

УДК 502.3; 656.1

© К. А. Магдин, аспирант

© С. С. Евтюков, д-р техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: kirillround@gmail.com, ese-89@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-1-132-139

© К. А. Magdin, post-graduate student

© S. S. Evtyukov, Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: kirillround@gmail.com, ese-89@yandex.ru

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СРЕДЫ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

ACOUSTIC CONTAMINATION OF THE STREET AND ROAD ENVIRONMENT BY ROAD TRANSPORT

Проанализировано шумовое негативное воздействие от автомобильного транспорта на человека. Описаны существующие способы снижения шумового воздействия от автотранспорта. Представлены результаты натурных исследований интенсивности транспортных потоков и измерений уровня шумового воздействия в городе Набережные Челны. Отмечено значительное превышение предельно допустимого уровня шума. Предложен возможный вариант улучшения экологической обстановки на рассматриваемом участке улично-дорожной среды благодаря установке шумозащитных экранов.

Ключевые слова: транспортные средства, выбросы вредных веществ, шум.

The article analyzes the noise negative impact of motor transport on people. The existing methods of reducing the noise impact from vehicles are described. The results of field studies of the intensity of traffic flows and measurements of the noise exposure level in the city of Naberezhnye Chelny are presented. A significant excess of the maximum permissible noise level is specified. A possible option for improving the environmental situation on the considered section of the road network due to the installation of noise screens is proposed.

Keywords: vehicles, emissions of harmful substances, noise.

Введение

В последнее время в мире наблюдается значительное увеличение количества пассажирских и коммерческих транспортных средств. Так, по данным аналитического агентства «Автостат», в России в 2021 г. численность автомобилей составила 53,388 млн, а их средний возраст — 13,9 лет (рис. 1).

Автомобильный транспорт является одним из лидеров по загрязнению атмосферного воздуха, оказывая на него негативное химическое и физическое воздействие, степень которого возрастает с увеличением общего количества автомобилей [1, 2]. Наиболее заметный вклад в загрязнение окружающей среды вносят грузовые автомобили, а увеличивающийся средний возраст автомобильного парка только обостряет проблему [3].

В мировой и отечественной практике разработана и применяется совокупность методов повышения экологической безопасности автомобильного транспорта, включающих совершенствование конструкции автомобилей, оптимизацию транспортной инфраструктуры, организационно-технические мероприятия [4–9].

В крупных и средних городах автотранспорт является основным источником акустического загрязнения, причем особенно негативно данный эффект проявляется в местах плотной городской застройки [10–13]. В автомобиле шум возникает по причине механических, гидродинамических и акустических процессов. К ним относится шум от вибрации кузова автомобиля, работы двигателя, звук шин, взаимодействующих с дорожным

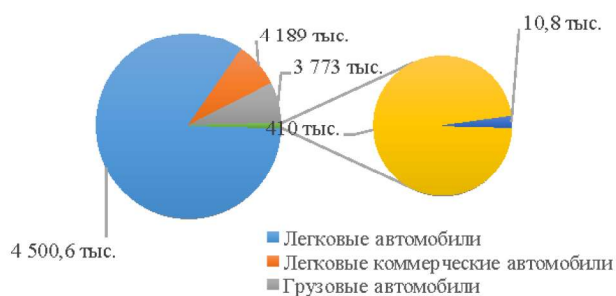


Рис. 1. Структура автомобильного парка в России в 2021 г.

покрытием, звук тормозов, механизмов подвески и ходовой части. Акустическое излучение автотранспортных средств проявляется преимущественно в диапазоне 20–8000 Гц. Шум от автотранспорта является не постоянным, а колеблющимся шумом, поскольку он подвержен изменениям в течение дня вследствие изменения насыщенности, структуры и интенсивности движения транспортного потока. Суммарный уровень шума увеличивается при увеличении интенсивности движения, что связано с наложением шумовых волн при движении автомобилей близко друг к другу. Обычно интенсивность шума, генерируемого автотранспортными потоками в городе, составляет 70–90 дБ [11].

Показано, что шум от автотранспортных потоков оказывает заметное негативное влияние на здоровье человека и при длительном воздействии вызывает нарушение слуха, сердечно-сосудистые заболевания, гипертонию, диабет, язву желудка, когнитивные и психические расстройства, гормональные нарушения [14–16]. Дети являются наиболее уязвимой группой для негативного воздействия шума [17]. В этой связи исследование акустического загрязнения улично-дорожной сети автотранспортными потоками является важной и актуальной задачей.

Методы

Определение уровня автомобильного шума проводилось в соответствии с межгосударственным стандартом 20444–2014 «Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики»; измеряемой

величиной был эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$, дБА.

Шум от автотранспортного потока измерялся с помощью прибора Шумомер-вибромметр ШИ-01В. Одновременно проводились натурные исследования интенсивности автотранспортных потоков. Измерения проводились в одних и тех же точках в рабочие дни в утренние и вечерние часы «пик» при практически идентичных условиях: температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, средняя скорость движения автомобилей в потоке и др. Для обработки результатов натурных исследований использовался регрессионный анализ.

Результаты

Авторами были проведены измерения уровней шума от автотранспортных потоков на перекрестках г. Набережные Челны в 2020, 2021 и 2022 гг. На рис. 2 представлены результаты измерений уровня автомобильного шума в утренние и вечерние часы «пик» на перекрестке проспект Сююмбике – проспект Вахитова. Выбор участка для проведения замеров обусловлен тем, что данный перекресток расположен в густонаселенном, динамично развивающемся районе города, и в непосредственной близости к нему находятся жилые дома, прогулочные зоны и торговые центры.

Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что шумовое воздействие автотранспорта за рассматриваемый период несколько увеличилось, что связано с возрастанием интенсивности движения. В соответствии с СП 51.13330.2011 уровень нормального звука для данного участка города составляет 55 дБ, а уровень максимального звука — 70 дБ.

Измеренный уровень шума в районе перекрестка в часы «пик» составляет в среднем 80 дБ, что превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) шума на 25 дБ.

Был проведен дневной мониторинг уровня автомобильного шума в районе исследуе-

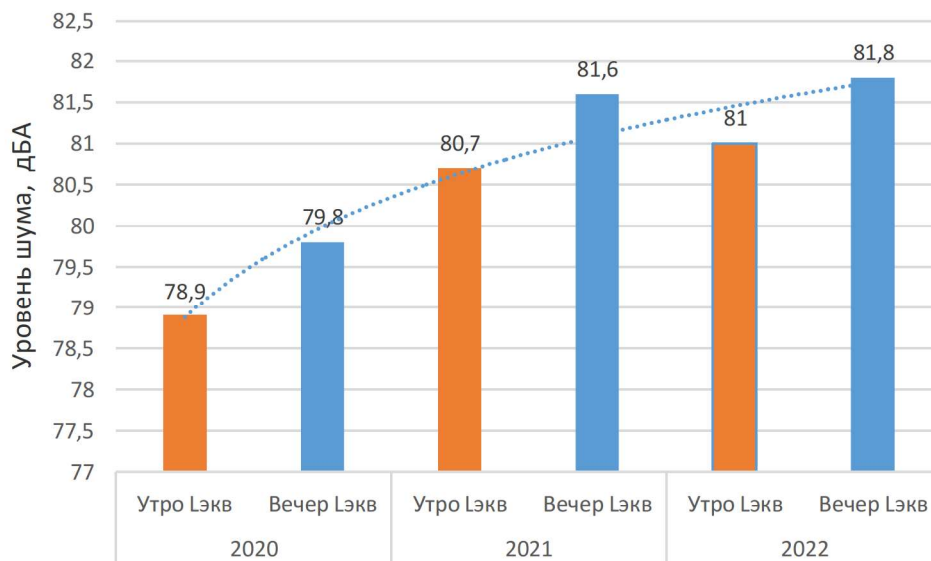


Рис. 2. Шумовые характеристики транспортных потоков

мого перекрестка и рассчитан коэффициент превышения ПДУ шума как отношение измеренного уровня шума $L_{\text{Аэкв}}$ к предельно допустимому значению, равному 55 дБА.

В соответствии с Методическими рекомендациями по учету шумового загрязнения в составе территориальных комплексных схем охраны среды городов был рассчитан показатель обеспеченности акустическим комфортом по формуле

$$\gamma = L_{\text{Аэкв,доп}} - L_{\text{Аэкв}} + \sum A_i, \quad (1)$$

где γ — показатель обеспеченности акустическим комфортом, дБА; $L_{\text{Аэкв}}$ — измеренное значение эквивалентного уровня шума на исследуемой территории, дБА; $L_{\text{Аэкв,доп}}$ — ПДУ шума по санитарным нормам, дБА; A_i — снижение шума при наличии экранирующих барьеров, плотных защитных полос зеленых насаждений и пр., дБА.

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице.

Обсуждение

На основании натурных исследований зависимости эквивалентного уровня шума от интенсивности автотранспортных потоков был проведен регрессионный анализ с целью определения вида аналитической связи

между этими параметрами. В результате получена функция регрессии:

$$f(x) = 15,18 \cdot \ln(x) - 32,14, \quad (2)$$

где $f(x)$ — измеренный эквивалентный уровень шума, дБА; x — интенсивность автотранспортных потоков, авт./час.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,725$ (рис. 3), что указывает на высокую зависимость шумовой характеристики автотранспортных потоков от их интенсивности.

Результаты дневного мониторинга уровня шума от автотранспортных потоков показали, что в рабочие дни в период с 6.30 до 19.30 на исследуемом участке улично-дорожной сети коэффициент превышения ПДУ шума составляет 1,27–1,49 (см. таблицу).

На анализируемом участке между жилой застройкой и проезжей частью посажены деревья, однако их шумозащитное действие является недостаточным для обеспечения уровня акустического комфорта. Исследования показали, что имеющиеся зеленые насаждения снижают уровень шума в среднем на 2 дБ. Показатель обеспеченности акустическим комфортом в районе перекрестка изменяется от –25,2 до –16,5 (см. таблицу), что указывает на

Результаты дневного мониторинга автомобильного шума (2022 г.)

Время	$L_{Aэкв}$, дБА	L_{Amax} , дБА	Коэффициент превышения ПДУ шума	Показатель обеспеченности акустическим комфортом
6:30-7:30	80,9	83,3	1,47	-23,9
7:30-8:30	81,2	84,4	1,48	-24,2
8:30-9:30	76,6	82,8	1,40	-16,6
9:30-10:30	71,0	79,1	1,29	-14,0
10:30-11:30	70,3	78,0	1,28	-13,3
11:30-12:30	69,9	77,1	1,27	-12,9
12:30-13:30	70,1	77,4	1,27	-13,1
13:30-14:30	71,3	77,6	1,29	-14,3
14:30-15:30	74,5	78,3	1,35	-17,5
15:30-16:30	81,6	83,6	1,48	-24,6
16:30-17:30	82,2	84,7	1,49	-25,2
17:30-18:30	81,8	84,1	1,48	-24,7
18:30-19:30	73,5	79,2	1,34	-16,5

необходимость реализации мероприятий по снижению уровня акустического воздействия от автотранспорта на данном участке улично-дорожной сети.

Следует отметить, что исследования проводились в молодом промышленном городе с широкими (относительно количества автомобилей в городе) улицами, которые изначально были спроектированы и построены с расчетом на увеличение числа автотранспортных средств. Расстояние от проезжей части до пешеходной зоны составляет минимум 7 м (в среднем от 10

до 15 м), а до домов — от 24 м (в среднем от 33 до 46 м). Однако в крупных городах с историческими узкими улицами в центральных районах и общей плотной застройкой очень часто места для размещения шумозащитных экранов практически нет, а расстояние от домов до проезжей части составляет от 1–2 м. В таких условиях шумовое воздействие от автомобильного транспорта является и более сильным, и более продолжительным ввиду малой пропускной способности данных участков улично-дорожной сети.

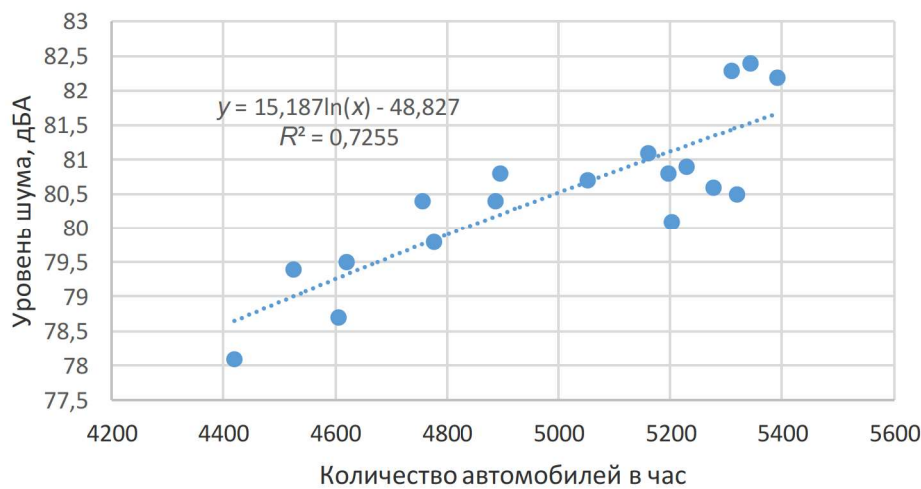


Рис. 3. Зависимость эквивалентного уровня шума от интенсивности автотранспортных потоков

Для снижения шумового воздействия от автомобильного транспорта могут быть применены следующие методы:

- административные и организационные;
- планировочные, с помощью которых возможно снизить уровень шума по направлению его движения;
- технические, которые позволят понизить шум в его источнике и по возможности устранить причину шумообразования.

Для исследуемого участка улично-дорожной сети предлагается вариант с установкой шумозащитных экранов как наиболее эффективный и рациональный способ снижения акустической нагрузки на рассматриваемой селитебной территории. В отечественной и мировой практике нашли применение шумозащитные экраны трех типов: звукоотражающие, звукопоглощающие и комбинированные, обладающие способностью как поглощать, так и отражать звуковые волны [18–24].

Общая длина шумозащитных экранов, которые планируется расположить на проспекте Сююмбике и проспекте Вахитова в районе исследуемого перекрестка, составит

1100 м. Приблизительная общая стоимость затрат на установку таких экранов составит 47,3 млн руб. Благодаря этому мероприятию ожидается снижение шума ориентировочно на 25 дБ на исследуемом участке улично-дорожной сети. На рис. 4 представлена гистограмма возможного снижения уровня шума в сравнении с данными на 2022 г. и допустимым уровнем шума при одинаковых условиях и одинаковом количестве автомобилей.

Помимо уменьшения уровня акустической нагрузки, ожидается также снижение воздействия выбросов вредных веществ и дисперсных пылевых частиц от автотранспортных потоков. Шумозащитный экран в данном случае выполнит роль преграды для распространения загрязняющих веществ.

Выводы

Акустическое воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду является актуальной проблемой, значимость которой возрастает с увеличением уровня автомобилизации. Авторами проведены натурные исследования интенсивности транспортных потоков и акустического загрязне-

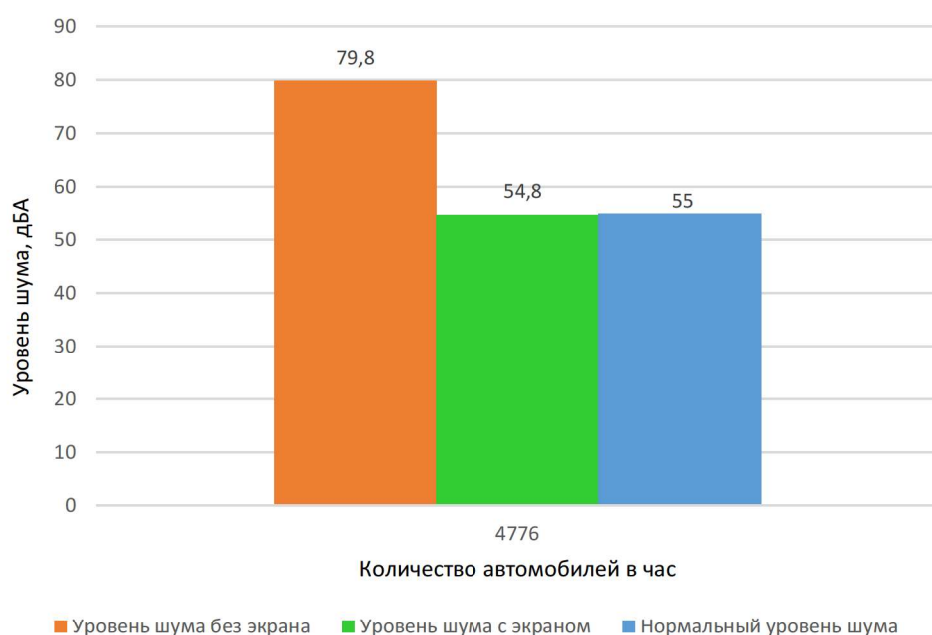


Рис. 4. Гистограмма ожидаемого снижения уровня шума

ния улично-дорожной сети в г. Набережные Челны. Показано, что за период 2020–2022 гг. шумовое воздействие автотранспорта несколько увеличилось, что связано с возрастанием интенсивности движения. Измеренные значения эквивалентного уровня шума превышают ПДУ в 1,27–1,49 раза, что указывает на высокую степень акустического дискомфорта. На основании натурных исследований проведен регрессионный анализ, результаты которого свидетельствуют о высокой зависимости шумовой характеристики автотранспортных потоков от их интенсивности. Для снижения уровня акустического воздействия от автотранспорта на данном участке улично-дорожной сети предложена установка шумозащитного экрана.

Библиографический список

1. Aggelakakis A., Anagnostopoulou A., Tromaras A., Boile M., Mantzinou N. Influence of Traffic Emissions on Urban Air Quality: A Case Study of a Medium Sized City // CSUM 2018: Data Analytics: Paving the Way to Sustainable Urban Mobility. 2018. Pp. 323–329.
2. Suleimanov I. F., Kharlyamov D. A., Mavrin G. V., Tretyak L. N., Sultanov N. Z., Volnov A. S. Justification for the road transport stream parameters on basis of their ecological monitoring // Indo American Journal of Pharmaceutical sciences. 2018. № 5 (5). Pp. 4423–4429.
3. Seifriedsberger J., Rumplmayr P. Evaluation of the combustion noise of passenger car diesel engines // Automotive and Engine Technology. 2016. № 1. Pp. 47–56. DOI 10.1007/s41104-016-0001-5.
4. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for calculating on-time duration of the main cycle of a set of coordinated traffic lights // Transportation Research Procedia, 20, 2017. Pp. 231–235. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.060.
5. Makarova I., Yakupova G., Buyvol P., Shubenkova K., Abeshev K., Drakaki M. Improving road safety by affecting negative factors // VEHTS 2019-Proceedings of the 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems. 1. 2019. Pp. 629–637.
6. Cindie A., Guillaume S. P. Comparing effects of eco-driving training and simple advices on driving behavior // Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012. vol. 54. Pp. 211–220.
7. Ho S. H., Wong Y. D., Chang V. W. C. What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme // Sustainable Cities and Society, 2015. Vol. 14. Pp. 82–88.
8. Stanley J., Ellison R., Loader C., Hensher D. Reducing Australian motor vehicle greenhouse gas emissions // Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2018. Vol. 109. Pp. 76–88.
9. Mensing F., Bideaux E., Trigui R., Ribet J., Jeanneret B. Eco-driving: An economic or ecologic driving style? // Transportation Research. 2014. Part C. Vol. 38. Pp. 110–121.
10. Мирзоева Ф. М., Шекихачева З. З. Проблемы экологической обстановки на автомобильном транспорте в Российской Федерации // Фундаментальные исследования. 2014. № 11 (12). С. 2665–2668.
11. Макарова И. В., Маврин В. Г., Магдин К. А. Влияние шумового загрязнения автомобильного транспорта на состояние окружающей среды урбанизированных территорий // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2018. № 2 (78). С. 13–24.
12. Magdin K., Mavrin V., Boyko A. Correlation Between Noise And Air Pollution From Car Sources // 12-th International Conference on the Developments in Esystems engineering (DESE 2019). Pp. 812–816. DOI: 10.1109/DeSE.2019.00151
13. Makarova I., Mavrin V., Magdin K. Influencia de la contaminación acústica del transportemotorizado en el estado del medio ambiente de las zonas urbanas // Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. 2018. № 96 (IV) (Edición Especial)
14. Health implication of road, railway and aircraft noise in the European Union. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment, 2014, 59 p.
15. Stansfeld S. A., Shipley M., Noise sensitivity and future risk of illness and mortality // Science of the Total Environment, 2015. Pp. 114–119. DOI: 10.1016 / j.scitotenv.2015.03.053.
16. Murphy E., Douglas O. Population exposure to road traffic noise: Experimental results from varying exposure estimation approaches // Transportation Research. Part D 58. 2018. Pp. 70–79. DOI: 10.1016/j.trd.2017.11.006.
17. Weyde K. V., Krog N. H., Oftedal B., Magnus P., Overland S., Stansfeld S., Nieuwenhuijsen M. J., Vrijheid M., Aasvang G. M. Road traffic noise and children's inattention // Environmental Health, 16(1):127, 2017. DOI 10.1186/s12940-017-0337-y.
18. Шашурин А. Е., Семенов Н. Г. Исследование транспортных шумозащитных экранов // Noise: theory and practice. 2018. Т. 4, № 1 (11). С. 46–55.
19. Цукерников И. Е. Оценка эффективности шумозащитных экранов при защите высотных зданий от шума // Строительство и реконструкция. 2019. № 3 (83). С. 41–46.
20. Безверхая Е. А., Чеботарева Е. Ю. Анализ методик расчета эффективности шумозащитных экра-

нов // Noise: theory and practice. 2018. Т. 4, № 2 (12). С. 30–39.

21. Шашурин А. Е. Новые технические и технологические решения для снижения акустического загрязнения шумозащитными экранами: монография. Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова, 2018. 134 с. ISBN 978-5-907054-27-1.

22. Айрбабамян С. А., Бугарёв Е. А. Виды шумозащитных экранов // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. Т. 4, № 1 (15). С. 134–138.

23. Корчака А. В. Опыт разработки шумозащитных мероприятий для селитебной территории г. Владивостока // Достижения науки и образования. 2018. Т. 1, № 7 (29). С. 5–8.

24. Цукерников И. Е., Тихомиров Л. А., Щурова Н. Е., Невенчанная Т. О. Оценка возможности снижения шума от МКАД на жилой территории «Заречье» // Жилищное строительство. 2016. № 6. С. 37–39.

References

1. Aggelakakis A., Anagnostopoulou A., Tromaras A., Boile M., Mantzinou N. Influence of traffic emissions on urban air quality: A case study of a medium sized city. *CSUM 2018, Data Analytics, Paving the Way to Sustainable Urban Mobility*, 2018, pp. 323–329.

2. Suleimanov I. F., Kharlyamov D. A., Mavrin G. V., Tretyak L. N., Sultanov N. Z., Volnov A. S. Justification for the road transport stream parameters on basis of their ecological monitoring. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2018, no. 5 (5), pp. 4423–4429.

3. Seifriedsberger J., Rumlpmayr P. Evaluation of the combustion noise of passenger car diesel engines. *Automotive and Engine Technology*, 2016, no. 1, pp. 47–56. DOI 10.1007/s41104-016-0001-5.

4. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for calculating on-time duration of the main cycle of a set of coordinated traffic lights. *Transportation Research Procedia*, 2017, no. 20, pp. 231–235. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.060.

5. Makarova I., Yakupova G., Buyvol P., Shubenkova K., Abeshev K., Drakaki M. Improving road safety by affecting negative factors. *VEHITS 2019-Proceedings of the V International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*, 2019, no. 1, pp. 629–637.

6. Cindie A., Guillaume S. P. Comparing effects of eco-driving training and simple advices on driving behavior. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2012, vol. 54, pp. 211–220.

7. Ho S. H., Wong Y. D., Chang V. W. C. What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme. *Sustainable Cities and Society*, 2015, vol. 14, pp. 82–88.

8. Stanley J., Ellison R., Loader C., Hensher D. Reducing Australian motor vehicle greenhouse gas emissions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2018, vol. 109, pp. 76–88.

9. Mensing F., Bideaux E., Trigui R., Ribet J., Jeanneret B. Eco-driving: An economic or ecologic driving style? *Transportation Research*, 2014, Part C, vol. 38, pp. 110–121.

10. Mirzoeva F. M., Shekihacheva Z. Z. *Problemy ekologicheskoy obstanovki na avtomobil'nom transporte v Rossijskoj Federatsii* [Problems of ecological situation on road transport in the Russian Federation]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, 2014, no. 11 (12), pp. 2665–2668.

11. Makarova I. V., Mavrin V. G., Magdin K. A. *Vliyanie shumovogo zagryazneniya avtomobil'nogo transporta na sostoyanie okruzhayushchej sredy urbanizirovannykh territorij* [Influence of noise contamination of automobile transport on the state of the environment of urbanized territories]. *Social'no-ekonomicheskie i tekhnicheskie sistemy: issledovanie, proektirovanie, optimizatsiya – Socio-economic and technical systems: research, design, optimization*, 2018, no. 2 (78), pp. 13–24.

12. Magdin K., Mavrin V., Boyko A. Correlation between noise and air pollution from car sources. *Proceedings of the 12-th International Conference on the Developments in Ecosystems engineering (DESE 2019)*, pp. 812–816. DOI: 10.1109/DeSE.2019.00151

13. Makarova I., Mavrin V., Magdin K. Influencia de la contaminación acústica del transportemotorizado en el estado del medio ambiente de las zonas urbanas. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2018, no. 96 (IV) (Edición Especial)

14. *Health implication of road, railway and aircraft noise in the European Union*. Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment Publ., 2014, 59 p.

15. Stansfeld S. A., Shipley M. Noise sensitivity and future risk of illness and mortality. *Science of the Total Environment*, 2015, pp. 114–119. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.03.053.

16. Murphy E., Douglas O. Population exposure to road traffic noise: Experimental results from varying exposure estimation approaches. *Transportation Research, Part D* 58, 2018, pp. 70–79. DOI: 10.1016/j.trd.2017.11.006.

17. Weyde K. V., Krog N. H., Oftedal B., Magnus P., Overland S., Stansfeld S., Nieuwenhuijsen M. J., Vrijheid M., Aasvang G. M. Road traffic noise and children's inattention. *Environmental Health*, 2017, no. 16(1), p. 127. DOI 10.1186/s12940-017-0337-y.

18. Shashurin A. E., Semenov N. G. *Issledovanie transportnykh shumozashchitnykh ekranov* [Investigation of transport noise barrier screens]. *Noise: Theory and Practice*, 2018, vol. 4, no. 1 (11), pp. 46–55.

19. Tsukernikov I. E. *Otsenka effektivnosti shumozashchitnykh ekranov pri zashchite vysotnykh zdaniy*

ot shuma [Evaluation of the effectiveness of noise shielding cranes in the protection of high-rise buildings from noise]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya – Construction and Reconstruction*, 2019, no. 3 (83), pp. 41–46.

20. Bezverhaya E. A., Chebotareva E. Yu. *Analiz metodik rascheta effektivnosti shumozashchitnyh ekranov* [Analysis of methods for calculating the effectiveness of noise barrier shields]. *Noise: Theory and Practice*, 2018, vol. 4, no. 2 (12), pp. 30–39.

21. Shashurin A. E. *Novye tekhnicheskie i tekhnologicheskie resheniya dlya snizheniya akusticheskogo zagryazneniya shumozashchitnymi ekranami* [New technical and technological solutions aimed at reducing acoustic contamination by noise shielding]. Sankt-Peterburg: BGTU «Voenmekh» im. D. F. Ustinova Publ., 2018, 134 p. ISBN 978-5-907054-27-1.

22. Ajrbabamyan S. A., Bugaryov E. A. *Vidy shumozashchitnyh ekranov* [Types of noise barrier shields]. *Izvestiya MGTU «MAMI» – Proceedings of MSTU «MAMI»*, 2013, vol. 4, no. 1 (15), pp. 134–138.

23. Korchaka A. V. *Opyt razrabotki shumozashchitnyh meropriyatij dlya selitebnoj territorii g. Vladivostoka* [Experience in developing noise protection measures for the residential area of Vladivostok]. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya – Achievements of Science and Education*, 2018, vol. 1, no. 7 (29), pp. 5–8.

24. Tsukernikov I. E., Tihomirov L. A., Shchurova N. E., Nevenchannaya T. O. *Otsenka vozmozhnosti snizheniya shuma ot MKAD na zhiloy territorii “Zarech’e”* [Assessment of the possibility of noise reduction from the Moscow Ring Road in the residential area “Zarechye”]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing Construction*, 2016, no. 6, pp. 37–39.