНПК. – Орёл, 2015. – С. 221-231.
9. Трофименко, Ю.В. Метод оценки экологической безопасности участников дорожного движения / Ю.В. Трофименко, В.С. Ворожнин // Транспорт Урала. – 2015. – № 1 (44). – С. 73-78.
10. Цыплакова, Е.Г. Исследование уровня загрязнения от автотранспорта и его контроль / Е.Г. Цыплакова // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 8. – С. 154-157.
11. Цыцура, А.А. Теоретические основы комплексной оценки качества атмосферы улиц промышленного города / А.А. Цыцура, Е.А. Старокожева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2001. – № 3. – С. 71-77.
12. Pollution of the air basin in the cities by motor transport and the industrial enterprises, quality assessment of atmospheric air with the use of calculation methods and instrumental control / I.F. Suleimanov, G.V. Mavrin, D.A. Kharlyamov, E.I. Belyaev, A.I. Mansurova // Modern applied science. – 2015. – Vol. 9. – pp. 12-20.

References

1. Vol'nov, A.S. (2014) [On a systematic approach to assessing the impact of vehicles in the process of operation on the ecology of cities]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. No. 1, pp. 161–166. (In Russ.)
2. Erohov, V.I. (2015) [Influence of road factors on the emission of harmful substances and fuel consumption of motor vehicles]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. No.4, pp. 139–151. (In Russ.)
3. Korchagin, V.A. (2015) [Ensuring an effective and environmentally improved cargo movement based on the creation of a single information space]. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current research directions of the XXI century: theory and practice]. Vol. 3. No.5-3 (16-3), pp. 144-146. (In Russ.)
4. Novikov, A.N. (2016) [Prediction of the impact of traffic flows on the acoustic environment of urban areas based on modeling]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Civil engineering bulletin]. No. 2 (55), pp. 210-215. (In Russ.)
5. Suleimanov, I.F., Bondarenko, E.V., Filippov, A.A., Fedotov, A.M. (2017) [Features of the organization of the movement of vehicles on environmental criteria]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. Vol. 21. No. 6, pp. 149–158. (In Russ.)
6. Shchurin, K.V., Tret'yak, L.N., Bondarenko, E.V., Vol'nov, A.S. (2012) [Ways of regulation in the field of environmental safety of road transport]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. No. 10, pp. 176–181. (In Russ.)
7. Starokozheva, E.A. (2001) [Assessment of the quality of the atmosphere of territorial industrial complexes]. *Ekologiya promyshlennost' Rossi* [Ecology industry of Russia]. No.1, pp. 23-26. (In Russ.)
8. Tret'yak, L.N. (2015) [New approaches to improve the methods of environmental monitoring of traffic flows]. *Informatsionnyye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Information Technologies and Innovations in Transport: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Orel, pp. 221–231. (In Russ.)
9. Trofimenko, YU.V. (2015) [Method for assessing the environmental safety of road users]. *Transport Urala*. [Ural transport]. No.1 (44), pp. 73-78. (In Russ.)
10. Cyplakova, E.G. (2013) [The study of the level of pollution from motor vehicles and its control]. *Innovatsii i investitsii* [Innovation and investment]. No.8, pp.154-157. (In Russ.)
11. Cycura, A.A. (2001) [Theoretical foundations of a comprehensive assessment of the quality of the atmosphere of the streets of an industrial city]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. No. 3, pp. 71-77. (In Russ.)
12. Suleimanov, I.F., Mavrin G.V., Kharlyamov, D.A., Belyaev, E.I., Mansurova, A.I (2015) *Pollution of the air basin in the cities by motor transport and the industrial enterprises, quality assessment of atmospheric air with the use of calculation methods and instrumental control*. Modern applied science. Vol. 9. №. 4, pp. 12–20. (In Engl.)

Информация об авторах:

Филиппов Андрей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: aafilippov1979@gmail.com

Сулейманов Ильнар Фаргатович – кандидат технических наук, доцент кафедры химии и экологии, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны, Россия
e-mail: real7best@mail.ru

Арсланов Мурат Арсланович – кандидат технических наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей, Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, Махачкала, Россия
e-mail: arsmurat@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 30.11.2018; принята в печать 04.02.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Filippov Andrey Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Car Repair, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: aafilippov1979@gmail.com

Suleimanov Ilnar Fargatovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia
e-mail: real7best@mail.ru

Arslanov Murat Arslanovich – Candidate of Technical Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technical Operation of Automobiles, Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatova, Makhachkala, Russia
e-mail: arsmurat@yandex.ru

The paper was submitted: 30.11.2018.

Accepted for publication: 04.02.2019.

The authors have read and approved the final manuscript.