

ISSN 0201–727X

**РОСЖЕЛДОР**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)

# **ВЕСТНИК**

**Ростовского государственного университета  
путей сообщения**

**Научно-технический журнал**

**№ 1 (73)**

Ростов-на-Дону  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

<b>Алиев А.И., Джемалядинов Р.М., Скакун В.В., Харченко И.В.</b> Влияние экологически чистых технологических сред на контактные характеристики процесса резания в начальный период эксплуатации .....	8
<b>Донцов С.А., Дроздова Л.Ф.</b> Оценка и внедрение культуры безопасности нулевого травматизма на машиностроительных предприятиях .....	14
<b>Ермаков С.Ф., Шишияну Д.Н., Карпенко К.И., Мясникова Н.А., Мантуров Д.С.</b> Влияние физико-химических свойств и структуры наноприсадок на основе фосфоровольфрамов на формирование поверхностей трения .....	21

## ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИЯ

<b>Буторина М.В., Куклин Д.А., Васильев А.П., Шабарова А.В.</b> Риск-ориентированный подход к оценке шума железнодорожного транспорта .....	28
<b>Матяш Ю.И., Томилова О.С., Колтышкин А.В.</b> Повышение эксплуатационных характеристик пассажирского вагона путем совершенствования систем кондиционирования воздуха в поездах дальнего следования .....	33
<b>Соломин А.В.</b> Высокоскоростная магнитнолевитационная транспортная система с линейными двигателями .....	40
<b>Хомченко Д.Н., Ковалев Г.В.</b> Исследования влияния повышенной плотности тока в щетках на процесс нагрева тягового двигателя электровоза .....	46

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,  
АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

<b>Дагдзиян Г.Д., Швалов Д.В., Давыдов Ю.В.</b> Исследование причин возникновения «окон» на путях сортировочного парка .....	53
<b>Ковалев С.М., Снашел В., Гуда А.Н., Колоденкова А.Е., Суханов А.В.</b> Аналитический обзор современных интеллектуальных информационных технологий в технике и на производстве .....	60
<b>Колоденкова А.Е., Верещагина С.С.</b> Интеллектуальный метод прогнозирования технического состояния электротехнического оборудования в условиях нечеткости исходных данных .....	76
<b>Шабельников А.Н., Лябах Н.Н., Одикадзе В.Р.</b> Моделирование процесса измерения сопротивления рельсовой цепи сортировочного парка .....	81

## **РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

### **Буторина Марина Вадимовна**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,  
190005, г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1,  
Кафедра О1 «Экология и безопасность жизнедеятельности»,  
кандидат технических наук, доцент,  
телефон +7-921-745-05-70,  
e-mail: bmv@ivas.su

### **Куклин Денис Александрович**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,  
190005, г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1,  
Кафедра О1 «Экология и безопасность жизнедеятельности»,  
доктор технических наук, профессор,  
телефон +7-921-759-99-64,  
e-mail: kda1969@mail.ru

### **Васильев Александр Петрович**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,  
190005, г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1,  
Кафедра О1 «Экология и безопасность жизнедеятельности»,  
аспирант,  
телефон +7-931-342-43-97,  
e-mail: vap@ivas.su

### **Шабарова Анастасия Владимировна**

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова,  
190005, г. Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1,  
Кафедра О1 «Экология и безопасность жизнедеятельности»,  
магистрант,  
телефон +7-931-342-43-97,  
e-mail: shav@ivas.su

Шум является одним из основных факторов негативного влияния на здоровье населения, проживающего вблизи железнодорожных магистралей, т.к. около 10% городского населения подвергается рискам развития различных заболеваний, вызванных воздействием сверхнормативных уровней шума.

Проведение оценки рисков здоровью населения выполняется на основании разработки карт шума, которые представляют результаты оценки уровней шума, содержат статистическую информацию о численности населения, подвергающегося воздействию шума различных уровней, и являются эффективным инструментом планирования мероприятий.

Выбор шумозащитных мероприятий на основании оценки риска был проведен для поселка с численностью населения порядка 8000 человек. Карты шума примагистральной территории были построены с применением программы SoundPLAN. Были произведены расчет и оценка индивидуальных и популяционных рисков здоровью населения.

Для снижения рисков был разработан комплекс шумозащитных мероприятий, включающий установку акустических экранов и применение шумозащитного остекления.

*Ключевые слова:* железнодорожный шум, оценка риска, карты шума, популяционный риск, индивидуальный риск, число заболеваний, шумозащитные мероприятия, распределение населения

## **RISK-ORIENTED APPROACH TO ESTIMATION OF RAILWAY NOISE**

### **Butorina Marina Vadimovna**

Baltic State Technical University "VOENMECH",  
1st Krasnoarmeyskaya Str., 1, St. Petersburg, 190005, Russia,  
Chair O1 «Ecology and life safety»,  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
phone + 7-921-745-05-70,  
e-mail: bmv@ivas.su

### **Kuklin Denis Aleksandrovich**

Baltic State Technical University "VOENMECH",  
1st Krasnoarmeyskaya Str., 1, St. Petersburg, 190005, Russia,  
Chair O1 «Ecology and life safety»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
phone +7-921-759-99-64,  
e-mail: kda1969@mail.ru

### **Vasilyev Alexander Petrovich**

Baltic State Technical University "VOENMECH",  
1st Krasnoarmeyskaya Str., 1, St. Petersburg, 190005, Russia,  
Chair O1 «Ecology and life safety»,  
Undergraduate,  
phone +7-931-342-43-97,  
e-mail: vap@ivas.su

### **Shabarova Anastasia Vladimirovna**

Baltic State Technical University "VOENMECH",  
1st Krasnoarmeyskaya Str., 1, St. Petersburg, 190005, Russia,  
Chair O1 «Ecology and life safety»,  
Undergraduate,  
phone +7-931-342-43-97,  
e-mail: shav@ivas.su

Noise is one of the main factors of negative impact on the health of population living near railways. About 10% of urban population is exposed to the risks of noise-induced diseases.

An assessment of health risks is carried out on the basis of the development of noise maps, which present the results of the noise levels evaluation and contain statistical information on the population affected by noise of various levels.

Development of noise protection measures based on risk assessment was conducted for a village with a population of about 8,000 people. The noise maps of the territory were developed using the SoundPLAN software. The calculation and assessment of individual and population health risks to were conducted.

A complex of noise protection measures was developed, including the installation of acoustic barriers and use of noise protection windows.

*Keywords:* railway noise, risk assessment, noise maps, population risk, individual risk, number of diseases, noise protection, distribution of population

### **Введение**

В настоящее время проблема негативного воздействия шума имеет глобальный характер, о чем свидетельствуют многочисленные российские и зарубежные научные работы, а также доклады Всемирной Организации Здравоохранения. По данным доклада Европейской комиссии более половины населения городов с численностью более 100 тыс. человек находятся под воздействием шума, превышающего рекомендуемый ВОЗ в качестве безопасного для населения уровень [1].

По данным официальных органов, в Российской Федерации в условиях акустического дискомфорта проживает значительная часть населения страны – около 35 млн. человек, а значения

уровней шума в жилых помещениях и на придомовой территории могут превышать нормативные на 15 дБА и более [1].

Применяемый в настоящее время метод оценки воздействия повышенных уровней шума на человека при помощи сравнения измеренных уровней шума с нормативными значениями позволяет только определить, наносится ли вред здоровью населения [2–3]. Метод оценки рисков позволяет определить размер и вероятность ущерба от повышенных уровней шума различным системам организма в долгосрочной перспективе [4–5].

Внедрение в лабораторную практику новых многоканальных автономных измерительных систем, совершенствование методик расчётов, и появление таких инструментов, как карты шума, позволяет производить комплексное исследование и оценку рисков здоровью населения, проживающего в условиях повышенного воздействия шума железнодорожного транспорта.

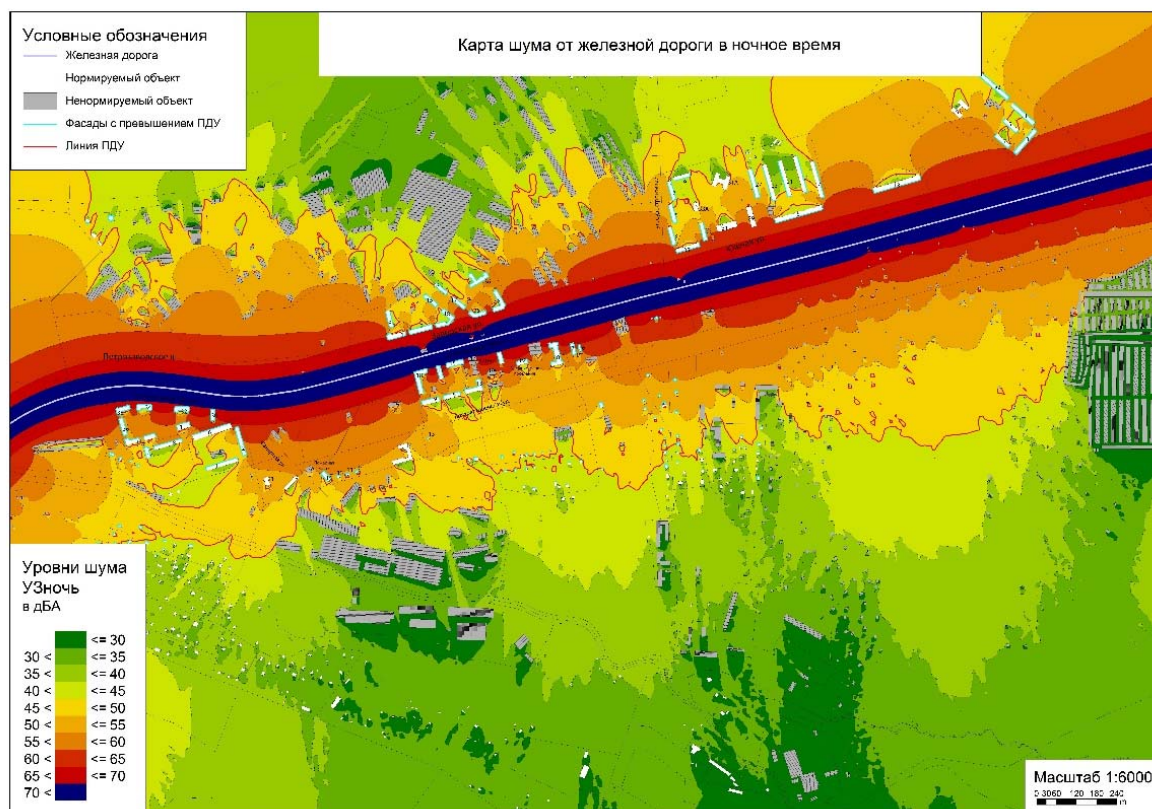
В качестве объекта исследования, рассматриваемого в данной статье, выступил посёлок вблизи Санкт-Петербурга с численностью населения более 8000 человек. Территория посёлка характеризуется высокой загруженностью железнодорожным и автомобильным транспортом при чрезвычайно стеснённой застройке, т.к. на некоторых участках железная дорога проходит на расстоянии менее 25 м от фасадов жилых домов.

### **Методы исследований**

Акустическая ситуация в посёлке оценивалась на основании сопряжения результатов инструментальных измерений и акустических расчётов. В основу исследований были положены результаты инструментальных измерений уровней шума на селитебной территории, а также шумовых характеристик железных дорог, проведенных в дневное (с 07:00 до 23:00) и ночное (с 23:00 до 07:00) время суток. Инструментальные измерения производились по методикам, действующим на территории Российской Федерации, таким как ГОСТ 20444-2014 и ГОСТ 23337-2014. С помощью интегрирующих шумомеров-виброметров, анализаторов спектра 1-го класса точности ЭКОФИЗИКА-110А было произведено измерение шумовой характеристики потока железнодорожных поездов, включающего грузовые, пассажирские, и пригородные электропоезда.

Акустические расчёты выполнялись в программном комплексе SoundPLAN, в котором реализованы действующие в Российской Федерации методики расчёта распространения шума, реализованные с учётом особенностей рельефа и экранирования шума зданиями и сооружениями. Оценка риска для здоровья населения в выбранных на территории застройки наиболее репрезентативных контрольных точках проводилась на основании рассчитанного эквивалентного средневзвешенного суточного шума ( $L_{den}$ ), введенного Директивой Европейской Комиссии 2002/49/ЕС от 25 июня 2002 г. [6], а также на основании эквивалентных уровней звука в ночное время, которые использовались для оценки нарушения сна.

Карты шума были построены для территории общей площадью около 8 км<sup>2</sup> (рис. 1). Население, подвергающееся воздействию железнодорожного шума, было распределено по зонам акустического дискомфорта.



**Рис. 1. Карта шума железнодорожного транспорта на прилегающей территории**

По результатам расчета было выделено 6 зон со следующими диапазонами эквивалентных уровней средневзвешенного шума:

- Зона 1 – 50-55 дБА, численность населения в зоне 1 – 57 человек;
- Зона 2 – 55-60 дБА, численность населения в зоне 2 – 898 человек;
- Зона 3 – 60-65 дБА, численность населения в зоне 3 – 164 человека;
- Зона 4 – 65-70 дБА, численность населения в зоне 4 – 2090 человек;
- Зона 5 – 70-75 дБА, численность населения в зоне 5 – 2411 человек;
- Зона 6 – 75-80 дБА, численность населения в зоне 6 – 2796 человек.

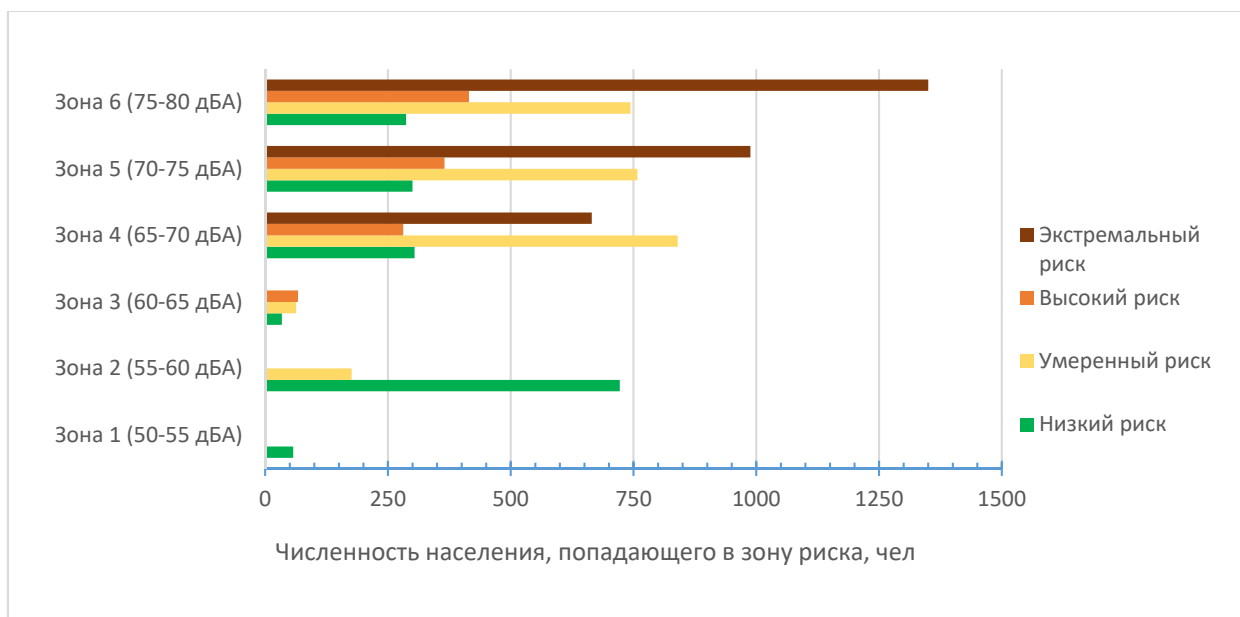
Оценка риска здоровью населения была проведена согласно методическим рекомендациям Роспотребнадзора при помощи расчета приведенного индекса риска, который определяется на основе решения системы рекуррентных уравнений, описывающих эволюционные математические модели развития во времени неблагоприятных эффектов определенной тяжести для различных систем организма человека под воздействием шума [7–10].

Для выделения зон акустического дискомфорта была принята следующая градация индекса риска: менее 0,05 – низкий риск; 0,05-0,35 – умеренный риск, 0,35-0,6 – высокий риск; выше 0,6 – экстремальный риск. Для снижения умеренного риска рекомендуются мероприятия по организации постоянного мониторинга шумовой нагрузки, а также шумозащитные мероприятия. Для снижения высокого риска рекомендуется внедрение шумозащитных мероприятий в краткосрочной перспективе (в течении 1 года); а для снижения экстремального риска необходимо немедленное прекращение деятельности основных источников шума или вывод населения из зоны вредного воздействия.

#### **Основные результаты и обсуждение**

В ходе работы была произведена оценка индивидуальных и популяционных рисков здоровью населения посёлка от железнодорожного шума. Значения индивидуальных и популяционных рисков отражают долгосрочную тенденцию к изменению показателей здоровья, формирующуюся при неизменности исходных условий (продолжительности и интенсивности воздействия, экспозиции во времени, значений факторов экспозиции и др.).

При разработке системы управления рисками основной величиной является индекс риска. Оценка данного фактора позволяет принять решение о необходимости разработки мероприятий. Поэтому, в первую очередь, был произведен расчет именно этого фактора. Результаты расчёта индекса риска и численности населения, попадающего под воздействие рисков с различными уровнями, приведены на рис. 2.



**Рис.2. Оценка рисков здоровью населения, подвергающегося воздействию шума**

По результатам анализа видно, что около 49% населения проживает в условиях высокого и экстремального риска, 31% подвержен воздействию умеренного риска и 20% населения проживают в условиях низкого риска.

На следующем этапе оценки для всех расчетных точек была рассчитана величина популяционного риска здоровью населения, характеризующая частоту нарушений здоровья по всей экспонируемой популяции. При проведении расчёта было сделано допущение, что распределение населения посёлка по возрастным категориям соответствует среднему по Российской Федерации. Оценка популяционного риска показала, что в результате воздействия транспортного шума, число связанных с дополнительным риском заболеваний сердечно-сосудистой системы составляет 3181 случаев в год, заболеваний нервной системы – 352 случая в год и заболеваний слухового аппарата – 152 случая в год. Полученные результаты коррелируют с результатами аналогичных исследований, проведенных в Польше и Дании [11, 12].

Воздействие шума на организм увеличивается с увеличением возраста человека, поэтому с увеличением возраста увеличивается и риск развития заболеваний в долгосрочной перспективе. Анализ критических возрастных точек, в которых риск переходит в другую категорию, показывает, что для перехода риска из низкого в умеренный возраст человека составляет 58 лет, из умеренного в высокий – 52 года, а из высокого в чрезвычайный – 50 лет. При этом при увеличении уровней шума возрастной порог снижается.

Расчёт и оценка зависимостей «экспозиция-ответ» выявили, что доля населения, раздражённого общим и ночным шумом, колеблется от 6 % до 46 % в зависимости от возрастной группы и зоны акустического дискомфорта (рис. 3), а доля лиц, имеющих устойчивые нарушения сна, вызванные железнодорожным шумом, лежит в диапазоне от 2 % до 11 % (рис. 4).



**Рис. 3. Результаты оценки раздражённости населения ночным шумом**



**Рис. 4. Результаты оценки наличия устойчивых нарушений сна**

Исходя из анализа результатов расчёта индивидуальных и популяционных рисков, было принято решение о необходимости незамедлительного применения шумозащитных мероприятий по снижению рисков, для чего был разработан комплекс шумозащитных мероприятий включающий установку акустических экранов и применение специального шумозащитного остекления для жилой застройки.

Для оценки эффективности шумозащитных мероприятий был произведён расчёт уровней шума в тех же расчётных точках, что и до применения мероприятий. Результаты расчета показали, что применение шумозащитных мероприятий позволяет обеспечить предельно допустимые уровни шума на всей территории жилой застройки. На основании полученных данных был произведён повторный расчёт популяционного риска здоровью населения, выявивший, что внедрение шумозащитных мероприятий обеспечит снижение риска здоровью населения посёлка с высокого и экстремального до низкого.

#### **Заключение**

1. Шум железнодорожного транспорта является одним из основных факторов негативного воздействия на здоровье населения.
2. Проведение оценки рисков здоровью населения следует выполнять на основании разработки карт шума, представляющих результаты оценки уровней шума на территории застройки, а также информацию о численности населения, подвергающегося воздействию шума различных уровней.
3. В ходе работы была произведена оценка индивидуальных и популяционных рисков здоровью населения посёлка от железнодорожного шума, показавшая, что 49% населения проживает в условиях экстремального и высокого риска развития заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем, а также заболеваний слухового аппарата.
4. Оценка зависимости «экспозиция-ответ» показала, что доля населения, раздражённого общим и ночным шумом, составляет от 6 до 46 % в зависимости от возрастной группы и зоны акустического дискомфорта, а доля лиц, имеющих устойчивые нарушения сна, вызванные железнодорожным шумом, лежит в диапазоне от 2 до 11 %.
5. Внедрение шумозащитных мероприятий обеспечивает достижение ПДУ на всей территории застройки и дает возможность снизить риск здоровью населения с высокого и экстремального до низкого.

#### **Библиографический список**

1. **Иванов Н. И.** Концепция снижения шума в РФ / Н. И. Иванов // Защита от повышенного шума и вибрации: доклады V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием под ред. Н. И. Иванова — СПб., 2015. – С. 12-24.



2. **Буторина М. В.** Концепция и разработка карт шума городов и населенных пунктов / М. В. Буторина // Защита населения от повышенного шумового воздействия: сб. докл. II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием; под ред. Н. И. Иванова. – СПб., 2014. – С. 117–140.
3. **Schaal J.** Noise action planning in large agglomerations using hot spot analysis based on the VDI 3722-2 / J. Schaal // Proceedings of 5 th International Conference on Acoustics & Vibration, 2015.
4. **Волкодаева М. В.** Использование шумовых карт города для выбора управленческих решений по регулированию автотранспортных потоков / М. В. Волкодаева, А. В. Левкин, К. В. Демина // NOISE Theory and Practice. – 2015. № 1. – С. 22–30.
5. Effects of urban rail noise level in a residential area / R. Grubliauskas [et al.] // Journal of Vibroengineering, 2014, Vol. 16, no. 2, P. 987-996.
6. Директива 2002/49/ЕС Европейского Парламента и Совета от 25 июня 2002 года относительно оценки и контроля шума в окружающей среде.
7. МР 2.1.10.0059-2012 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума: Методические рекомендации» - М., 2012. – 40 с.
8. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей / Зайцева Н. В., Трусков П. В., Шур П. З., Кирьянов Д. А., Чигвинцев В. М., Цинкер М. Ю. // Анализ риска здоровью. – 2013. - №1. – С. 15-23.
9. **Кошурников Д. Н.** Формирование и эволюция рисков для здоровья городского населения под воздействием шумовой автотранспортной нагрузки / Д. Н. Кошурников // сб. докл. VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации»; под ред. Н. И. Иванова. – СПб., 2017. – С. 420-430.
10. **Клейн С. В.** Оценка шумовой экспозиции и связанного с ней риска здоровью населения, проживающего в зоне влияния аэропорта / С. В. Клейн, Д. Н. Кошурников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 15 (3-6). – С. 1806–1812.
11. Reducing the Negative Effects of City Railways on Houses in Ostrava / L. Hudeček [et al.] // Advanced Materials Research, 2014, Vol. 1041, P. 432-435.
12. Living Environment Matters: Relationships Between Neighborhood Characteristics and Health of the Residents in a Dutch Municipality / P. Putrik [et al.] // Journal of Community Health, 2015, Vol. 40, Issue 1, P. 47–56.

### **Bibliography**

1. **Ivanov N. I.** A concept of noise reduction in Russia / N. I. Ivanov. // Proceedings of the Vth All-Russian scientific and practical conference with international participation “Protection from noise and vibration” edited by Ivanov N.I. - Saint-Petersburg, 2015, P. 12-24.
2. **Butorina M. V.** A concept and development of noise maps of the cities and inhabited territories / M. V. Butorina // Proceedings of the IInd All-Russian scientific and practical conference with international participation “Protection from noise and vibration” edited by Ivanov N.I. Saint-Petersburg, 2017, P. 117-140.
3. **Schaal J.** Noise action planning in large agglomerations using hot spot analysis based on the VDI 3722-2 / J. Schaal // Proceedings of 5 th International Conference on Acoustics & Vibration, 2015.
4. **Volkodaeva M. V.** Usage of noise maps for decision making in road traffic regulation / M. V. Volkodaeva // NOISE Theory and Practice. 2015, no. 1, P. 22–30.
5. Effects of urban rail noise level in a residential area / R. Grubliauskas [et al.] // Journal of Vibroengineering. 2014, Vol. 16, i. 2, P. 987-996.
6. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
7. Evaluation of risk to the population health from transport noise: methodic recommendations Guidelines 2.1.10.0059-. Moscow, Federal center of hygiene and epidemiology of Rospotrebnadzor, 2011, P. 40.
8. Methodic approach to the evaluation of risk of different environmental factors effect on the health of population based on evolution models / Zaytseva N. V., Trusov P. V., Shur P. Z., Kiryanov D. A., Chigvintsev V. M., Tsinker M. Yu. // Health Risk Analysis 2013, № 1, P. 15-23.
9. **Koshurnikov D. N.** Formation and evolution of risks for the health of urban population under noise load from transportation / D. N. Koshurnikov // Proceedings of the Vth All-Russian scientific and

practical conference with international participation “Protection from noise and vibration” edited by Ivanov N.I. Saint-Petersburg, 2017, pp. 420-430.

10. Kleyn S. V. Evaluation of noise exposure and related risk on the health of population living in the zone of influence of the airport / S. V. Kleyn, D. N. Koshurnikov // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2013, no. 15 (3-6), P. 1806–1812.

11. Reducing the Negative Effects of City Railways on Houses in Ostrava / L. Hudeček [et al.] // *Advanced Materials Research*, 2014, Vol. 1041, P. 432-435.

12. Living Environment Matters: Relationships Between Neighborhood Characteristics and Health of the Residents in a Dutch Municipality / P. Putrik [et al.] // *Journal of Community Health*, 2015, Vol. 40, Issue 1, P. 47–56.