

УДК 614.7, 004.4

Программный комплекс для дифференциальной оценки риска здоровью населения от воздействия шума железнодорожного и автомобильного транспорта

Д. И. Фесак, Н. В. Давыдов, Д. А. Колобов, А. А. Федосеенко

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Фесак Д. И., Давыдов Н. В., Колобов Д. А., Федосеенко А. А. Программный комплекс для дифференциальной оценки риска здоровью населения от воздействия шума железнодорожного и автомобильного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 2. С. 470–479. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-470-479

Аннотация

Цель: в современном мире количество транспорта на дорогах растет в геометрической прогрессии, а инфраструктура или остается неизменной, или меняется, но происходит это не так быстро, как хотелось [1]. Долгосрочные последствия воздействия шума, такие как нарушения в работе сердечно-сосудистой системы (повышение артериального давления, инфаркты миокарда, ишемическая болезнь сердца и др.), нервной системы (расстройство сна, когнитивные нарушения, вегетососудистая дистония), болезни уха и сосцевидного отростка (кондуктивная и нейросенсорная потеря слуха), депрессии и другие психические расстройства [2–4], в большей степени связаны с показателями, которые суммируют шумовое воздействие в течение длительного времени. Как при проведении испытаний аккредитованными специалистами, так и при выборе жилья покупателями, приходится полагаться на аналитический или практический способ оценки шумовой загрязненности помещения. С целью обеспечения человека простым и объективным способом оценки шумовой загрязненности был разработан программный комплекс, позволяющий оценить воздействие шумового загрязнения от транспорта на здоровье населения. **Методы:** количественная оценка риска выполнена в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума». **Результаты:** с целью автоматизации расчетов, унификации оценки результатов и снижения затрат времени авторами предлагается программный комплекс для дифференциальной оценки риска здоровью населения от воздействия железнодорожного и автомобильного транспорта. Конечным продуктом является удобное, кросс-платформенное приложение для оперативной оценки риска в полевых условиях для сотрудников испытательных центров, проводящих измерения шума от известных источников автомобильного, железнодорожного или комбинированного транспортных потоков. **Практическая значимость:** удобство и оптимизация обработки рисков по замерам шума сотрудниками шумометрических лабораторий при помощи приложения.

Ключевые слова: шум, шумовое загрязнение, риски развития заболеваний, экология, охрана здоровья.

Введение

Транспорт является одним из основных элементов современного общества. Без транспорта человечество не смогло бы обеспечить себе удобное и безопасное передвижение. Однако количество транспортных средств на дорогах растет из года в год, что приводит к проблемам, связанным с загрязнением воздуха химическими веществами и акустическим шумом. С каждым годом вопрос охраны окружающей среды и обеспечения комфортной городской среды становится все более актуальным. Одним из решений является создание эффективной системы управления движением, перевозками и логистикой, что может включать в себя разработку и внедрение новых технологий, создание новых материалов для дорожного покрытия, размещение системы велосипедных дорожек, развитие общественного транспорта и многое другое. Для комплексной оценки шумового загрязнения необходимо проводить регулярный мониторинг шума и принимать меры по его снижению [5]. Акустическое загрязнение, превышающее предельно установленные значения, может вызвать бессонницу, ухудшить самочувствие, привести к психическим расстройствам, нарушениям слуха, повреждению головного мозга и снижению концентрации и внимания [6]. Это особенно актуально для детей и подростков, которые постоянно контактируют с шумом и вынуждены учиться в условиях повышенной психоэмоциональной нагрузки [7]. Для снижения такой стрессовой нагрузки необходимо применять комплексные меры. Прежде всего, необходимо усиливать контроль шума, внедрять новые технологии и разработки, которые могут уменьшить уро-

вень шума в городах и снизить риски для здоровья жителей. Кроме того, необходимо проводить просветительские мероприятия среди населения о важности контроля шума и необходимости соблюдения норм и правил безопасности, связанных с шумовым загрязнением. Это позволит защитить жизнь и здоровье людей и сохранить комфортную городскую среду [8].

Выявление рисков для здоровья населения, связанных с транспортом, является одной из основных задач современного общества. Для эффективного и точного определения уровня угрозы здоровью и благополучия населения необходимо использовать данные, поступающие из разных источников, — инструментальные измерения, карта распространения шумового загрязнения, уровень заболеваемости, жалобы населения. Одним из основных источников информации акустического загрязнения являются данные измерений уровня шума от автомобильного и железнодорожного транспорта [9, 10]. Данные могут собираться с помощью специального оборудования (шумомера) и передаваться в лабораторию для обработки результатов. Данные автоматизированных измерений шума от автомобильного и железнодорожного транспорта могут быть использованы для расчета и определения уровня опасности и оценки риска для здоровья населения. Важно отметить, что выявление транспортных рисков является многофакторной задачей, требующей комплексного подхода и учета различных параметров [11]. Среди них — выбор точки и времени проведения измерений, компетентность проводящего измерения сотрудника, точность и воспроизводимость полученных результатов, а также правильность расчета рисков

здоровья населения. Проведение правильных и независимых интерпретаций и анализа проведенных исследований помогают не только определить уровень опасности, но и предложить меры для предотвращения возможных нарушений здоровья населения.

Оценка риска для здоровья населения при воздействии транспортного шума выполняется с целью [12, 13]:

1) выявления факторов, опасных для жизни и здоровья человека;

2) прогноза изменения санитарно-гигиенической ситуации.

Оценка риска может производиться при:

1) проведении гигиенических оценок, исследований и экспертиз;

2) проектировании путей сообщения и транспортных предприятий, размещаемых на территории населенных мест;

3) обосновании управленческих решений, направленных на снижения уровней риска здоровью населения.

ТАБЛИЦА 1. Эффекты для здоровья населения при воздействии ночного шума

Поражаемые органы и системы	Нарушения здоровья	Данные о пороговых уровнях шума, дБ
Нервная система	Нервозность (нервное напряжение, раздражение)	35
	Расстройство сна	40
	Когнитивные нарушения	42
	Вегетососудистая дистония	60
Система кровообращения	Повышение кровяного давления неспецифическое, без диагноза гипертензии	65
	Гипертензивная болезнь сердца	70
	Ишемическая болезнь сердца	70
	Стенокардия	70
	Инфаркт миокарда	70
Болезни уха и сосцевидного отростка	Шум в ушах (субъективный)	45
	Кондуктивная и нейросенсорная потеря слуха	80
	Потеря слуха, вызванная шумом	80

Для упрощения работы служб санитарно-эпидемиологического надзора в сфере оценки рисков населения от воздействия транспортного шума авторами работы представлена разработка — приложение для автоматической обработки полученного при инструментальных замерах результата прямо «в поле».

Методика работы: для математического аппарата предлагаемого приложения были использованы методические рекомендации МР — 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоро-

вья населения от воздействия транспортного шума». Конечным продуктом является удобное в использовании, интуитивно понятное приложение, с помощью которого можно сразу после замеров произвести расчет требуемых параметров.

При детальном рассмотрении представленных в табл. 2 формул можно сделать вывод о необходимых высоких компетенциях сотрудника, который должен выполнить этот расчет.

ТАБЛИЦА 2. Расчетные формулы, представленные в МР — 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума»

3.1	Заболевания органов системы кровообращения	$OR = 1.63 - 6.13 \cdot 10^{-4} \cdot L_{day,16}^2 + 7.36 \cdot 10^{-6} \cdot L_{day,16}^3$ (для диапазона 55–80 дБ)
3.2	Доля лиц, раздраженных ночным шумом (НА), %	$HA = 0.5118 \cdot (L_{den} - 42) - 1.436 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{den} - 42)^2 + 9.868 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 42)^3$
3.3	Раздражение на шум	$R = 100/1 + \exp \cdot (10.4 - 0.132 \cdot L_{den})$
3.4	Доля лиц с устойчивым нарушением сна, при авиационном шуме (HSD), %	$HSD = 18.147 - 0.956L_{night} + 0.0149 \cdot L_{night}^2$
3.5	Доля лиц с устойчивым нарушением сна, при шуме железной дороги (HSD), %	$HSD = 11.3 - 0.55L_{night} + 0.00759 \cdot L_{night}^2$
3.6	Доля лиц с устойчивым нарушением сна, при автомобильном шуме (HSD), %	$HSD = 20.8 - 1.05L_{night} + 0.0149 \cdot L_{night}^2$
3.7	Развитие неспецифических эффектов	$Risk^{NSP} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-00}^{Pr^{NSP} \cdot \frac{x}{0.511}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \text{ где } Pr^{NSP} = -4.551 + 0.8531 \lg \left(\frac{Dt}{0.511} \right)$
3.8	Жалобы населения на шум	$Risk^{SOC} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-00}^{Pr^{SOC} \cdot \frac{x}{4.8 \cdot 10^{-4}}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \text{ где } Pr^{SOC} = -6.5027 + 0.8891 \lg \left(\frac{D}{4.8 \cdot 10^{-4}} \right)$
3.9	Развитие специфических эффектов	$Risk^{SP} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-00}^{Pr^{SP} \cdot \frac{x}{0.511}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \text{ где } Pr^{SP} = -6.6771 + 0.7041 \lg \left(\frac{Dt}{0.511} \right)$

В настоящее время приведенные выше расчеты выполняются вручную, что приводит к таким последствиям как:

1. Ошибки в расчетах.
2. Ошибки при заполнении документов.
3. Увеличение необходимого времени для проведения оценки рисков.

Авторы представленной работы предлагают оптимизировать (автоматизировать) процесс оценки и расчета рисков с помощью программного продукта.

С целью наработки базы данных для дальнейшей проверки работоспособности программного продукта были произведены инструментальные измерения в двух

местах: оживленной автомобильной дороге (рис. 1), а также в нагруженном железнодорожном узле (рис. 2).

Измерения проводились с помощью шумомера Октава 110А — цифровой интегрирующий шумомер 1 класса (ГОСТ Р 53188.1), а также анализатор спектра (1/1- и 1/3-октавные фильтры, класс 1 по ГОСТ 17168 и МЭК 61260). Он используется для измерения уровня шума в окружающей среде и широко применяется в промышленности, науке и технике.

Основные характеристики шумомера Октава 110А:

1. Диапазон измерения уровня звука: от 22 до 139 дБ.

2. Точность измерения: ± 1 дБ.
3. Время отклика: менее 1 сек.
4. Питание: от четырех батареек типа АА.
5. Габариты: $354 \times 86 \times 36$ мм.
6. Масса: 605 г.

Октава 110А используется как профессионалами, так и любителями для контроля уровня шума на рабочих местах, в жилых помещениях, на концертах и других мероприятиях. Прибор также может использоваться для научных исследований и мониторинга окружающей среды.

Для измерений были выбраны несколько временных промежутков:

- 1) Ночь в будний день (01:00).
- 2) Ночь в выходной день (01:00).
- 3) Рабочий день (13:00).

Измерения проводились в соответствии с вышеуказанными методическими рекомендациями.

По результатам замеров на первом участке (оживленной автомобильной улице) было получено превышение предельно допустимых норм во всех частотных диапазонах в точках и времени измерения.

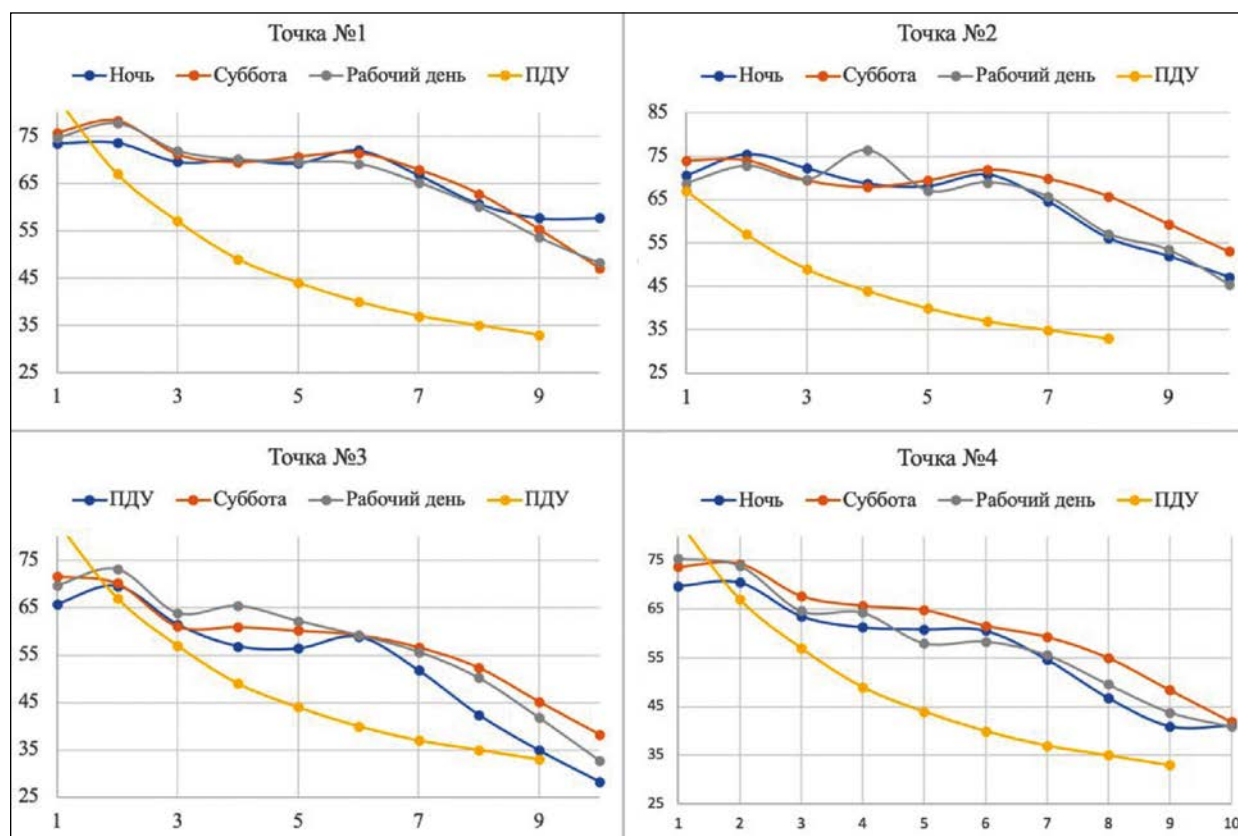


Рис. 1. Результаты измерений шума в четырех точках на Московском проспекте

Также были произведены измерения в районе сортировочной горки Ивановского муниципального округа. Данные замеры также имеют превышения по предельно допустимым нормам во многих частотных

диапазонах (рис. 1). На графиках (точка 2, точка 3) можно увидеть присущий данной местности характерный пик на 1000–4000 Гц. Данный звук исходит от колесных пар при их роспуске по сортировочной горке.

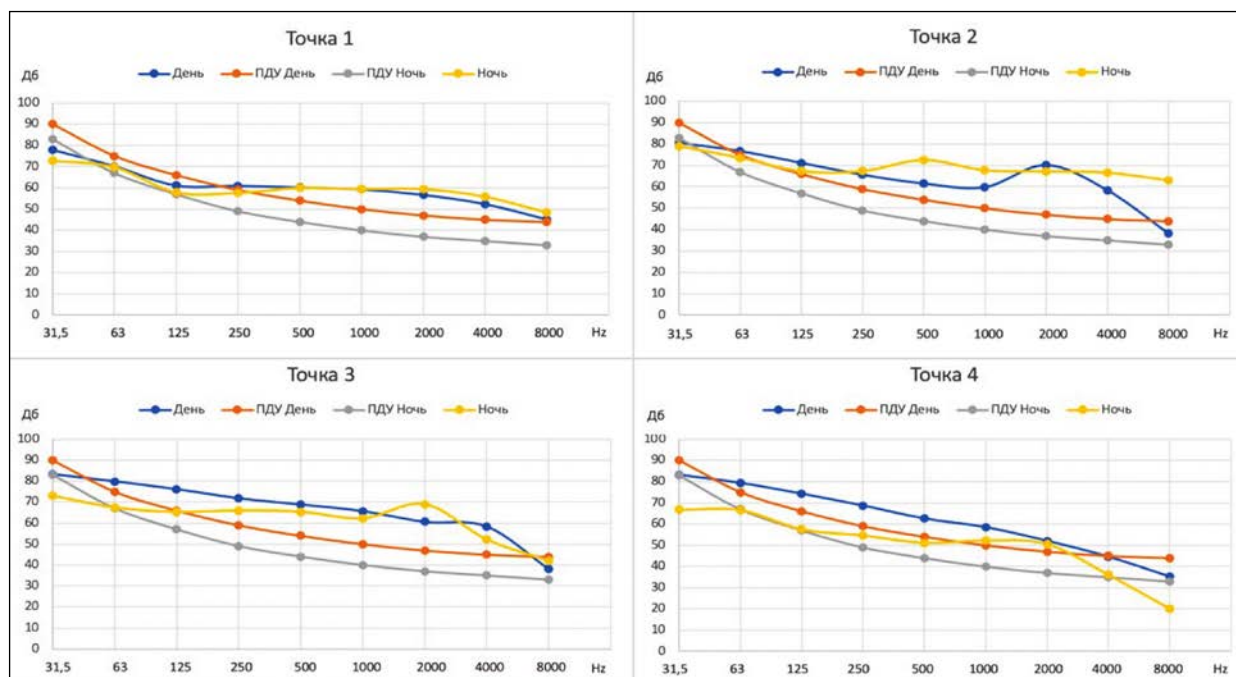


Рис. 2. Результаты измерений шума в четырех точках в районе Сортировочной

После накопления достаточной базы данных для отладки программы был составлен программный код. Результатом работы явилось приложение для опе-

рационной системы Windows, его можно использовать как на персональном компьютере, так и в полевых условиях, на ноутбуке.

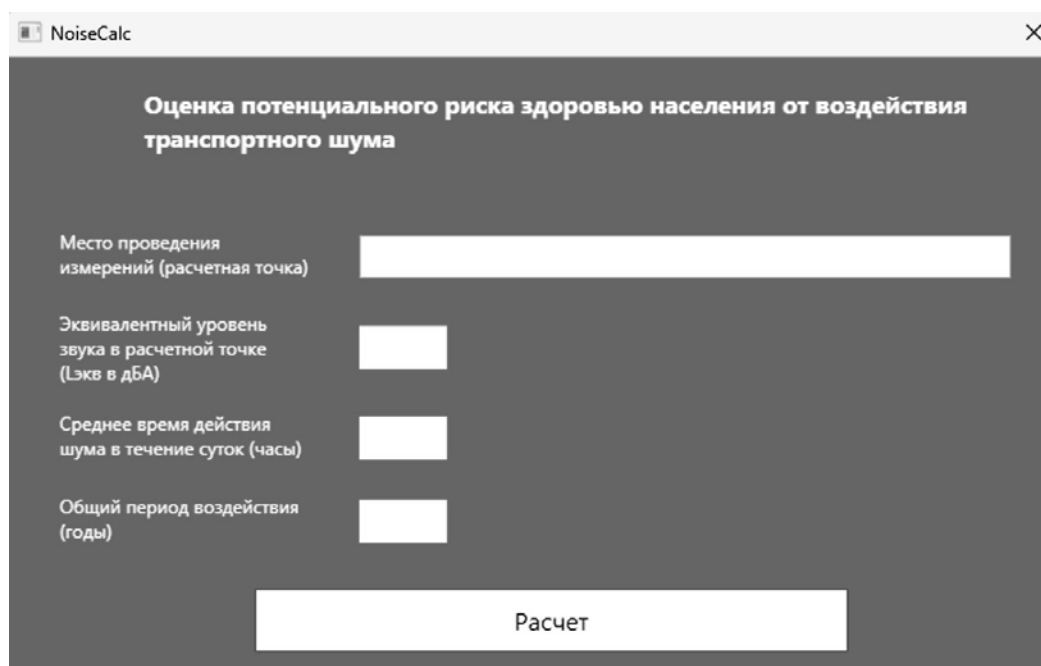


Рис. 3. Заглавный экран приложения

Использование приложения в рабочих, полевых, условиях предоставляет возможность произвести расчет сразу после измерения уровня шума в различном частотном диапазоне. Его мобильность позволяет быстро рассчитать большой объем данных, что увеличивает его полезность и область применения.

Программная часть приложения написана на актуальном в наше время языке программирования С#, соответственно, в будущем программу можно будет дорабатывать и оптимизировать под текущие потребности.

На рис. 3 и 4 представлен интерфейс приложения, интуитивно понятный сотруднику, проводящему измерения шумовой загрязненности.



Рис. 4. Пример сформированного отчета

Заключение

Была проделана работа по замеру шума в различном частотном диапазоне, составлена база данных и написано итоговое приложение для оценки рисков. Программный комплекс прошел государственную регистрацию программы для ЭВМ и получил свидетельство № 2023682445 (правообладатель ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I).

Благодарности

Настоящая статья опубликована при поддержке Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ, выполняемых студенческими научными коллективами.

Библиографический список

1. Копытенкова О. И., Леванчук А. В., Еремин Г. Б. Гигиеническая характеристика воздушного бассейна в районе интенсивной эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса // Гигиена и санитария. 2019. 98 (6). С. 613–618. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-6-613-618.
2. Garg N. Effects of Noise on Health // Environmental Noise Control. Springer, Cham. 2022. P. 397–445. DOI: 10.1007/978-3-030-87828-3_9.
3. Park J., Chung S., Lee J., et al. Noise sensitivity rather than noise level predicts the non-auditory effects of noise in community samples: a population-based survey // BMC Public Health. 2017. Apr 12 17(1). P. 315. DOI: 10.1186/s12889-017-4244-5.
4. Weuve J., D'Souza J., Beck T., et al. Long-term community noise exposure in relation to dementia, cognition, and cognitive decline in older adults // Alzheimers Dement. 2021. Mar. 17 (3). P. 525–533. DOI: 10.1002/alz.12191.

5. Semeikin A. Yu. Risk Assessment for Public Health from Transportation Noise (on the example of the city of Belgorod) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. 115 (2018). P. 012–019. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012019
6. Копытенкова О. И., Афанасьева Т. А., Бурнашов Л. Б. и др. Гигиеническая оценка мер снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории // Гигиена и санитария. 2019. 98 (6). С. 671–676. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-6-671-676.
7. Леванчук А. В., Копытенкова О. И., Афанасьева Т. А. Гигиеническое обоснование методов снижения акустической нагрузки в жилых помещениях // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10. С. 46–51. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-46-51.
8. Копытенкова О. И., Леванчук А. В., Рябец В. В. Гигиенические аспекты оценки процесса формирования комфортной городской среды // Гигиена и санитария. 2020. № 99 (6). С. 551–556. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-551-556.
9. Kopytenkova O., Ryabets V., Kopytenkova O. Al Saud Saleh Yacoub Comparative Analysis of Methods for Assessing the Environmental Security of Territories // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. 2021. Vol. 2. Springer Nature, 2022. P. 1523–1531. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_170.
10. Kalinichenko E. A., Pirumova I. V., Akhtyamov R. G., et al. Comparative Analysis of Noise Reduction Methods in Car Braking Process on Classification Hump Yards // Transportation Research Procedia. 2022. № 12. Irkutsk, Krasnoyarsk. P. 526–531. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.085.
11. Hahad O., Prochaska J. H., Daiber A. et al. Environmental noise-induced effects on stress hormones, oxidative stress, and vascular dysfunction: key factors in the relationship between cerebrocardiovascular and psychological disorders // Oxid Med Cell Longev. 2019. DOI: 10.1155/2019/4623109.
12. Fink D., Mayes J. Too loud non-occupational noise exposure causes hearing loss // Proc Mtgs Acoust. 2021. Vol. 43, iss. 1. P. 04000 DOI: 10.1121/2.0001436.
13. Raska A. Best practices for the assessment of the public health effects of noise from proposed development projects // University of British Columbia. 2018. DOI: 10.14288/1.0365774.
- Дата поступления: 18.03.2024
Решение о публикации: 30.05.2024
- Контактная информация:**
ФЕСАК Данил Ильич — студент; danilfesak@gmail.com
ДАВЫДОВ Никита Васильевич — студент; nikitadavydov919@gmail.com
КОЛОБОВ Дмитрий Алексеевич. — студент; blackpirramida@gmail.com
ФЕДОСЕЕНКО Анастасия Алексеевна — канд. хим. наук, доцент; aa.fedoseenko@mail.ru

A software package for differential assessment of the public health risk from exposure to noise from rail and road transport

D. I. Fesak, N. V. Davydov, D. A. Kolobov, A. A. Fedoseenko

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Fesak D. I., Davydov N. V., Kolobov D. A., Fedoseenko A. A. A software package for differential assessment of the public health risk from exposure to noise from rail and road transport // *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2024. Vol. 21, iss. 2. P. 470–479. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-470-479

Abstract

Objective: in the modern world, the number of vehicles on the roads is growing exponentially, and the infrastructure either remains unchanged or is changing, but it is not happening as fast as we would like [1]. Long-term effects of noise exposure, such as disorders of the cardiovascular system (high blood pressure, myocardial infarction, coronary heart disease, etc.), the nervous system (sleep disorder, cognitive impairment, vegetative vascular dystonia), diseases of the ear and mastoid process (conductive and sensorineural hearing loss), depression and other mental disorders [2, 3, 4], are more related to indicators that sum up the noise exposure over a long time. Both when conducting tests by accredited specialists and when choosing housing for buyers, you have to rely on an analytical or practical way to assess the noise pollution of a room. In order to provide a person with a simple and objective way to assess noise pollution, a software package has been developed that allows assessing the impact of noise pollution from transport on public health. **Methods:** quantitative risk assessment was carried out in accordance with the methodological recommendations of MP 2.1.10.0059-12 “Assessment of public health risk from exposure to traffic noise”. **Results:** in order to automate calculations, unify the evaluation of results and reduce time costs, the authors propose a software package for differential assessment of public health risks from exposure to rail and road transport. The end product is a user-friendly, cross-platform application for operational risk assessment in the field for employees of test centers who measure noise from known sources of automobile, railway or combined traffic flows. **Practical importance:** convenience and optimization of risk processing by noise measurements by employees of noise measurement laboratories using the application.

Keywords: noise, noise pollution, disease risks, ecology, health protection.

References

1. Kopy'tenkova O. I., Levanchuk A. V., Eremin G. B. Gigienicheskaya xarakteristika vozdušnogo bassejna v rajone intensivnoj e'kspluatacii dorozhno-avtomobil'nogo kompleksa // *Gigiena i sanitariya*. 2019. 98 (6). S. 613–618. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-6-613-618. (In Russian)
2. Garg N. Effects of Noise on Health // *Environmental Noise Control*. Springer, Cham. 2022. P. 397–445. DOI: 10.1007/978-3-030-87828-3_9.
3. Park J., Chung S., Lee J., et al. Noise sensitivity rather than noise level predicts the non-auditory effects of noise in community samples: a population-based survey // *BMC Public Health*. 2017. Apr 12 17(1). P. 315. DOI: 10.1186/s12889-017-4244-5.
4. Weuve J., D'Souza J., Beck T., et al. Long-term community noise exposure in relation to dementia, cognition, and cognitive decline in older adults // *Alzheimers Dement*. 2021. Mar. 17 (3). P. 525–533. DOI: 10.1002/alz.12191.

5. Semyekin A. Yu. Risk Assessment for Public Health from Transportation Noise (on the example of the city of Belgorod) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. 115 (2018). P. 012–019. DOI: 10.1088/1755-1315/115/1/012019.
6. Kopytenkova O. I., Afanas'eva T. A., Burnashov L. B. i dr. Gigienicheskaja ocenka mer snizhenija sverhnormativnogo akusticheskogo vozdejstviya na zhilye territorii // Gigiena i sanitarija. 2019. 98 (6). S. 671–676. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-6-671-676. (In Russian)
7. Levanchuk A. V., Kopytenkova O. I., Afanas'eva T. A. Gigienicheskoe obosnovanie metodov snizhenija akusticheskoy nagruzki v zhilyh pomeshhenijah // Zdorov'e naselenija i sreda obitanija. 2020. № 10. S. 46–51. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-331-10-46-51. (In Russian)
8. Kopytenkova O. I., Levanchuk A. V., Rjabec V. V. Gigienicheskie aspekty ocenki processa formirovaniya komfortnoj gorodskoj sredy // Gigiena i sanitarija. 2020. № 99 (6). S. 551–556. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-551-556. (In Russian)
9. Kopytenkova O., Ryabets V., Kopytenkova O. Al Saud Saleh Yacoub Comparative Analysis of Methods for Assessing the Environmental Security of Territories // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. 2021. Vol. 2. Springer Nature, 2022. P. 1523–1531. DOI: 10.1007/978-3-030-96383-5_170.
10. Kalinichenko E. A., Pirumova I. V., Akhtyamov R. G., et al. Comparative Analysis of Noise Reduction Methods in Car Braking Process on Classification Hump Yards // Transportation Research Procedia. 2022. № 12. Irkutsk, Krasnoyarsk. P. 526–531. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.01.085.
11. Hahad O., Prochaska J. H., Daiber A. et al. Environmental noise-induced effects on stress hormones, oxidative stress, and vascular dysfunction: key factors in the relationship between cerebrocardiovascular and psychological disorders // Oxid Med Cell Longev. 2019. DOI: 10.1155/2019/4623109.
12. Fink D., Mayes J. Too loud non-occupational noise exposure causes hearing loss // Proc Mtgs Acoust. 2021. Vol. 43, iss. 1. P. 04000. DOI: 10.1121/2.0001436.
13. Raska A. Best practices for the assessment of the public health effects of noise from proposed development projects // University of British Columbia. 2018. DOI: 10.14288/1.0365774.

Received: 18.03.2024

Accepted: 30.05.2024

Author's information:

Danil I. FESAK — student;

danilfesak@gmail.com

Nikita V. DAVYDOV — student;

nikitadavydov919@gmail.com

Dmitrij A. KOLOBOV — student;

blackpirramida@gmail.com

Anastasiya A. FEDOSEENKO — PhD, Associate

Professor; aa.fedoseenko@mail.ru