

На правах рукописи



АФАНАСЬЕВА ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА

**Обоснование комплекса мероприятий для обеспечения
комфортной и безопасной для человека среды обитания в
условиях функционирования транспортных систем**

2.9.10. Техносферная безопасность транспортных систем (технические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) на кафедре «Техносферная и экологическая безопасность»

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Копытенкова Ольга Ивановна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Железнов Максим Максимович
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», профессор кафедры Информационных систем, технологий и автоматизаций в строительстве

кандидат технических наук, доцент
Стасева Елена Владимировна
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственный технический университет, доцент кафедры Производственная безопасность

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Защита состоится 27.09.2023 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета Д 40.2.002.08 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)) по адресу: 125315, г. Москва, ул. Часовая 22/2, ауд. 329.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте РУТ (МИИТ), www.mii.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Апатцев Владимир Иванович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Развитие транспортного комплекса осуществляется на основании «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». В соответствии с Транспортной стратегией увеличена скорость доставки грузовых отправок железнодорожным транспортом (372,4 километра в сутки в 2019 году при целевом значении на 2030 год 350 километров в сутки); увеличена скорость доставки маршрутных отправок железнодорожным транспортом (567,5 километра в сутки в 2019 году при целевом значении на 2030 год 420 километров в сутки).

В настоящее время строительство жилых районов и развитие городского хозяйства проходят с нарушением мер обеспечения экологической безопасности условий жизнедеятельности населения и приводит к формированию на селитебных территориях зон сверхнормативной акустической нагрузки. Объекты железнодорожного транспорта являются одним из наиболее значимых источников сверхнормативного уровня шума на территориях жилой застройки, в жилых зданиях, в административных помещениях. В 2021 г. из 18634 жалоб 32,9% составили жалобы на сверхнормативный уровень шума. Доля контрольных измерений шума на территории жилой застройки, не соответствующих санитарным нормам, постоянно увеличивается. В 2021 г. составила 17,0% на 1,3% выше, чем в 2020 году.

Степень научной разработанности темы исследования. В основы развития теории акустики, а также разработку нормативной документации большой вклад внесен Н.И. Ивановым. Изучение процессов снижения шума в городской среде проводили: Д.А. Куклин, А.Е. Шашурин, М.В. Буторина, Н.Н. Минина, Д.Ю. Шелковников, А.П. Харламов, Тюрина Н.В. и др.

В области изучения воздействия шума на биологические и социальные реакции человека, а также применяемые градостроительные меры в борьбе с шумом проводили ученые: Андреева-Галанина, Кадыскин, Алеекеев С.В. Свидовый (1972), М.Л. Хаймович (1991), Л.А. Олешкевич (1980), И.Л. Карагодина (1966,1975,1993), К.Н. Шапнев (1939), Л.Г. Орлова (1979), С.В. Алексеев (1994); А.Л. Путилина (1980), А.В. Мельцер (2006); А.В. Киселев (2015); К.Б. Фридман (2017), С.Д. Ковригин (1980,1986), В.Н. Бобылев (2009), П.И. Поспелов (1979,1981,2013,2015), Г.Л. Осипов (1966,1975,1996), Б. Г. Прутков (1966,1975), А Abanilla, Patricia Karen; Huang, Keng-Yen; Shinnars, Daniel; Levy, Andrea; Ayernor, Kojo; de-Graft Aikins, Ama (2011) и др.

Область исследования соответствует паспорту специальности 2.9.10. Техносферная безопасность транспортных систем по пункту 1 «Процессы формирования комфортной и безопасной для человека среды обитания, поддержание устойчивости природных экосистем в условиях функционирования транспортных систем» и пункту 2 «Негативные факторы транспортной деятельности и их влияние на уровень техносферной безопасности».

Цель диссертационного исследования разработка схемы подбора мероприятий, позволяющих обеспечить наиболее комфортную и безопасную для человека среду обитания на территориях с развитой транспортной системой.

В соответствие с поставленной целью сформулированы следующие **задачи** исследования:

1. Анализ и оценка шума транспортных потоков, влияющих на комфортность и безопасность территорий городских поселений.

2. Сравнительная оценка эффективности используемого в настоящее время комплекса шумозащитных мер.

3. Разработка мер по снижению акустической нагрузки в помещениях жилых и общественных зданий в зоне влияния транспортных потоков.

4. Оценка эффекта использования дополнительных мер шумозащиты в помещениях жилых и общественных зданий на основе итерационного процесса.

Объектом исследования являются акустические характеристики подвижного состава на полигоне Октябрьской железной дороги.

Предмет исследования. Меры защиты жилых и общественных зданий от воздействия шума.

Научная новизна исследования.

1. Расширено представление о перечне шумозащитных мероприятий, для обеспечения безопасности и комфортности условий проживания в жилых помещениях зданий на территории городов и агломераций в районе развитой транспортной инфраструктуры. В перечень шумозащитных мероприятий жилых помещений и общественных зданий включено звукоизолирующее полотно. Выполнено исследование его акустических характеристик, предложены способы использования.

2. Обосновано научное положение о том, что существующий в настоящее время комплекс шумозащитных мероприятий недостаточен для соблюдения гигиенических требований. Доказана недостаточная эффективность комплекса существующих в настоящее время шумозащитных мероприятий, используемых для нормализации акустической нагрузки на селитебные территории и помещения жилых и общественных зданий.

3. Установлено, что акустические экраны в условиях высокоэтажной застройки в районах расположения линейных объектов железнодорожного транспорта, а также в условиях перспективы интенсивного развития высокоскоростного железнодорожного движения имеют ограниченную эффективность.

4. Разработаны элементы технологии обоснования комплекса шумозащитных мероприятий для решения проблемы сверхнормативного акустического воздействия на территорию и жилые помещения в районе функционирования линейных объектов железнодорожного транспорта.

5. Предложен комплекс мер для снижения акустической нагрузки в жилых и общественных помещениях, расположенных в зоне сверхнормативного акустического влияния объектов транспортной инфраструктуры.

Теоретическая и практическая значимость.

Разработаны и утверждены электронные базы данных: «Спектральные характеристик источников шума железнодорожного транспорта (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620441 от 18.04.17)», «Показатели шумоизоляции строительных материалов» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620442 от 18.04.17), «Величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019622091, 15.11.2019), «Величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019622092, 15.11.2019), которые используются в качестве источника информации при моделировании в ПК АРМ

«АКУСТИКА», при моделировании акустической нагрузки в жилых помещениях для характеристики безопасности.

Разработана и утверждена программа для ЭВМ «Расчет рисков здоровью населения при акустическом воздействии (свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019664495, 07.11.2019), которая позволяет автоматизировать расчеты и анализ риска.

Предложен способ снижения акустической нагрузки на жилые помещения и общественные здания, расположенные в зоне сверхнормативного акустического воздействия объектов транспортной инфраструктуры, который дополняет комплекс шумозащитных мероприятий, позволяет снизить шум на 5-6 дБА и может использоваться в условиях, при которых применение других мер затруднено.

Полученные результаты используются в деятельности ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора (акт внедрения от 30.04.2022) и используются для обеспечения требований гигиенического нормирования, при формировании комфортной и безопасной среды домов отдыха локомотивных бригад, в учебном процессе ФГБОУ ВО ПГУПС при подготовке специалистов в области техносферной безопасности и безопасности технологических процессов и производств (акт внедрения № 005.02.4-57/38 от 12.04.2022 г.).

Методология и методы исследования включает в себя идентификацию, оценку, анализ существующих градостроительных мер борьбы с шумом. Анализ основных законодательных и нормативных актов, регулирующих воздействие шума на окружающую среду. Используются методы математического анализа, описательной статистики, экспертных оценок, прогнозирования, геоинформационного моделирования (СТАТИСТИКА, 13 программный комплекс АРМ «Акустика» 3D, программный комплекс Zona).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты оценки и анализа шума транспортных потоков, влияющих на комфортность и безопасность селитебных территорий, показывающих недостаточную эффективность в условиях высокоэтажной застройки.

2. Комплекс мер, направленных на снижение уровней шума в помещениях жилых и общественных зданий, позволяющих обеспечить снижение риска неблагоприятного воздействия до приемлемых величин.

3. Алгоритм подбора перечня шумозащитных мероприятий для помещений жилых и общественных зданий для достижения максимально возможного уровня безопасности воздействия акустической нагрузки.

Степень достоверности и апробация результатов: достоверность полученных результатов обеспечена тщательным планированием исследования, применением методов, адекватных поставленным задачам и рекомендованных нормативно-технической документацией в области техносферной безопасности, а также детальным анализом репрезентативного количества натуральных измерений и расчетных результатов исследования.

Апробация результатов. Основные положения диссертационного исследования, докладывались и обсуждались на научно-практических и международных конференциях: VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Защита от повышенного шума и вибрации" (г. Санкт-Петербург, 2017), X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Наука Молодых" (г. Арзамас, 2017) , Всероссийская научно-практическая конференция "Актуальные вопросы организации контроля и

надзора за физическими факторами" (г. Мытищи, 2017), VI Международной научно – практической конференции «Техносферная и экологическая безопасность на транспорте» (г. Санкт-Петербург, 2018), Международной научно-практической интернет-конференция «Modern engineering and innovative technologies» (г. Карлсруэ, 2018), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина – 2018» (г. Санкт-Петербург, 2018), XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения" (г. Санкт-Петербург, 2019), II Международной научно-практической конференции «Проблемы обеспечения безопасности» (Безопасность-2020), (г. Уфа, 2020), Международной научно-практической конференции «ОБЩЕСТВО – НАУКА – ИННОВАЦИИ» (г. Уфа, 2022).

Структура и объём работы: диссертационная работа изложена на 124 страницах, содержит 4 главы, введение и заключение, список использованной литературы из 121 наименования. Включает 23 таблицы и 40 рисунков, 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность разработки мероприятий, позволяющих обеспечить наиболее комфортную и безопасную для человека среду обитания на территориях с развитой транспортной системой. Представлены цель работы и задачи, поставленные для её реализации. Определены объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна, практическая значимость полученных результатов и основные положения, вынесенные на защиту.

В первой главе «Анализ и оценка влияния шума транспортных потоков, на комфортность и безопасность населения» представлена характеристика акустического воздействия транспортных систем на безопасность и комфортность окружающей среды. Рассмотрены исследования отечественных и зарубежных авторов влияния транспортного шума на территории городских поселений. По данным зарубежных исследователей под действием уровня шума свыше 65дБА и до 75дБА находится около 80 млн. человек (20% населения), проживающих в так называемых «чёрных зонах». Ещё около 160 млн. человек (40% населения) проживает в «серых зонах», где шум превышает норматив на 56 - 65дБА. Такой уровень является причиной экологического риска за счёт ощущения дискомфорта, беспокойства, вероятности предъявления жалоб. Две трети населения городов испытывают воздействие шума транспортных потоков, 15 % из них испытывают влияние шума, вызываемого железнодорожным транспортом. По данным отечественных исследователей за последние 10 лет из-за увеличения шума в 2-3 раза 70% населения проживает в зоне акустического дискомфорта, увеличилась распространенность сердечно-сосудистых заболеваний, что привело к сокращению продолжительности предстоящей жизни.

Проведенный анализ позволил установить, что уровень транспортного шума на селитебной территории зависит от интенсивности, скорости движения, состава транспортного потока, планировочных решений застройки, наличия зеленых насаждений. Нормируемыми параметрами непостоянного шума на территории жилой застройки, в помещениях зданий различного назначения согласно действующим санитарным нормам являются эквивалентный L_{Aeq} и максимальный L_{Amax} уровни звука.

Сравнительный анализ нормативной документации, регламентирующей акустическое воздействие железнодорожного транспорта на комфортность и

безопасность городов и городских поселений, а также нормативно-технической документация, регламентирующая акустическое воздействие от движения железнодорожного подвижного состава позволил заключить, что действующая в настоящее время документация содержит противоречия при определении терминов и нормативов акустического воздействия на окружающую среду. Выявлены различия в применении нормируемых характеристиках внешнего шума подвижного состава. Для большинства тягового подвижного состава по ГОСТ 32203-2013 это максимальный уровень звука $L_{Amax} = 87$, дБА (на расстоянии 25 м), в соответствии с ГОСТ 34681-2020 и СП 2.5.3650-20 – это эквивалентный уровень звука $L_{Aeq} = 84$, дБА (на расстоянии 100 м). Применение единого нормируемого расстояния величиной 25 м не обеспечит выполнение нормативных требований по ГОСТ 34681-2020 и СП 2.5.3650-20. Выявлено, отсутствие сведений о том, на основании каких измерений шума тягового, вагонного подвижного состава и потоков поездов в ГОСТ 33325-2015 указана эффективность применения шлифования рельс, накладок на рельс и виброшумопоглощающей мастики, а также акустических экранов. Полученные результаты определили дальнейшее направление экспериментальных исследований.

Во второй главе «Анализ и оценка результатов натуральных измерений шума железнодорожных подвижных составов» определены основные источники шумов железнодорожного транспорта, которые включают в себя движение железнодорожных составов; звуковые сигналы, аэродинамический шум при скоростях выше 250 км/ч; структурный шум от передачи вибрации; сортировочные и грузовые станции; станционная громкоговорящая связь, локомотивные и вагонные депо; тяговые подстанции.

Объектом исследования определены акустические характеристики подвижного состава на полигоне Октябрьской железной дороги. Проведены натурные исследования характеристик шума железнодорожного подвижного состава. Методы исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Методы исследования

Подвижной состав	Сапсан, Ласточка, Аллегро, грузовые поезда, пассажирские поезда, пригородные поезда
Условие	Движение железнодорожных подвижных составов: Сапсан, Ласточка, Аллегро, грузовые поезда, пассажирские поезда, пригородные поезда. Разгон, торможение, на ровных участках.
Измерение	ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики
Анализ	СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменениями N 1,2,3) МУК 4.3.3722-21 Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях
Оценка	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Временные характеристики	дневное и ночное время суток на открытой территории

Продолжение таблицы 1

Оборудование	шумомер – анализатор спектра, виброметр портативный ОКТАВА – 110 А, заводский номер А060206, рег. номер СИ 32747-06; шумомер – виброметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110 А заводский номер БФ 140029, регистрационный номер СИ 48906-12; калибратор акустический САЛ 200, заводский номер 8647; прибор для измерения скорости ветра, температуры воздуха, относительной влажности воздуха, измерения атмосферного давления - шумомер – виброметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110 А заводской номер БФ140029, регистрационный номер СИ 48906-12; насадка цифровой измерительный преобразователь термоанемометр ТТМ-2-04-DIN заводской номер 2467, регистрационный номер СИ 29006-05; насадка цифровой преобразователь – измеритель параметров микроклимата аспирационной Эко-Терма-DIN заводский номер 140286, регистрационный номер СИ 49002-12.
Количество измерений	более 6000

В соответствии с требованиями ГОСТ 20444-2014 измерения проведены при прохождении 20 поездов каждого вида. Объем исследований представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем проведенных исследований

Тип поезда	Единиц	Измерений
Электропоезда	69	276
Пассажирские	24	96
Грузовые	40	160
Скоростные	26	104
Всего	159	636

Поведены измерения шума на расстоянии 50 м от оси ближайшего пути у зданий пассажирских станций и домов отдыха локомотивных бригад. Для сравнения с нормативными требованиями СанПиН 1.2.3685-21 для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам, станциям, домам отдыха локомотивных бригад по результатам измерения были рассчитаны усреднённые октавные уровни звукового давления $L_{A,oct}$, дБ, эквивалентный L_{Aeq} и максимальный $L_{A,max}$ уровни звука, дБА (рисунок. 1 и таблица. 3).

Установлено, что максимальные уровни звукового давления находятся для грузовых составов в области (1000 – 8000) Гц, для пассажирских поездов и пригородных электропоездов, «Аллегро и Ласточки» (1000 – 4000) Гц, для «Сапсана» в области (500 – 4000) Гц. В 97 % измерений максимальный уровень звука превышает

нормативное значение в $L_{Amax} = 70$ дБА, в 50 % случаев значений $L_{Amax} = 80$ дБА и выше. Результаты измерений верны для всех типов проходящих поездов и определяются скоростью составов.



Рисунок 1 – Усредненные эквивалентные уровни звукового давления при движении подвижного состава различных типов

Таблица 3 - Результаты анализа уровней шума при прохождении подвижных составов различного типа

Тип поезда	Октава со средними геометрическими частотами, Гц									Эквивалентный уровень звука L_{Aeq} , дБА	Максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
	Усредненные величины частотных характеристик шума, дБ										
Норматив СанПиН 1.2.3685-21, день, территория прилег. к домам отдыха локомотивных бригад	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
Грузовые поезда:	78,4	77,9	75,1	68,2	65	65,1	67,5	61,1	54,4	73	82

Продолжение таблицы 3

Превышение над нормами	-11,6	2,9	9,1	9,2	11	15,1	20,5	16,1	10,4	18	12
Сапсан	72,1	72,3	68,3	69	67	69,6	67,7	63,5	54,1	71,2	82,6
Превышение над нормами	-17,9	-2,7	2,3	10	13	19,6	20,7	18,5	10,1	16,2	12,6
Электропоезд/пригородные	73,1	71,1	68,7	67,2	68,7	67,3	65,7	62,6	53,5	70,5	79,8
Превышение над нормами	-16,9	-3,9	2,7	8,2	14,7	17,3	18,7	17,6	9,5	15,5	9,8
Аллегро	76,7	76,3	76,3	71,8	72,1	73	70,9	65,7	52,8	74	79,2
Превышение над нормами	-13,3	1,3	10,3	12,8	18,1	23	23,9	20,7	8,8	19	9,2
Пассажирские поезда	71,8	71,6	69,7	64,3	66	64,3	62,4	59,1	47,8	71,2	81,3
Превышение над нормами	-18,2	-3,4	3,7	5,3	12	14,3	15,4	14,1	3,8	16,2	11,3
Ласточка	66,1	65,8	65,6	62,5	62,3	61,3	57,9	55	46,8	65	74,1
Превышение над нормами	-23,9	-9,2	-0,4	3,5	8,3	11,3	10,9	10	2,8	10	4,1

Для прогнозирования распространения транспортного шума на территории использован программный комплекс *Zona*, показывающий распространение шума при прохождении различного железнодорожного транспорта. Для построения карт шума в программе *Zona* проведен расчет на область $10 \times 10 \text{ км}^2$, при одновременном прохождении двух поездов с учетом фона. Учитывалась дивергенция звука, звукопоглощение атмосферой и поглощение грунтом. Изолинии шума представлены через 1 дБ. Распространение шума при прохождении железнодорожного транспорта показаны на рисунках 2-3.

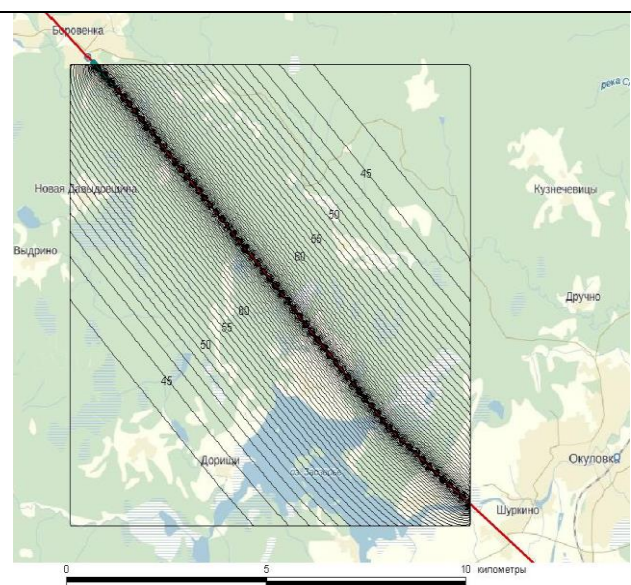
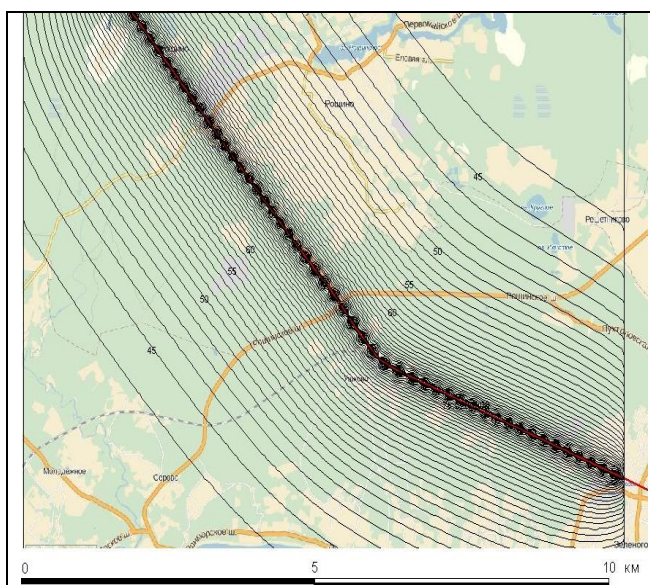


Рисунок - 2 Суммарный уровень звука при прохождении скоростного поезда «Аллегро» с учетом фона

Рисунок - 3 Суммарный уровень звука при прохождении скоростного поезда «Сапсан» с учетом фона

Результаты исследования показывают, что существующие характеристики железнодорожных поездов генерируют акустическую нагрузку на окружающую среду превышающую гигиенические нормативы даже за пределами 100 метровой зоны.

На основе экспериментальных данных разработана и утверждена электронная база данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта, которая используется в качестве источника информации при моделировании.

В третьей главе «Характеристики шумозащитных мероприятий реализуемых в настоящее время» проведен анализ комплекса шумозащитных мер борьбы с железнодорожным транспортным шумом.

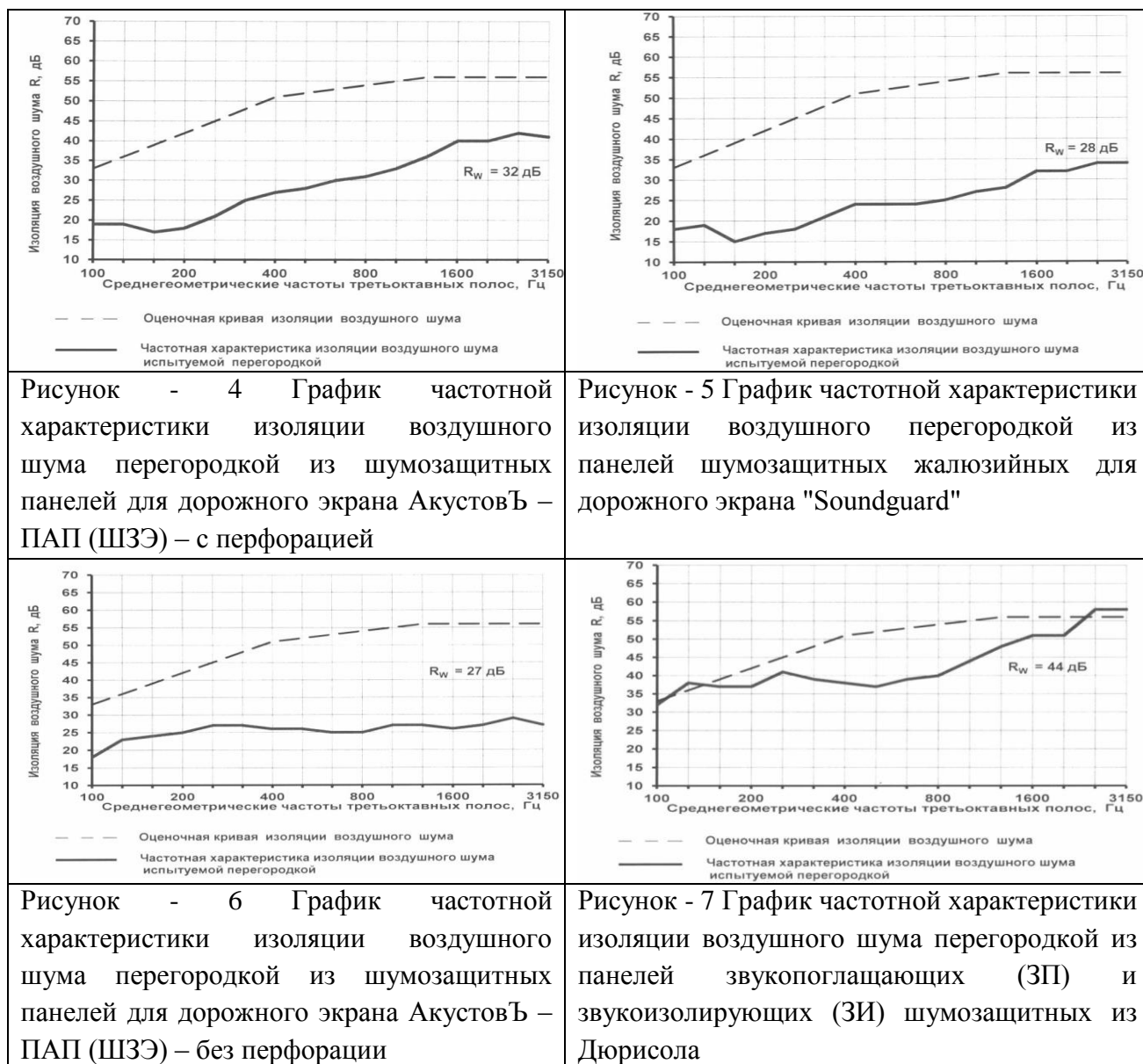
Результаты анализа и оценки существующей информации об эффективности шумозащитных мероприятий указывают на их более низкие показатели снижения шума при эксплуатации, по сравнению с заявленными показателями, и как следствие, недостаточную эффективность в реальных условиях городской среды.

В экспериментальных исследованиях шумозащитных свойств различных материалов, используемых для строительства акустических экранов (проведены в условиях реверберационной камеры НИИСФ РААСН) и различных типов оконных блоков (проведены в реверберационной камере ФБОУ ВО ПГУПС) определена их акустическая эффективность.

Установлено, что лучшие характеристики показали перегородки - панели, которых изготовлены из комплекса материалов: звукопоглощающих, звукоизолирующих и шумозащитных (таблица 4). Различия акустической эффективности изученных материалов незначительны. Некоторые графики частотных характеристик изоляции воздушного шума представлены на рисунках 4-7.

Таблица 4 – Сравнительные характеристики снижения уровней шума в реверберационной камере различными панелями

Тип шумозащитной панели	Индекс звукоизоляции R_w воздушного шума, дБ
"SOUNDGUARD"	28
АпАТэК	34
АкустовЪ – ПАП (ШЗЭ) – без перфорации	27
АкустовЪ – ПАП (ШЗЭ) – с перфорацией	32
Дюрисол	44
АЗ-с	32



Для определения эффективности акустических экранов в соответствии с СП 276.1325800-2016 Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков, а также Приказ Минстроя РФ от 03.12.20216 № 893/пр. С изменениями от 30.04.2022 г. проведены расчеты при вариантах установки акустического экрана на условно плоской поверхности с учётом требований предъявляемых к территории и верхнему строению для электрифицированных и неэлектрифицированных железнодорожных путей. Анализ полученных результатов показал, что на эффективность акустических экранов оказывает влияние расстояние места его установки от источника шума и его высота. В расчетах принята высота 6 м (максимально разрешенная для объектов железнодорожного транспорта). Установлено, что с увеличением расстояния от источника эффективность экрана закономерно уменьшается. Так для неэлектрифицированного пути, при расстоянии 4,05 м расчетные показатели эффективности по эквивалентному и максимальному уровням на 3 дБА больше, чем для условий электрифицированного пути, когда расстояние составляет 9,55 м. Одновременно увеличение скорости движения поезда с 80 до 140 км/час в одних и тех же условиях снижает эффективность акустических экранов на 5-6 дБА.

Использование акустических экранов в качестве основного мероприятия по шумозащите малоперспективно как на вновь застраиваемых территориях с высокоэтажными жилыми и общественными зданиями, так и в условиях перспективы интенсивного развития высокоскоростного железнодорожного движения. Процедура установления расчетных размеров расстояния от железнодорожных путей, обеспечивающего соблюдение требований, нуждается в четком регламентировании перечня и качества исходных данных, учитывающих особенности строения пути и организации движения железнодорожного транспорта.

Анализ шумозащитных мероприятий показывает ограниченную эффективность акустических экранов и зеленых насаждений в районах высокоэтажной застройки. Перспективными мерами шумозащиты можно считать использование правильно установленных и грамотно рассчитанных оконных блоков, а также в сочетании с ними оконных штор. Сравнительный анализ результатов, полученных при оценке шумоизоляционных свойств исследуемых наиболее часто применяемых оконных блоков, позволил определить, что, несмотря на близость полученных результатов испытаний оконных блоков Rehau Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 – 6-4-14-12-4 и Rehau Euro/Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 – 4-10-4-10-4, первый оконный блок имеет более высокий индекс звукоизоляции воздушного шума R_w , по сравнению со вторым на 1 дБ. Установка климатического клапана Air-Vox Comfort, позволяет повысить индекс звукоизоляции воздушного шума R_w по сравнению с климатическими клапанами Aereco EMM и Aereco EHA²-EFA² на 1 дБ в первом случае и 2 дБ – во втором. Результаты испытаний эффективности оконных блоков представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний оконных блоков в реверберационной камере

Наименование оконного блока		
Rehau Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4		
Климатический клапан	Положение клапана	Индекс звукоизоляции воздушного шума, дБ
Air-Vox Comfort	открыт	34
Aereco EHA ² -EFA ²	открыт	32
Aereco EMM	открыт	33
Rehau Euro/Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4		
Aereco EMM	открыт	32
Aereco EHA ² -FEA ²	открыт	31
Air-Vox Comfort	открыт	33

На эффективность оконных блоков влияет не только количество стекол в оконном блоке, но также толщина стекол и размер камер. Так оконные блоки с рамкой двухкамерного стеклопакета с заполнением створок 6-14-4-12-4, где 6,4 и 4 – толщина стекла, а 14,12 - ширина камеры между стеклами, имеет индекс звукоизоляции воздушного шума $R_w=34$ дБ.

Как указано в главе 2 существующие характеристики железнодорожных поездов генерируют акустическую нагрузку на окружающую среду, превышающую нормативы даже за пределами 100 метровой зоны. Результаты проведенных экспериментальных исследований свидетельствуют, что существующие доступные методы снижения акустической нагрузки в источнике шума и на пути его распространения исчерпаны. Поэтому необходимо проводить снижение нагрузки на объекте шумозащиты, в воспринимающей системе (жилые и общественные здания).

Для выполнения данной задачи, были разработаны звукоизолирующие полотна, в виде тканевых оконных штор, которые позволяют дополнительно звукоизолировать жилые помещения и общественные здания, в том числе дома отдыха локомотивных бригад, которые находятся в зоне воздействия железнодорожных транспортных потоков.

Сравнительный анализ результатов, полученных при оценке шумоизоляционных свойств тканевых штор в реверберационной камере, позволил установить их эффективность при плотности 425 г/м^2 и более, а также при применении вафельного плетения полотна, на уровне 5 дБ. Результаты исследования эффективности звукоизоляции внешнего воздушного шума звукоизолирующими материалами представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты исследования эффективности звукоизоляции внешнего воздушного шума звукоизолирующими шторами

Номер образца	Технология плетения	Плотность, г/м^2	Материал/ отделка	Индекс звукоизоляции воздушного шума (R_w), дБ
Образец 1	1 (простая)	379	Полиэстер/ без отделки	2
Образец 2	1 (простая)	429	Полиэстер/ без отделки	2
Образец 3	2 (вафля)	329	Полиэстер/ без отделки	1
Образец 4	2 (вафля)	359	Полиэстер/ без отделки	2
Образец 5	2 (вафля)	369	Полиэстер/огнезащитная	4
Образец 6	2 (вафля)	425	Полиэстер/огнезащитная	5

На основе проведенных исследований при разработана схема процесса оценки комфортности и безопасности окружающей среды в районе расположения линейных объектов транспортных систем (рисунок 8).

Технология включает этапы: идентификацию источника; формирование информационной базы, характеризующей ситуацию; итерационный метод и расчеты для обоснования принятия решений; оценку эффективности на основе использования показателя риска воздействия шума на население.

Проведенные исследования показали, что на территориях со сложившейся градостроительной ситуацией, где невозможно соблюдение санитарно-защитной зоны, существующие методы снижения акустической нагрузки на территорию малоэффективны или исчерпаны необходимо уделять внимание существующей воспринимающей системе – жилые помещения.

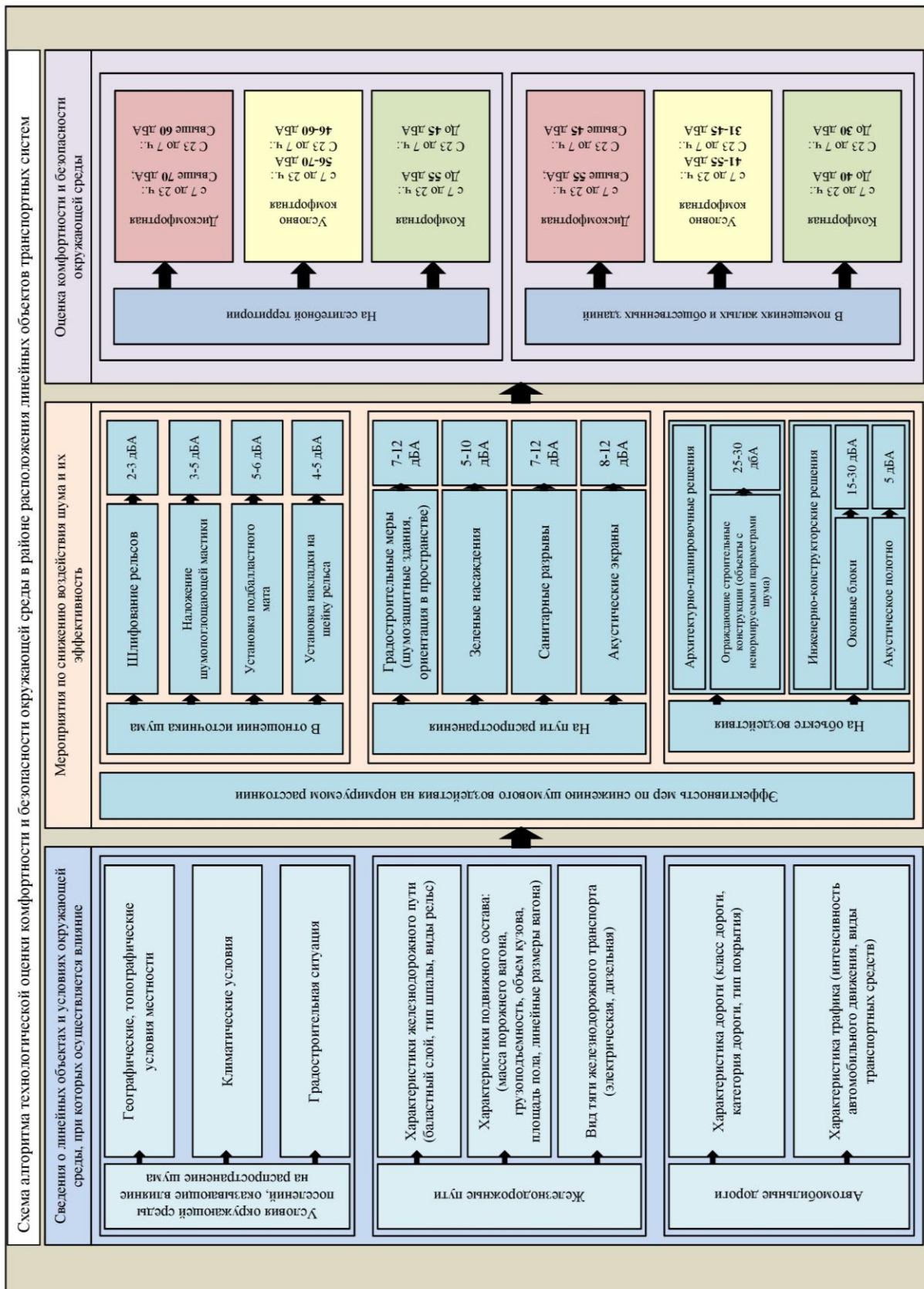


Рисунок 8 – Схема технологии оценки комфортности и безопасности окружающей среды в районе расположения линейных объектов транспортных систем

В четвертой главе «Оценка эффективности мероприятий по снижению негативного воздействия акустического загрязнения городской среды» На основе использования методологии оценки риска была определена эффективность снижения акустической нагрузки от линейных объектов железнодорожного транспорта. Это позволило оценить ущерб здоровью населения от воздействия сверхнормативной акустической нагрузки; обосновать приоритетные мероприятия, которые будут направлены на снижение показателей риска до допустимого уровня.

Исследования были проведены на территориях жилых застроек, вдоль железнодорожных трасс, с различной интенсивностью транспортных потоков в соответствии с ГОСТ 23337-2014, Инструкцией 2.1.8.10-12-3-2005 «Оценка риска здоровью населения от воздействия шума в условиях населенных мест», МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума».

Установлено, что только при акустической нагрузке не более 45дБА в дневное время и 30 дБА в ночное время, потенциальный риск развития неспецифических эффектов меньше 0,05, риск предъявления жалоб населением, проживающим с 1- 25 этаж, меньше 0,02 и оценивается как «приемлемый».

На основе экспериментальных данных разработана и утверждена электронная база данных «Величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков» и электронная база данных «Величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб». Для автоматизации определения риска для определения характеристики безопасности окружающей среды по показателю акустической нагрузки разработана и утверждена программа для ЭВМ «Расчет рисков здоровью населения при акустическом воздействии».

ОАО «РЖД», реализуются проекты по снижению шумового воздействия на окружающую среду, один из них – проект снижения уровня шума от подвижного состава, в рамках которого ежегодно проводятся мероприятия по установке шумозащитных экранов и замене окон в домах, находящихся вблизи железной дороги. Программа по снижению уровня шума от деятельности железнодорожного транспорта реализуется на Октябрьской железной дороге с 1998 года, за это время в рамках проектов нового строительства и реконструкции установлено 80,8 км шумозащитных экранов.

Для расчета экономической эффективности определили среднюю стоимость установки экрана длиной 500 м и высотой 5 м, т.е. общая площадь экрана составит 2 500 м². Данная площадь защитит 5 типовых жилых домов серии 1-528, имеющих 5 этажей, 4 парадных. В 5 домах для шумозащиты подлжит 500 оконных блоков.

Стоимость установки акустического экрана составляет 32 500 900 рублей. Стоимость замены оконных блоков – 20 970 000 рублей.

Экономическая эффективность установки оконных блоков составляет 11 530 900 рублей. При этом оконные блоки не требуют дополнительного постоянного обслуживания. Акустические экраны требуют затрат на ремонт и эксплуатацию.

С эстетической точки зрения стеклопакеты с повышенной шумоизоляцией в жилых домах предпочтительны и более выгодны. По опросам, уровень удовлетворенности населения от замены окон с повышенной шумоизоляцией составляет 72,3%, в то время, как уровень удовлетворенности установкой акустическими экранами лишь 27,7%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги, рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы:

Расширено представление о перечне шумозащитных мероприятий, влияющих на безопасность условий проживания на территориях городов и агломераций в районе развитой транспортной инфраструктуры. В перечень шумозащитных мероприятий жилых помещений и общественных зданий включено звукоизолирующее полотно. Выполнено его исследование акустических характеристик, предложены способы использования.

Обосновано научное положение о том, что существующий в настоящее время комплекс шумозащитных мероприятий недостаточен для соблюдения гигиенических требований.

Установлено, что акустические экраны имеют ограниченную эффективность в условиях высокоэтажной застройки в районах расположения линейных объектов железнодорожного транспорта, а также в условиях перспективы интенсивного развития высокоскоростного железнодорожного движения.

Разработаны элементы технологии обоснования комплекса шумозащитных мероприятий для решения проблемы сверхнормативного акустического воздействия на территорию и жилые помещения в районе функционирования линейных объектов железнодорожного транспорта.

Созданы информационная система, базы данных и алгоритм обоснования управленческих решений.

Доказана недостаточная эффективность комплекса существующих в настоящее время шумозащитных мероприятий, используемых для нормализации акустической нагрузки на селитебные территории и помещения жилых и общественных зданий.

Предложен комплекс мер для снижения акустической нагрузки в жилых и общественных помещениях, расположенных в зоне сверхнормативного акустического влияния объектов транспортной инфраструктуры.

Рекомендовано внесение изменений в нормативные документы по предъявлению требований к стеклопакетам, т.к. вопреки требованиям СП 31-107-2004, в нормативно-технических актах отсутствуют сведения какая конструкция оконного блока обладает той или иной степенью эффективности изоляции воздушного шума.

Результаты исследований окажут влияние на дальнейшее перспективное развитие теории и практики разработки технических средств для снижения шума от транспортных потоков.

Методические подходы к организации исследования и разработанная схема подбора шумозащитных мероприятий может быть тиражирован для автомобильной и авиационной транспортных систем.

Перспективами дальнейшей разработки темы является детальное изучение звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов для обеспечения акустической безопасности среды.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

а) в отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных

1. Копытенкова, О.И. Гигиеническая оценка мер снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории / О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева, Л.Б. Бурнашов, Е.Б. Кузнецова // Гигиена и санитария. – 2019. - Т. 98, №6. – С.671-676. – DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-671-676>.

б) свидетельства о государственной регистрации баз данных

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2017620441 Российская Федерация. База данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта / О.И. Копытенкова, Д.Е. Курепин, А.В. Леванчук, Е.В. Верещагина, Б.Л. Машарский, Т.А. Афанасьева; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». - № 2017620154; заявл. 27.02.2017; опубл. 18.04.2017. – 1 с.

3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2017620442 Российская Федерация. База данных показателей шумоизоляции строительных материалов / О.И. Копытенкова, Д.Е. Курепин, А.В. Леванчук, Е.В. Верещагина, Т.А. Афанасьева.; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». - № 2017620153; заявл. 27.02.2017; опубл. 18.04.2017. – 1 с.

4. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019622091 Российская Федерация. База данных величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков / О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева, Д.Е. Курепин, Л.Б. Бурнашов, С.Н. Носков, Г.Б. Ерёмин; заявитель и правообладатель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ»). - № 2019622030; заявл. 06.11.2019; опубл. 15.11.2019, Бюл. № 11. – 1 с.

5. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019622092 Российская Федерация. База данных величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб / О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева, Д.Е. Курепин, Л.Б. Бурнашов, С.Н. Носков, Г.Б. Ерёмин; заявитель и правообладатель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ»). - № 2019622027; заявл. 06.11.2019; опубл. 15.11.2019, Бюл. № 11. – 1 с.

в) свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU2019664495 Российская Федерация. Программа расчета рисков здоровью населения при акустическом воздействии / О.И. Копытенкова, Л.Б. Бурнашов, Т.А. Афанасьева, Г.Б. Ерёмин; заявитель и правообладатель Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-западный научный центр гигиены и общественного

здоровья» (ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ»). - № 2019663282; заявл. 23.10.2019; опубли. 07.11.2019, Бюл. № 11. – 1 с.

з) в других изданиях

7. Копытенкова, О.И. Снижение акустического воздействия на жилые территории / О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева, Г.В. Голышева // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Т. 9 №5. – С.1-8.

8. Афанасьева, Т.А. Акустическое воздействие от железнодорожного транспорта как одна из геоэкологических проблем / Т.А. Афанасьева, Юдаева О.С., Астахов В.В. // Проблемы безопасности российского общества. – 2017 – № 2. – С.106-111.

9. Лебедев, К.Ю. Гигиенические аспекты градостроительной деятельности на приаэродромных территориях / К.Ю. Лебедев, О.И. Копытенкова, Д.С. Выучейская, А.В. Леванчук, Т.А. Афанасьева // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. - №6 (319). – С.46-49.

10. Леванчук, А.В. Гигиеническое обоснование методов снижения акустической нагрузки в жилых помещениях/ А.В. Леванчук, О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. - №10 (331). – С.46-51.

11. Афанасьева, Т.А. Основные направления решения проблем, связанных с акустической нагрузкой в городской среде с развитой транспортной инфраструктурой / Т.А. Афанасьева, Л.А. Леванчук, П.А. Ганичев // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2021. - Том 16 № 1. – С. 150-172.

д) в материалах конференций

12. Афанасьева, Т.А. Анализ нормативно-правовой документации, регламентирующей шум ж/д транспорта / Т.А. Афанасьева, О.И. Копытенкова, Б.Л. Машарский // Матер. VI Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участ. "Защита от повышенного шума и вибрации». - СПб: БГТУ «Военмех». – 21-23 марта 2017. – С. 174-178.

13. Афанасьева, Т.А. Геоэкологические проблемы акустического воздействия в зоне влияния железнодорожного транспорта / Т.А. Афанасьева // Матер. X Всерос. науч.-практич. конфер. "Наука Молодых"- г. Нижний Новгород: НГТУ. – 30-31 марта 2017. – С.61-66.

14. Копытенкова, О.И. О проблемах разработки, экспертизы проектов санитарных разрывов от объектов транспортной инфраструктуры / О.И. Копытенкова, Г.Б. Ерёмин, Н.А. Мозжухина, В.А. Никонов, Т.А. Афанасьева // Матер. Всерос. науч.-практич. конф. "Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами", научная работа ". - г. Мытищи: ФНЦГ им. Ф.Ф.Эрисмана. – 25-26 мая 2017. – С.179-182.

15. Афанасьева, Т.А. Снижение акустической нагрузки на жилые помещения в зоне влияния железнодорожного транспорта / Т.А. Афанасьева // Матер. VI Междунар. науч. – практич. конф. «Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2018). - СПб: ПГУПС. – 24-26 октября 2018. – С. 21-24.

16. Копытенкова, О.И. Строительные меры снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории / О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева, Б.Л. Машарский, А.Б. Завьялов // Матер. Междунар. науч.-практич. интер.-конф. «Modern engineering and innovative technologies». - Карлсруэ, Германия. - 16-17 октября 2018. - вып.5, т.2. - С. 109-112.

17. Леванчук, А.В. Геоинформационный метод оценки воздействия шума транспортных потоков на окружающую среду / А.В. Леванчук, Д.Е. Курепин, Т.А.

Афанасьева // Матер. Междунар. науч.-практич. интер.-конф. «Modern engineering and innovative technologies». - Карлсруэ, Германия. - 16-17 октября 2018. - вып.5, т.3. - С. 56-60.

18. Афанасьева, Т.А. Результаты исследования мер снижения сверхнормативного акустического воздействия на жилые территории / Т.А. Афанасьева, Л.Б. Бурнашов, Д.Е. Курепин, Н.Н. Пирогова // Матер. Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. уч. «Профилактическая медицина – 2018». - СПб: ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова. – 29-30 ноября 2018. – С. 40-44.

19. Копытенкова, О.И. Основные направления решения проблем, связанных с акустической нагрузкой в районах с развитой транспортной инфраструктурой / О.И. Копытенкова, Т.А. Афанасьева, Е.Б. Кузнецова, А.В. Леванчук, С.Н. Носков // Матер. XIV Еж. Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. уч. «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблема и пути их решения». - СПб: Политех. – 21-23 ноября 2019. – С. 286-293.

20. Афанасьева, Т.А. Транспортный шум как фактор риска при формировании комфортной городской среды / Т.А. Афанасьева, Л.А. Леванчук // Матер. I I Междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы обеспечения безопасности» - г. Уфа: ФГБОУ ВО УГАТУ. – 8 апреля 2020. – С.257-259

21. Афанасьева, Т.А. Способы снижения акустической нагрузки транспортных систем на территории городских поселений / Т.А. Афанасьева, А.В. Леванчук // Матер. Междунар. науч.-практич. конф. «ОБЩЕСТВО – НАУКА – ИННОВАЦИИ» (07 февраля 2022г., г. Казань). – Уфа: OMEGA SCIENCE. - 07.02.2022. С. 11-14.

Афанасьева Татьяна Анатольевна

Обоснование комплекса мероприятий для обеспечения комфортной и безопасной для человека среды обитания в условиях функционирования транспортных систем

2.9.10. Техносферная безопасность транспортных систем

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук