

## ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ В Г. САРАНСКЕ

**А. Н. Скворцов, А. П. Савельев, С. В. Пьянзов**  
*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)*

Одной из стратегических проблем современной экологии является исследование воздействия неблагоприятных факторов среды жизни на физическое развитие, здоровье населения и окружающую среду. Шум является одним таких факторов. Известно, что длительное воздействие шума приводит к нарастанию медленноволновой активности, а также изменению зрительного и слухового коркового ответа с нарастанием латентности и снижением амплитудных значений основных пиков, что свидетельствует о стрессовой реакции на раздражитель. Кроме того, хроническое воздействие шума приводит к снижению общей двигательной активности, повышению тревожности, снижению эмоциональной активности людей. Патоморфологические исследования выявили нарушение сосудистого характера при воздействии шума в течение 15 дней. Более длительное действие вызывает необратимые изменения в нервной ткани в виде снижения общего числа нейронов на единицу площади, наличия глиальных рубцов в области 2 слоя коры головного мозга. Если уровень энергии шума превышает предельно допустимый уровень (ПДУ), то проводятся шумозащитные мероприятия. В статье рассматриваются вопросы, затрагивающие одну из наиболее актуальных проблем современного мира – загрязнение селитебной территории автомобильным шумом; дается оценка акустического загрязнения городской среды от воздействия автотранспортных потоков; описываются транспортные, дорожные и архитектурно-градостроительные факторы акустического загрязнения городской среды; рассматриваются существующие методики оценки звукового давления, создаваемого потоком автотранспорта; даются рекомендации экологической направленности, касающиеся проектных решений транспортных магистралей на основе сочетания различных защитных факторов.

**Ключевые слова:** шум, акустическое загрязнение, городская среда, потоки автотранспорта, акустический экран

**Для цитирования:** Скворцов А. Н., Савельев А. П., Пьянзов С. В. Оценка акустического загрязнения селитебной территории в г. Саранске // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26, № 2. С. 218–227. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.218-227

## EVALUATION OF NOISE POLLUTION RESIDENTIAL AREAS IN SARANSK

**A. N. Skvortsov, A. P. Savelyev, S. V. Pyanzov**  
*National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)*

Research of influence of adverse factors of the environment of life on physical development and population health is one of actual problems of modern ecology. Noise is one of significant factors of negative influence to the man and to environment. That long-term exposure to noise leads to an increase in slow-wave activity, as well as changes in visual and auditory cortical response, with an increase in latency and a decrease in



the amplitude values of the main peaks, indicating that the stress response of animals to the stimulus. Additionally, chronic exposure leads to noise reduction in general motor activity, increased anxiety, reduced emotional activity animals. Pathological examination revealed a violation of the vascular nature when exposed to noise for 15 days, longer duration of action of factor causes irreversible changes in the nervous tissue in the form of reduction in the total number of neurons per unit area, the presence of glial scarring in the area of 2 layers of the cerebral cortex.

If the noise energies level from the object in a residential area exceeds the permissible levels (RC), the sound events.

This article discusses issues affecting one of the most urgent problems of the modern world, namely the contamination of residential areas by road noise. The estimation of the acoustic pollution of the urban environment from the effects of road traffic flows. Describes the transport, travel, architectural and planning factors acoustic urban pollution. The existing methodology for assessing the sound pressure generated by the flow of vehicles. Suggestions for environmental reconstruction project solutions highways based on a combination of various protective factors.

**Key words:** noise, acoustic baffle, urban environment, motor transport streams, baffle.

**For citation:** Skvortsov AN, Saveiyev AP, Pyanzov SV. Evaluation of noise pollution residential areas in Saransk. *Vestnik Mordovskogo universiteta* = Mordovia University Bulletin. 2016; 2(26):218-227. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.218-227

## Введение

Шум представляет собой беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложной временной и спектральной структурой. С физиологической точки зрения шумом может быть назван любой нежелательный звук (простой или сложный), мешающий восприятию полезных звуков (человеческой речи, сигналов и др.), нарушающий тишину и оказывающий вредное воздействие на человека [1–3].

Во всем мире от 30 до 40 % современных городов находится в зоне повышенного уровня шума. По данным исследователей, «шумовое загрязнение» сокращает продолжительность жизни людей на 10–12 лет. Негативное влияние на человека от шума мегаполиса на 36 % более значимо, чем от курения табака, которое сокращает жизнь человека в среднем на 6–8 лет. Основным видом акустического загрязнения городов выступает шум автотранспорта. Длительное проживание вблизи оживленных трасс приводит к проблемам, связанным с потерей слуха. По данным диспансеризации, в Российской Федерации от потери слуха страдают более 12 млн чел. [4–9].

Именно поэтому представляются важными измерение и сравнение уровня шума на улицах г. Саранска с ПДУ, проведение исследований о влиянии шума на здоровье человека, а также разработка мероприятий для снижения уровня шума.

## Обзор литературы

Основным признаком воздействия шума на организм является медленное снижение слуха и развивающаяся на его фоне нейросенсорная тугоухость. Нейросенсорная тугоухость в последние годы занимает лидирующую позицию в профессиональной заболеваемости не только в РФ но и в Польше, Германии, Финляндии, Норвегии, США и т. д. Проблемой тугоухости многие годы занимаются как российские, так и зарубежные ученые: Н. А. Преображенский, В. А. Романов, О. К. Патякина, З. Т. Пальчун, Н. Л. Кунельская, К. Zadory, Y. A. Ernster и др. [2; 10–12].

Среди работ, связанных с влиянием шума на организм, лидирующее место занимают труды по влиянию шума на кровообращение и ЦНС (Е. М. Качанов, Г. М. Вермель, Т. П. Бессараб, В. А. Кирьянов и др.) [13–17].

Турецкие и хорватские ученые, в частности О. Nedic, I. Yildirim, достаточно глубоко изучили влияние шума на сердечнососудистую систему человека. Они сформулировали теорию о том, что шум является источником стресса, причиной развития всевозможных заболеваний [13–16].

Обзор факторов шумового загрязнения городов показал, что наиболее значимыми факторами являются транспортные (эксплуатационное состояние транспортных средств, скорость их движения, интенсивность и состав транспортного потока, объем и характер перевозимых грузов, использование звуковых сигналов и т. д.); дорожные (количество полос движения, продольный и поперечный профиль дороги, устройство перекрестков, состояние покрытия дороги и т. д.); архитектурно-градостроительные (низкая пропускная способность автомагистралей, уменьшение площади зеленых насаждений, и т. д.) [8; 18–19].

Эти и другие факторы в совокупности определяют акустический фон городской среды в большинстве городов РФ.

В настоящее время в РФ существуют научные школы и проектные институты, которые разрабатывают методики оценки воздействия автотранспорта на акустическую среду городов. Данные методические указания учитывают параметры улично-дорожной сети, наличие насаждений, тип застройки и другие факторы, влияющие на распространение шумовой экспансии [11; 20–21].

Существующие методики учитывают также воздействие шумового давления в расчетной точке пространства, которая характеризуется эквивалентным уровнем шума ( $L_{\text{equivlent}}$ ). Наиболее точная методика разработана «ЦНИИП градостроительства РААСН». Она включает в себя определение следующих факторов: мощность шумового воздействия, долю городского автотранспорта, скорость потока, параме-

тры инфраструктуры города, ширину проезжей части, ширину улицы, коэффициент озеленения и т. д.) [3].

Тем не менее вышеизложенные методики дают неполную картину акустического загрязнения городов, поскольку учитывают не все факторы, необходимые при расчете. Таким образом, в настоящее время не существует единой оценки транспортного шума, а отраслевые дорожные методические документы носят лишь рекомендательный характер.

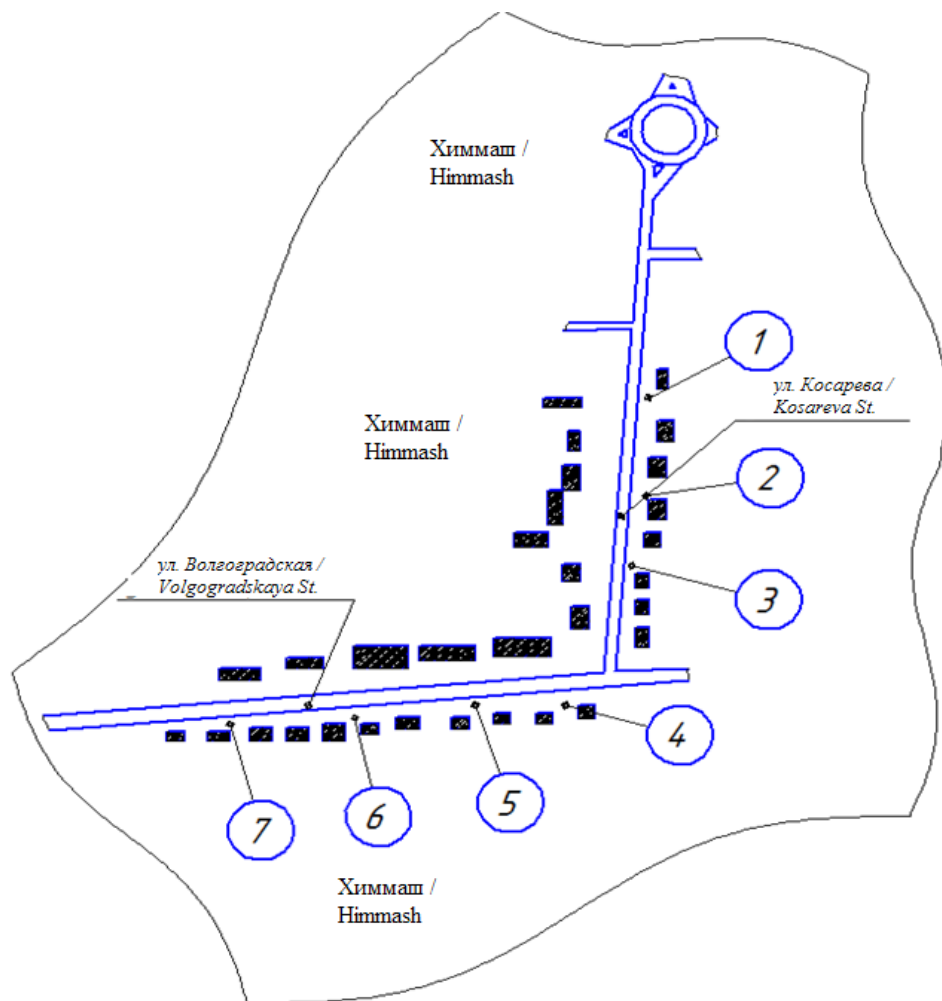
**Целью исследования** является оценка акустического загрязнения г. Саранска, а также разработка мер по снижению уровня шума.

#### **Материалы и методы**

Исходя из цели исследования была выполнена оценка загрязнения шумом г. Саранска. Замеры проводились на ул. Косарева, ул. Волгоградской вдоль автомобильных дорог в нескольких контрольных точках в дневное и ночное время около жилого массива (рис. 1). Данные замеров были сведены в таблицу. Протяженность рассматриваемого участка составила 5 км.

Исходя из требований нормативно-технических документов в качестве данных для расчета были использованы:

- 1) интенсивность движения автотранспорта в наиболее оживленное время дня и ночи (днем – 1 296 авт./ч; ночью – 665 авт./ч);
- 2) сумма грузового и общественно-го транспорта в потоке (22 %);
- 3) средняя скорость движения автотранспорта в потоке (50 км/ч);
- 4) продольный уклон проезжей части магистрали (улицы, дороги);
- 5) тип верхнего покрытия проезжей части;
- 6) ширина разделительной полосы;
- 7) количество полос движения транспорта;
- 8) длительность светового цикла вблизи перекрестков (разрешающая/запрещающая фаза светофора);
- 9) тип застройки по обе стороны от магистрали.



Р и с. 1. Схема выбранного участка дороги для проведения замеров шума; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – контрольные точки по замеру шума

F i g. 1. Driving the selected road section for noise measurements; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – breakpoints for measurement of noise



Т а б л и ц а

T a b l e

**Уровень звукового давления в расчетных точках**  
**Sound pressure level in the design points**

Контрольная точка / Counterol dot	Частота $f$ , Гц / Frequency $f$ , Hz									Эквивалентный уровень шума / Equivalent Noise level
	31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	
День / Day										
1	80,4	76,9	78,8	67	66,6	62,4	57,2	53,3	45,7	67,5
2	66,2	76,1	69,1	72,2	69,2	72,8	70	57	46,9	73,7
3	73,8	88,9	82,1	79,7	73,3	74,2	69,2	60,8	54,4	73,1
4	74,2	84,5	82,5	76,6	73,2	74,7	70,8	62,5	56,3	72,7
5	85,1	93,3	86,6	82,5	80,2	77	71,2	66,3	61,2	72,1
6	74,1	84,3	82,4	76,4	73,1	74,3	70,7	62,5	56,2	72,4
7	85,2	93,1	86,5	82,3	80,1	77,1	71,1	66,2	61,3	72,1
Ночь / Night										
1	70,8	71,4	65,9	56	55,9	55,2	51,4	45	45,3	61,7
2	73,7	76	69,8	64,3	64,3	62,5	56,8	48,6	44	62
3	67,8	70,5	64,9	63,6	60,9	63,9	60	49,2	38,1	65,4
4	68,7	67,5	66,9	65,4	55,9	58,6	57,1	48,7	37,9	63,9
5	67	69,4	67,5	64	62,4	66,3	62,6	53,4	42,8	62,4
6	70,7	71,3	65,8	56,1	55,8	55,1	51,3	45	45,2	61,6
7	66,9	69,3	67,4	63,9	62,3	66,2	62,5	53,3	42,7	62,3



Согласно полученным данным, эквивалентный уровень звука в дневное время составляет в среднем 71,9 дБА, ночью – 62,7 дБА. Санитарными правилами установлено, что шумовое загрязнение автомобилями в дневное время не должно превышать 60 дБА, а ночью – 45 дБА (в 2 м от ограждающих конструкций первого эшелона шумозащитных типов жилых зданий, обращенных в сторону магистральных улиц общественного и районного значения). Таким образом, было выявлено превышение уровня шума на ул. Косарева и ул. Волгоградской. Исходя из этого необходимо проведение технических мероприятий, которые позволят привести уровень шума в пределы нормы.

Наиболее эффективным средством для снижения уровня автомобильного шума являются транспортные акустические экраны (АЭ), которые располагаются вдоль автомобильных дорог. Транспортный АЭ – это твердое звуконепропускаемое препятствие, блокирующее линию прямой видимости от источника звука до точки наблюдения и создающее, таким образом, акустическую тень. Высокие акустические свойства экранов позволяет размещать их на небольших территориях, однако их применение сдерживается затратами на эксплуатацию, несмотря на то что с экономической точки зрения использование АЭ имеет большие перспективы в случаях, когда требуемое снижение уровня шума превышает 6 дБА [7; 22–23].

В настоящее время существует огромное количество транспортных АЭ, наиболее распространенными являются:

- плоские барьеры (экраны, в которых дифракция происходит на одной грани; изготавливаются высотой от 2 до 6 м; могут быть Г-образными, Т-образными, наклонными и т. д.);

- широкие барьеры (экраны, в которых дифракция происходит на двух гранях; эффективность таких экранов выше,

чем плоских, но затраты на производство больше; высота составляет 2–3 м);

- тоннели (сложные сооружения, в которых звук не проходит через стенки, а дифрагирует на элементах входа и выхода; эффективность, таким образом, зависит от длины АЭ и звукоизоляционного материала, из которого он состоит) [10].

Для понижения звуковой энергии автотранспорта на ул. Косарева и ул. Волгоградской наиболее выгодным является применение плоского АЭ Г-образной формы, поскольку он имеет небольшие габариты и достаточные звукозащитные свойства. Конструкция данного АЭ представлена на рис. 2.

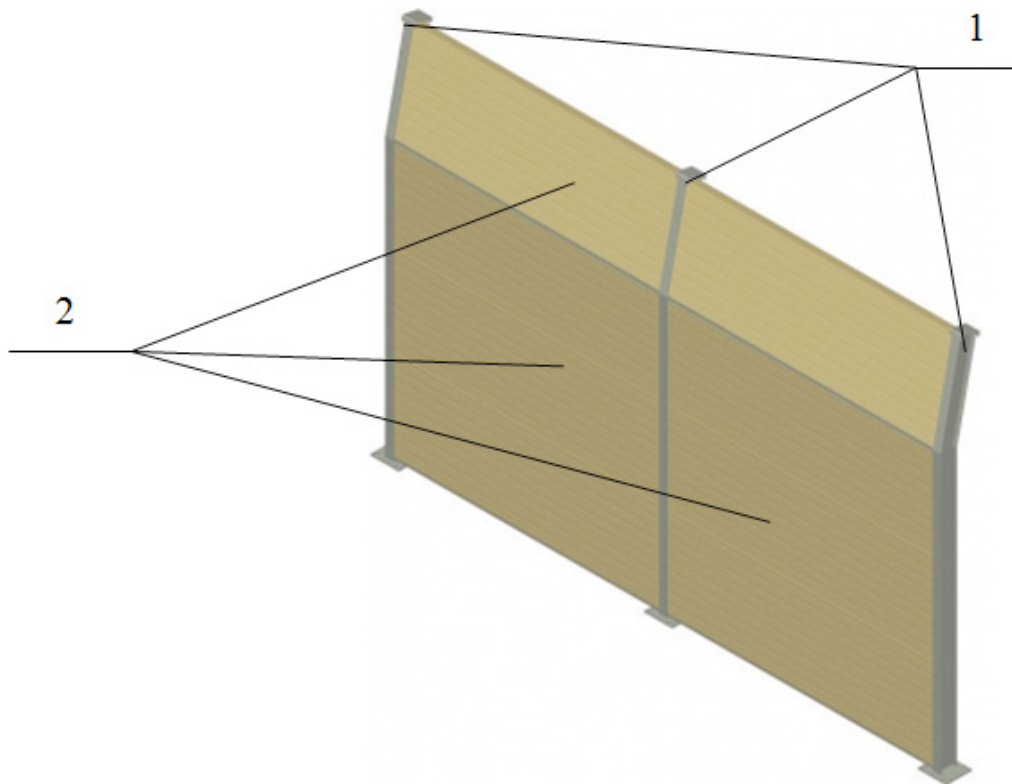
Также для снижения уровня шума возможно применить следующие меры: снизить скорость движения автомобилей с помощью технических средств организации дорожного движения; использовать шумопоглощающее покрытие; соблюсти требования к внешнему уровню шума при прохождении периодического технического осмотра автотранспортных средств.

### **Обсуждения и заключения**

Экологическая оценка проектного транспортного решения автомобильной дороги в г. Саранск на ул. Косарева и ул. Волгоградской показала, что эквивалентный уровень звука превышает допустимые нормы, установленные санитарными правилами. Было выявлено, что улучшение акустической обстановки является возможным только при использовании комплекса мер, направленных на уменьшение шумового фона. Решение данной проблемы может быть осуществлено посредством соблюдения баланса между количеством передвижающихся транспортных средств и возникающим уровнем шумового воздействия, а также проведения эффективных защитных мероприятий.

Также необходимо отметить, что в составе плана стратегического развития транспортной системы городской

инфраструктуры должны присутствовать комплексные мероприятия по охране окружающей среды, включающие шумозащитные.



Р и с. 2. Конструкция акустического экрана: 1 – вертикальная стойка (фигурная); 2 – акустическая сэндвич-панель

Fig. 2. Design of acoustic screen. 1 – vertical Stand (curly); 2 – acoustic sandwich panel

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савельев А. П., Скворцов А. Н. Звукоподавляющий облеженный акустический экран // Охрана и экономика труда. 2015. № 2 (19). С. 56–61. URL: [http://www.vcot.info/upload/doc/№2\(19\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/№2(19)-2015.pdf).
2. Шишелова Т. И., Малыгина Ю. С., Нгуен Суан Дат. Влияние шума на организм человека // Успехи современного естествознания. 2009. № 8. С. 14–15. URL: <http://www.rae.ru/use/pdf/2009/8-S/9.pdf>.
3. Савельев, А. П., Скворцов А. Н. Расчет коэффициента звукопоглощения сложной конструкции звукоподавляющего акустического экрана // Охрана и экономика труда. 2015. № 3 (20). С. 27–32. URL: [http://www.vcot.info/upload/doc/Документы%20для%20мероприятий/№3\(20\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/Документы%20для%20мероприятий/№3(20)-2015.pdf).
4. СН 2.2. 4/2.1.8.562-96 Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. URL: [http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms\\_new/sanpin/1.pdf](http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/sanpin/1.pdf).



5. Профессиональные заболевания : руководство для врачей / Под ред. Н. Ф. Измерова. М. : Медицина, 1996. URL: [http://www.academia-moscow.ru/ftp\\_share/\\_books/fragments/fragment\\_23389.pdf](http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_23389.pdf).
6. ГОСТ Р ИСО 9612-2013 Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. URL: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293772/4293772719.pdf>.
7. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. М. : Госстрой России, 2003. 40 с. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/39/39320>.
8. Савельев А. П., Пьянзов С. В., Скворцов А. Н. Акустические конструкции коллективной защиты от производственного шума // Альманах мировой науки. 2015. № 2-1 (2). С. 142–143. URL: <http://scjour.ru/docs/amn.2015.02.01.pdf>.
9. Измеров Н. Ф., Кириллов В. Ф. Гигиена труда. М., 2008. 577 с. URL: <http://www.studmedlib.ru/cgi-bin/mb4>.
10. Иванов Н. И. Инженерная акустика : теория и практика борьбы с шумом / Н. И. Иванов. М., 2008. 424 с. URL: <http://bookzz.org/book/1042763/793ac1>.
11. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения (утв. распоряжением Мин. транспорта РФ НОС-36-р от 21.04.2003) URL: [http://snipov.net/c\\_4676\\_snip\\_103936.html](http://snipov.net/c_4676_snip_103936.html).
12. Анатомия, физиология и паталогия органов слуха : учеб. пособие для вузов / Е. Д. Боярчук [и др.]. Луганск : Альма-матер, 2007. 89 с. URL: [http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr\\_studies/hearing.pdf](http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr_studies/hearing.pdf).
13. Everest F. A. The master handbook of acoustic. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 2007. 641 p. URL: [http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20\(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001\).pdf](http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001).pdf).
14. Bies D. A., Hansen C. H. Engineering noise control: theory and practice. New York, 2009. 747 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=1514877&pg=37>.
15. Fahy F. Foundations of Engineering Acoustics. Southampton : University of Southampton, 2005. 435 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=572229&pg=39>.
16. Handbook of noise and vibration control // Ed. by M. J. Crocker. New York : John Wiley and Sons, 2007. 1577 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=1247631>.
17. Фролов А. В., Бакаева Т. Н. Безопасность жизнедеятельности: охрана труда. Ростов-на-Дону, 2008. 751 с. URL: <http://bookre.org/reader?file=1353107&pg=25>.
18. Шубин И. Л. Акустический расчет и проектирование конструкций шумозащитных экранов : автореф дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2011. 47 с. URL: <http://test.vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/SHubinIL.pdf>.
19. Cox, T. J., D'Antonio P. Acoustic absorbers and diffusers; theory, design and application. New York: Taylor and Francis, 2009. 477 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=609093&pg=3>.
20. Тюрина Н. В. Исследование акустических экранов // XXVII сессия Российского акустического общества, посвященная памяти ученых-акустиков ФГУП «Крыловский государственный научный центр» А. В. Смольякова и В. И. Попкова. СПб, 2014. URL: <http://www.akin.ru/Rao/sess27/тюрина.pdf>.
21. Проектирование защиты от транспортного шума и вибрации жилых и общественных зданий : пособие к МГСН 2.04.97 (утв. указанием Москомархитектуры от 24.08.99, № 35). URL: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-dejatelnost/gradostroitelstvo-i-arhitektura/5/posobie-k-mgsn-2-04-97-proektirovanie-zaschity-ot-transportnogo-shuma-i-vibracij-zhilyh-i-.pdf>.
22. Васильев А. В., Шевченко Д. П. Моделирование, расчет и мониторинг шума транспортных потоков // Известия Самар. науч. центра РАН. Самара, 2004. Т. 6, №2 (12). С. 399–407. URL: [http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2004/2004\\_2\\_399\\_407.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2004/2004_2_399_407.pdf).
23. Иванова А. Н. Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере саратовского правобережья) : дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 2014. С. 118. URL: [http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/23/ivanovaas\\_diss.pdf](http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/23/ivanovaas_diss.pdf).

*Поступила 15.03.2016; принята к публикации 28.04.2016; опубликована онлайн 20.06.2016*





Об авторах:

**Скворцов Александр Николаевич**, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2093-1094>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

**Савельев Анатолий Петрович**, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор технических наук, профессор, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, [igaiknamgu@mail.ru](mailto:igaiknamgu@mail.ru)

**Пьянзов Сергей Владимирович**, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

## REFERENCES

1. Savelyev AP, Skvortsov AN. Zvukopodavlyayushchiy oblegchennyu akusticheskiy ekran [The sound-absorbing lightweight acoustic baffle]. *Okhrana i ekonomika truda* = Security and Labour Economics. 2015; 2(19):56-61. Available from: [http://www.vcot.info/upload/doc/№2\(19\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/№2(19)-2015.pdf). (In Russ.)

2. Shishelova TI, Malygina YuS, Nguen Suan Dat. Vliyaniye shuma na organizm cheloveka. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya* = Advances in Current Natural Sciences. 2009; 8:14-15. Available from: <http://www.rae.ru/use/pdf/2009/8-S/9.pdf>. (In Russ.)

3. Savelyev AP, Skvortsov AN. Raschet koeffitsienta zvukopogloscheniya slozhnoy konstruksii zvukopodavlyayuschego akusticheskogo ekrana [Calculation of the coefficient of absorption of complex design of acoustic baffle]. *Okhrana i ekonomika truda*=Security and Labour Economics. 2015; 3(20):27-32. Available from: [http://www.vcot.info/upload/doc/Dokumenty%20dlja%20meroprijatij/№3\(20\)-2015.pdf](http://www.vcot.info/upload/doc/Dokumenty%20dlja%20meroprijatij/№3(20)-2015.pdf). (In Russ.)

4. SN 2.2. 4/2.1.8.562-96 Sanitarnye normy. Shum na rabochikh mestakh, v pomeshheniyakh zhilykh, obshchestvennykh zdaniy i na territorii zhiloy zastroyki [Sanitary norms. Noise in the workplace, in residential and public buildings and in residential areas]. Available from: [http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms\\_new/sanpin/1.pdf](http://gostbank.metaltorg.ru/data/norms_new/sanpin/1.pdf). (In Russ.)

5. Izmerova NF, editor. Professionalnyye zabolevaniya. Rukovodstvo dlya vrachey. Moscow: Medicina; 1996. Available from: [http://www.academia-moscow.ru/ftp\\_share/\\_books/fragments/fragment\\_23389.pdf](http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_23389.pdf). (In Russ.)

6. GOST R ISO 9612-2013 Akustika. Izmereniya shuma dlya otsenki ego vozdeystviya na cheloveka. Metod izmereniy na rabochih mestah [Acoustics. Noise measurements for the evaluation of its effects on humans. Measuring method workplace]. Available from: <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293772/4293772719.pdf>. (In Russ.)

7. SNiP 23-03-2003. Zashhita ot shuma [Protection against noise]. Moscow: Gosstroy Publ., 2003. Available from: <http://files.stroyinf.ru/Data1/39/39320/>. (In Russ.)

8. Savelyev AP, Pyanzov SV, Skvortsov AN. Akusticheskiye konstruksii kollektivnoy zashhity ot proizvodstvennogo shuma [Acoustic design collective protection from occupational noise]. *Almanakh mirovoy nauki* = The Almanac of World Science 2015; 2-1(2):142-143. Available from: <http://scjour.ru/docs/amn.2015.02.01.pdf>. (In Russ.)

9. Izmerov NF, Kirillov VF. Gigiena truda [Occupational health]. Moscow; 2008. Available from: <http://www.studmedlib.ru/cgi-bin/mb4>. (In Russ.)

10. Ivanov NI. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika borby s shumom [Engineering Acoustics: Theory and practice of noise control]. Moscow; 2008. Available from: <http://bookzz.org/book/1042763/793ac1>. (In Russ.)

11. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke neobkhodimogo snizheniya zvuka u naselennykh punktov i predeleniyu trebuyemoy akusticheskoy effektivnosti ekranov s uchetom zvukopogloshheniya. Utverzhdeny rasporyazheniem Mintransa Rossii NOS-Zb-r of 21 Apr 2003. Available from: [http://snipov.net/c\\_4676\\_snip\\_103936.html](http://snipov.net/c_4676_snip_103936.html). (In Russ.)

12. Boyarchuk ED, Vinogradov AA, Sheyko VI, Vinogradov OA. Anatomiya, fiziologiya i patologiya organov slukha: uchebnoye posobiye [Anatomy, physiology and pathology of hearing]. Lugansk: Alma-mater, 2007. Available from: [http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr\\_studies/hearing.pdf](http://anatomy.luguniv.edu.ua/ukr_studies/hearing.pdf). (In Russ.)



13. Everest FA. The master handbook of acoustic. 4-th ed. New York: McGraw-Hill; 2007. Available from: [http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20\(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001\).pdf](http://tka4.org/downloads/audiosoft/BOOKS/1.%20sound/The%20Master%20Handbook%20Of%20Acoustics,%204th%20edition%20(F.%20Alton%20Everest,%20McGraw-Hill%202001).pdf).
14. Bies DA, Hansen CH. Engineering noise control. Theory and practice. New York, USA, 2009. Available from: <http://bookre.org/reader?file=1514877&pg=37>.
15. Fahy F. Foundations of Engineering Acoustics. Southampton: University of Southampton; 2005. Available from: <http://bookre.org/reader?file=572229&pg=39>.
16. Crocker MJ. Handbook of noise and vibration control. New York; John Wiley and Sons: 2007. Available from: <http://bookre.org/reader?file=1247631>.
17. Frolov AV, Bakaeva TN. Bezopasnost zhiznedeyatelnosti. Okhrana truda [Occupational Safety and Health]. Rostov-na-Donu; 2008. Available from: <http://bookre.org/reader?file=1353107&pg=25>. (In Russ.)
18. Shubin IL. Akusticheskiy raschet i proektirovanie konstrukciy shumozaschitnykh ekranov [Acoustic calculation and structural design noise screens]. Moscow; 2011. Available from: <http://test.vak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/SHubinIL.pdf>. (In Russ.)
19. Cox TJ, D'Antonio P. Acoustic absorbers and diffusers; theory, design and application. New York: Taylor and Francis, 2009. Available from: <http://bookre.org/reader?file=609093&pg=3>.
20. Tyurina NV. Issledovanie akusticheskikh ekranov [Investigation of acoustic screens]. 27<sup>th</sup> Session of the Russian Acoustical Society: Proceedings. St. Petersburg; 2014.
21. Posobiye MGSN 2.04.97 "Proyektirovaniye zashhity ot transportnogo shuma i vibratsii zhilykh i obshchestvennykh zdaniy" [Design protection from traffic noise and vibration of residential and public buildings]. Available from: <http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-deyatelnost/gradostroitelstvo-i-arhitektura/5/posobie-k-mgsn-2-04-97-proektirovanie-zaschity-ot-transportnogo-shuma-i-vibracij-zhilyh-i-.pdf>. (In Russ.)
22. Vasilyev AV, Shevchenko DP. Modelirovaniye, raschet i monitoring shuma transportnykh potokov [Modeling, calculation and monitoring of traffic noise]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* = Samara Scientific Center of RAS Bulletin. 2004; 2(12):399-407. Available from: [http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2004/2004\\_2\\_399\\_407.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2004/2004_2_399_407.pdf). (In Russ.)
23. Ivanova AN. Vliyaniye parametrov pridorozhnykh lesnykh polos na snizhenie shuma vblizi avtomobilnykh dorog (na primere saratovskogo pravoberezhya) [Effect parameters roadside forest belts to reduce noise near the highways (on the example of the Saratov right bank)]. Abstract of PhD thesis (Engineering). Saratov; 2014:118. Available from: [http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/23/ivanovaas\\_diss.pdf](http://www.sgu.ru/sites/default/files/dissertation/2014/09/23/ivanovaas_diss.pdf). (In Russ.)

*Submitted 15.03.2016; accepted for publication 28.04.2016; published online 20.06.2016*

*About the authors:*

**Aleksandr N. Skvortsov**, postgraduate student of Life Safety Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2093-1094>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)

**Anatoliy P. Savelyev**, head of Life Safety Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Engineering), professor, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, [igaikinamgu@mail.ru](mailto:igaikinamgu@mail.ru)

**Sergey V. Pyanzov**, postgraduate student of Life Safety Chair, Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya St., Saransk, Russia), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0361-0827>**, [squortsow.sasha@yandex.ru](mailto:squortsow.sasha@yandex.ru)