

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

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)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор медицинских наук, профессор
Копытенкова Ольга Ивановна

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ, НА КОМФОРТНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ.....	10
1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	10
1.2 НОРМИРУЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАЗЕМНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	12
1.3 АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ТРАНСПОРТА НА КОМФОРТНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДОВ И ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ	14
1.4 АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	22
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	24
ГЛАВА 2 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДВИЖНЫХ СОСТАВОВ	26
2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ИСТОЧНИКАХ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	26
2.2 НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	28
ВЫВОДЫ ВО ГЛАВЕ 2	39
ГЛАВА 3 ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ РЕАЛИЗУЕМЫХ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ.....	41
3.1 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ О ШУМОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ	41
3.2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ.	46
3.3 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКРАНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОЕЗДОВ ...	55

3.4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ОКОННЫМИ БЛОКАМИ ДЛЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	66
3.5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ТКАНЕВЫМИ ШТОРАМИ ДЛЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	71
3.6. ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ШУМОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ МЕТОДОМ ИТЕРАЦИИ.....	79
ВЫВОДЫ К 3 ГЛАВЕ:	84
ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	86
4.1 ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ОТ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ РИСКА	86
4.2 СОЦИАЛЬНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ А	117
ПРИЛОЖЕНИЕ В	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Развитие транспортного комплекса осуществляется на основании «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [1]. 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) [1].

В 2020 году эксплуатационная протяженность железнодорожных путей общего пользования Российской Федерации составила 87 тыс. километров. Протяженность участков железнодорожного пути с превышением тоннажа и срока эксплуатации составила 23,9 тыс. километров.

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 [2]. 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 [2].

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. Минаева, 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, Алексеев 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 соответствии 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.

Глава 1 Анализ и оценка влияния шума транспортных потоков, на комфортность и безопасность населения

1.1 Характеристика акустического воздействия транспортных систем на безопасность окружающей среды

В последние десятилетия научные исследования отечественных и зарубежных авторов указывают на то что шум транспортных потоков является немало важной причиной снижения комфортности условий проживания и является небезопасным для здоровья населения [3-19]. Население, проживающее на территории вблизи объектов транспортной системы, воспринимает акустическое загрязнение окружающей среды одной из главных экологических проблем [20]. Исследования, проведенные в Германии, Британии, позволили установить, что люди, у которых в жилых домах уровень транспортного шума превышает показатель в 65 дБА подвержены риску инфаркта миокарда на 20 % выше среднего уровня, а шум выше 70 дБА увеличивает этот риск на 30 % [3].

По данным ВОЗ, шум занимает третье место среди причин смерти, после загрязнения воздуха и несчастных случаев, в то время как смерть от воздействия канцерогенных воздушных загрязнителей, находится на четвертом месте [6-7].

Исследования Babisch W., Ising H. U., Kruppa B., Wiens D. выявили тот факт, что шум служит инициатором целого ряда проблем, таких как: нарушение коммуникаций; нарушение концентрации в процессе работы; ухудшение сна; психические и соматические реакции; ишемическая болезнь сердца, увеличивающая риск сердечно-сосудистой патологии [4-5].

На территории европейских стран 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 [8-9]. Две трети населения европейских городов испытывают воздействие шума транспортных потоков и 15 % из них испытывают влияние шума, вызываемого железнодорожным транспортом

[10-19]. По данным исследований Babisch W., Ising H. U., Kruppa B., Wiens D., G inther B. доля лиц, испытывающих воздействие сверхнормативного уровня шума составляет от 0,2 % до 17,6 % (рисунок 1.1) [4-5].

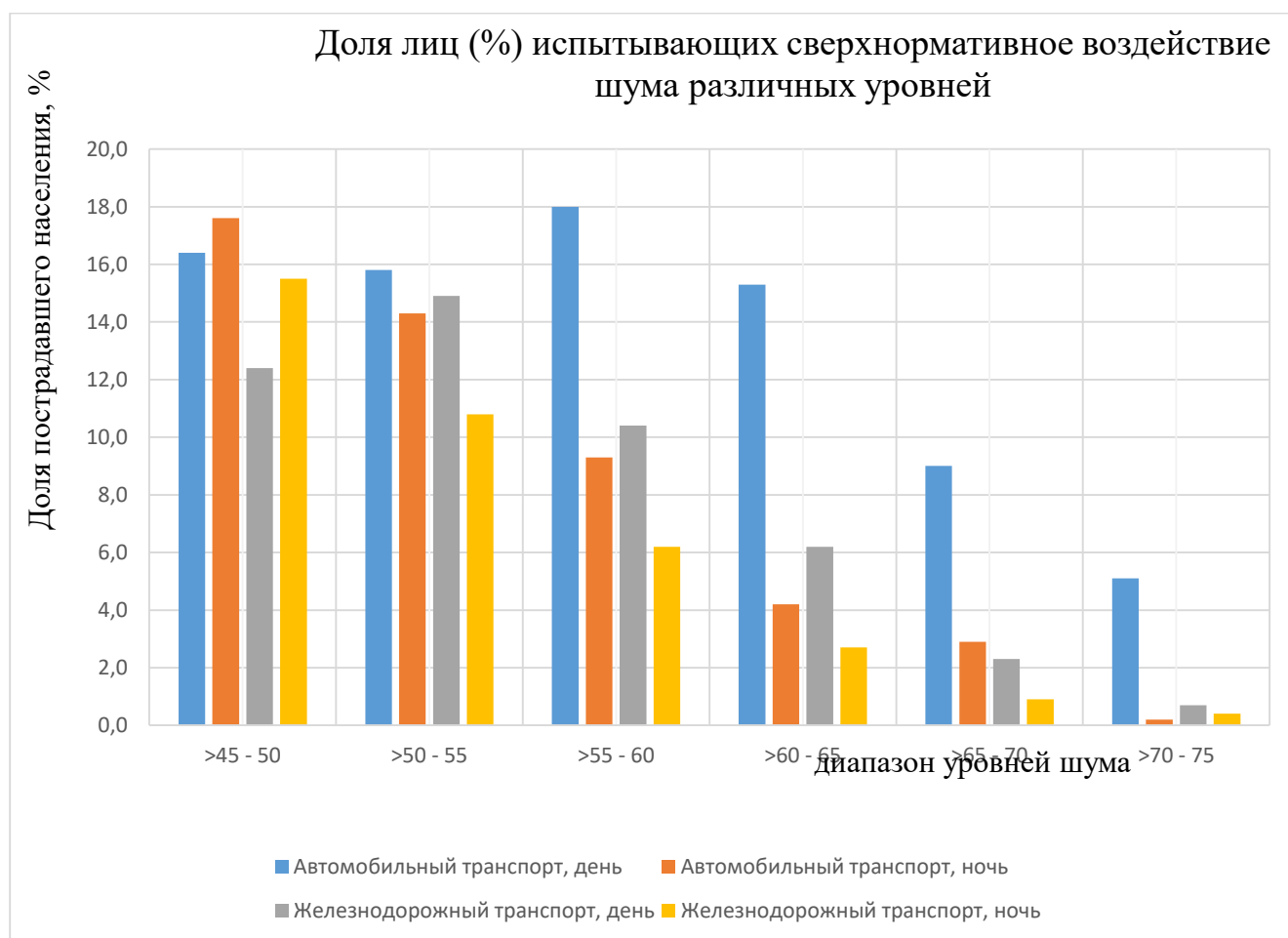


Рисунок 1.1 – Доля лиц (%) испытывающих сверхнормативное воздействие шума различных уровней

В нашей стране, например, в Москве по данным [21-22], 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 жизни на 8-12 лет [21-22]. По данным [23] в Санкт- Петербурге до 90% площади центральных районов города находятся в зоне сверхнормативного акустического загрязнения.

Исследования отечественных ученых воздействия шум на здоровье человека [24-25] показывают, что оно оказывает раздражающее действие на центральную нервную систему, является причиной или фактором риска развития нервных, психических и сердечно-сосудистых заболеваний. Рядом исследований М.С.

Шуплецова, Е. В. Калинкина [24] установлено негативное влияние шума на организм детей. Доказано, что под влиянием шума, интенсивность которого превышает 45 дБА, у школьников понижается восприятие аудиоинформации, снижается умственная работоспособность, развиваются явления стресса [24].

Шум является фактором, изменяющим процессы засыпания и сна, что нарушает деятельность психоэмоциональной сферы и снижает качество отдыха и восстановления после трудовой деятельности и приводит к формированию стресса, ведет к тревожным реакциям на уровне неосознанных физиологических систем, которые оказывают влияние на сердечнососудистую систему и метаболизм. Вредное воздействие длительного шума может проявиться после скрытого состояния через 5 - 10 лет [3- 5, 8-9].

1.2 Нормируемые характеристики акустического воздействия наземных видов транспорта на окружающую среду

Транспортный шум, создаваемый наземными видами транспорта (автомобильные и железнодорожные транспортные потоки), является совокупностью звуков, которые создаются моторами, колесами, тормозами и аэродинамическими особенностями транспортных средств.

Уровень транспортного шума на селитебной территории зависит от интенсивности, скорости движения, состава транспортного потока, планировочных решений застройки, наличия зеленых насаждений и др.

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, дБА [26]. Оценка при измерениях производится одновременно по обоим параметрам. Превышение одного из них рассматривается, как несоответствие санитарным нормам. Современная микропроцессорная техника измеряет и оценивает спектральный состав непостоянного уровня шума октавные эквивалентные $L_{eq.63}, L_{eq.125} \dots L_{eq.8000}$ и максимальные $L_{max.63}, L_{max.125} \dots L_{max.8000}$

уровни звука, дБ, которые используются при анализе и расчётах звукоизоляции [27].

Уровни звука, создаваемые при движении различными транспортными средствами представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Уровни звука, создаваемые движением различных транспортных средств

Источник шума	Уровень звука, дБА
Железнодорожный транспорт	
Грузовые поезда	78-88
Электропоезда	76-90
Пассажирские поезда	78-88
Высокоскоростные поезда «Сапсан»	68-86
Высокоскоростные поезда «Аллегро»	62-88
Локомотив	77-87
Трамвай	75-90
Метрополитен	80-90

Воздушный шум от объектов функционирования железнодорожной инфраструктуры оказывает негативное воздействие на окружающую среду – качество и безопасность жизни населения. Наиболее интенсивный вклад вносят потоки железнодорожных составов, шум от которых является широкополосным непостоянным.

В 2019 году железнодорожным транспортом обслужено 1201 млн. пассажиров, из которых в дальнем следовании - 116 млн. пассажиров, в пригородном сообщении - 1085 млн. пассажиров. Средняя дальность перевозки в дальнем сообщении составила 850 километров, в пригородном сообщении - 32 километра. По результатам 2019 года на коммерческой основе по путям промышленного железнодорожного транспорта перевезено 758 млн. тонн грузов, а грузооборот составил 12,3 млрд. тонно-километров. Всего по путям организаций перевезено 3 млрд. тонн грузов, а грузооборот составил 33,5 млрд. тонно-километров [1].

Структура транспортных потоков обладает специфическими особенностями акустического воздействия. По субъективным ощущениям человека шум железнодорожных составов непостоянный прерывисто-регулярный, т. е. медленно нарастающий и также медленно убывающий, что позволяет слуховым рецепторам восстанавливать свои функции. В результате шум прохождения железнодорожных составов воспринимается легче, субъективно с меньшим неприятием [28-29].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует [6-7] следующие пороги шумовой нагрузки с осреднением для дневного времени в 16 час и для ночного времени в 8 час: для уличных шумов, вызывающих серьезное раздражение $L_{Aeq,16} = 55$ дБА; для уличных, вызывающих среднюю степень раздражения $L_{Aeq,16} = 50$ дБА; для внутренних помещений в дневное время $L_{Aeq,16} = 35$ дБА; для внутренних спальных помещений в ночное время $L_{Aeq,8} = 30$ дБА; вне спальных помещений в ночное время $L_{Aeq,8} = 45$ дБА [6-7].

1.3 Анализ нормативной документации, регламентирующей акустическое воздействие транспорта на комфортность и безопасность городов и городских поселений

В России право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о её состоянии, обязательства по охране труда и здоровья населения установлены в Конституции Российской Федерации [30]. Правовые гарантии в сфере охраны окружающей среды, обеспечения здоровья населения имеют императивный характер и определяются Федеральными законами: Гражданским, Земельным, Градостроительным, Жилищным кодексами, Законами об охране здоровья граждан, О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, Об охране окружающей среды и атмосферного воздуха, О государственном кадастре недвижимости и др. [31-38].

В частности Градостроительный Кодекс [35] устанавливает понятие устойчивого развития территорий, как обеспечение безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия

хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений и определяет, что программы комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселения, городского округа должны обеспечивать сбалансированное, перспективное развитие систем коммунальной инфраструктуры в соответствии с потребностями в строительстве объектов капитального строительства и соответствовать установленным требованиям надежности, энергетической эффективности указанных систем, снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека [35].

Одно из базовых правил градостроительной деятельности является соблюдение экологической безопасности. Проектированием генеральных планов объектов выявляются их возможные негативные воздействия и лишь после этого происходит утверждение проекта. При расположении объектов среди жилых или общественных зон производится при условии отсутствия их негативного воздействия на окружающую среду или выполнения комплекса мер, обеспечивающих нормативы воздействия на окружающую среду. Закон [35] устанавливает, что проекты инженерных изысканий, проекты планировки территории, архитектурно-строительное проектирование должны содержать материалы по охране окружающей среды [35], а Федеральный закон об охране окружающей среды Российской Федерации [36] устанавливает такие категории как: окружающая среда, качество и загрязнение окружающей среды, что такое экологический риск и экологическая безопасность, вводит понятие допустимых физических воздействий [36]. Закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [37] устанавливает санитарно-эпидемиологические требования - обязательные для обеспечения безопасности и (или) безвредности факторов среды обитания человека [37].

Федеральный закон № 384-ФЗ [39] в ст. 24 для этапов эксплуатации зданий и сооружений определяет комплекс требования обеспечивающие безопасный уровень акустического воздействия на здоровье человека, включающий: ограничение воздушного шума, создаваемого источниками на придомовой

территории; воздушного шума, создаваемого в других помещениях здания или сооружения; ударного шума; шума, создаваемого оборудованием; чрезмерной реверберации шума в помещениях [39]. Положения Федерального закона № 384-ФЗ находят своё развитие в Постановлении Правительства РФ № 815 от 28.05.2021 г. «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил)» [40]. Соблюдение требований Федерального закона № 384-ФЗ обеспечивается применением на обязательной основе строительных сводов правил и/или национальных стандартов [40].

Анализ основных правовых актов, регулирующих акустическое воздействие на окружающую среду показал, что в области законодательства этой проблеме уделяется достаточное внимание [30-43].

В нашей стране в соответствии с правилами Международной организации по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO) санитарные нормы и правилами (СанПиП) в зависимости от природы воздействующего фактора их количественные значения нормируются в виде ПДК, ПДУ, ОБУВ, ПДВ, ПДС, ПДТ. Нормы определяют два основных параметра: во-первых – качество окружающей среды и, соответственно, предел антропогенного воздействия на окружающую среду; во-вторых – предел воздействия техносферных факторов, обеспечивающий безвредное и безопасное существование человека.

В нашей стране ограничению воздействия такого физического фактора среды обитания человека, как шум, посвящены СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21 нормирующие уровни шума [26, 44], а также проектные документы регулирующие различные аспекты защиты от шума, как своды правил СП 51.13330-2011 и СП 276.1325800-2016 [45-46].

В соответствии с [26] для жилых и общественных зданий и для придомовой территории нормируемыми характеристиками шума являются дифференцированные для дневного и ночного времени суток значения эквивалентного L_{Aeq} и максимального L_{Amax} уровня звука, дБА [26].

В этих документах есть ряд определенных различий. Так СанПиН 2.1.3684-21 п. 130 допускает для жилых помещений превышение гигиенических нормативов

в дневное время суток (с 7.00 до 23.00 часов) на 5 дБ [44]. В [26] этого нет, но п. 103 для потоков автомобильного, железнодорожного транспорта допускает превышение гигиенических нормативов на 10 дБА в 2 м от ограждающих конструкций первого эшелона жилых зданий шумозоштитного типа [26].

В СП и СанПиН имеются различия относящиеся к трактовке территории жилой застройки. Для [26] это: «территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек» с такими же дифференцированными значениями шума для дневного и ночного времени суток, но приводится ещё одна позиция «площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений», для которой установлен дифференцированный по времени суток норматив (таблица 1.2) [26].

Таблица 1.2 – Нормируемые параметры шума, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума, создаваемого на территории жилой застройки средствами железнодорожного транспорта, в помещениях жилых и общественных зданий [26].

Название территорий или помещения	Время суток	Эквивалентный уровень звука, LAэкв, дБА	Максимальные уровни звука LAмакс, дБА
Жилые комнаты квартир, домов стационарных организаций социального обслуживания, домов отдыха, пансионатов	с 7 до 23 ч	40	55
	с 23 до 7 ч	30	45
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов и т.д.	с 7 до 23 ч	55	70
	с 23 до 7 ч	45	60

Продолжение Таблица 1.2

Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	с 7 до 23 ч	60	75
	с 23 до 7 ч	50	65

Для свода правил СП 51.13330-2011 [45] это: «территория, непосредственно прилегающая к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений, площадок отдыха микрорайонов и групп жилых домов» с единым по времени суток нормативом уровня звука $L_{Aeq} = 55$ и $L_{Amax} = 70$, дБА. Для расчёта средств защиты от непостоянного (прерывистого, колеблющегося во времени) шума СП использует октавные эквивалентные $L_{eq.63}$, $L_{eq.125}$, ..., $L_{eq.8000}$ и максимальные $L_{max.63}$, $L_{max.125}$, ..., $L_{max.8000}$ уровни звука, дБ, допускается использовать эквивалентные L_{Aeq} , и максимальные L_{Amax} , уровни звука, дБА [45].

Различия в определениях затрудняют обоснование границ санитарно-защитных зон (СЗЗ) и разрывов по фактору шума, «размывают» объективность и однозначность границ СЗЗ. С другой стороны, расчёт шумозащитных мероприятий базируются на СП [45-46], а экспертиза результатов мероприятий, направленная на соблюдение санитарно-эпидемиологических условий проживания или работы человека, проводится на основании гигиенических нормативов СанПиН 1.2.3685-21 [26].

В настоящее время действуют нормативно-технические акты, определяющие методы и способы защиты от акустического воздействия потоков транспорта на городскую застройку. Это своды правил СП 51.13330-2011 [45], СП 276.1325800-2016 [46], СП 31-107-2004 [47] и СП 54.13330-2022 [48].

Свод правил СП -107-2004 [47] п. 4.4 устанавливает за счёт каких архитектурно-планировочных решений здания могут относиться к определению «шумозащищённые жилые здания», а в п. 4.4.6 приводит общие рекомендации по применению средств защиты от воздушного шума – это [47]:

– «конструкции наружных стен с индексами звукоизоляции не ниже нормируемых»;

– «окна с эффективным остеклением, обеспечивающим в закрытом положении снижение транспортного шума на величину (28 – 39) дБА, в том числе с отдельным двойным остеклением, с тройным остеклением (раздельно-спаренные со стеклопакетом и стеклом или с двухкамерным стеклопакетом)» [47].

На сегодняшний день действует ГОСТ 23166-2021 [49], п. 5.8 которого определяет технические мероприятия для обеспечения звукоизоляции, но в нем отсутствует какое либо техническое решение оконного блока, позволяющего обеспечить требуемую величину звукоизоляции [49].

Свод правил [45] в качестве основных организационных архитектурно-планировочных направлений защиты от шума территории жилой застройки предусматривает [45]:

– «применение рациональных приемов планировки и застройки городских и сельских поселений, городских округов, жилых районов, микрорайонов и кварталов» [45];

– «соблюдение санитарно-защитных зон (по фактору шума) промышленных и энергетических предприятий, автомобильных и железных дорог, аэропортов, предприятий транспорта (железнодорожных сортировочных станций, депо, автобусных и троллейбусных парков и т.п.)» [45];

– «для жилых районов, микрорайонов, кварталов в городской застройке наиболее эффективным является размещение в первом эшелоне застройки магистральных улиц шумозащитных зданий в качестве экранов, защищающих от транспортного шума внутриквартальное пространство. В качестве зданий-экранов могут использоваться здания нежилого назначения: торговые центры, гаражи, предприятия коммунально-бытового обслуживания» [45];

– «при размещении жилой застройки вдоль магистральной автомобильной или железной дороги на расстоянии, не обеспечивающем необходимое снижение шума, использовать шумозащитные экраны в виде естественных или искусственных элементов рельефа местности (откосов выемок, насыпей), в виде искусственных сооружений (вертикальные или наклонные стенки, галереи и т.п.), а также применять экраны комбинированного типа (например,

насыпь + стенка) и устраивать шумозащитные полосы из зеленых насаждений» [45];

– «планировка и застройка территорий городских и сельских поселений должна осуществляться с учётом обеспечения допустимых уровней шума, как в помещениях жилых и общественных зданий, так и на придомовой территории» [45].

Практика применения нормативной документации позволила выявить, неточности требований санитарного законодательства к обоснованию санитарных разрывов и санитарно-защитных зон, что в дальнейшем может явиться причиной ряда спорных вопросов при использовании земельных участков, размещаемых на границе санитарного разрыва под жилищное строительство.

В соответствии с СП 54.13330.2016 п. 9.24 установлены следующие требования по защите от акустического воздействия [48]:

– «звукоизоляция наружных и внутренних ограждающих конструкций жилых помещений многоквартирного жилого здания должна обеспечивать снижение звукового давления от внешних источников шума, в том числе ударного, и шума», и не превышать допускаемые значения СанПиН 1.2.3685-21 [26] и требования СП 51.13330.2011 [45].

– при размещении многоквартирных жилых зданий на территории с повышенным уровнем транспортного шума следует осуществлять снижение шума в жилых помещениях за счёт:

- «применения конструктивно-технических средств шумозащиты, в том числе наружных ограждающих конструкций и элементов заполнения оконных и других проемов, обеспечивающих звукоизоляцию по СП 51.13330.2011 [45]» [48];

- «выбора объёмно-планировочных решений в части конфигурации здания в плане и по этажности, ориентации жилых комнат, снижающих прямое воздействие неблагоприятных факторов» [48].

В соответствии с СП 276.1325800-2016 [46] при выборе мероприятий по снижению шума транспортных потоков в первую очередь необходимо предусматривать организационные мероприятия, которые не требуют

существенных дополнительных капитальных вложений. При выборе конструкций шумозащитных сооружений помимо обеспечения снижения ими шума до уровня, регламентируемого санитарными нормами, следует принимать во внимание [46]:

«отсутствие неблагоприятного влияния шумозащитных сооружений на безопасность дорожного движения, удобство эксплуатации дороги, экологическое состояние окружающей среды» [46];

«отсутствие опасности для жизни и здоровья людей на защищаемых территориях» [46];

«удобство монтажа и эксплуатации шумозащитного сооружения» [46];

«соблюдение требований по пожарной безопасности и электробезопасности» [46];

«эстетические качества шумозащитных сооружений, их гармоничное сочетание с окружающим ландшафтом» [46];

«экономическую обоснованность принимаемых конструктивных решений по шумозащите» [46].

На стадии проектирования и особенно в условиях сложившейся застройки рекомендуется сооружение шумозащитных акустических экранов в виде вертикальных или наклонных стенок различной конструкции, являющихся наиболее технологичными для практического применения [50-51].

В пригородных зонах, там, где позволяют местные условия, предпочтительно применять в качестве экранов земляные валы, насыпи, выемки, являющиеся более дешевым видом шумоподавления по сравнению с акустическими экранами. Откосы валов, насыпей или выемок должны иметь уклон 1:2 или 1:1,5 и быть укреплены с помощью облицовки их бетонными или каменными плитами, или дерном. В теле валов допускается располагать авторемонтные предприятия, гаражи, коллекторы и другие коммуникационные сооружения с ненормируемым уровнем шума, что позволяет рационально использовать территорию [45].

Таким образом установлено, что при определении придомовой территории в СП есть разночтения, затрудняющие экспертизу санитарно-эпидемиологических требований. В СП 31-107-2004 [47], и других нормативно-технических актах

отсутствуют требования, при проектировании зданий в зоне влияния транспортных систем, указывать необходимую эффективность изоляции воздушного шума оконными блоками, рекомендованными для установки в определенной акустической ситуации.

1.4 Анализ нормативно-технической документации, регламентирующей акустическое воздействие от движения железнодорожного подвижного состава

К числу наиболее значимых нормативно-технических документов, регламентирующих акустическую безопасность подвижного состава относятся: ТР ТС 001/2011 [52] и ТР ТС 002/2011 [53].

ТР ТС 001/2011 [52] устанавливает требования «к железнодорожному подвижному составу и его составным частям в целях защиты жизни и здоровья человека.

«При проектировании железнодорожного подвижного состава и его составных частей проектировщик должен выбирать решения, обеспечивающие установленный законодательством допустимый уровень вредных воздействий на жизнь и здоровье человека» [52].

ТР ТС 002/2011 [53] устанавливает требования к «высокоскоростному железнодорожному транспорту в целях защиты жизни и здоровья человека, животных и растений...». «При проектировании объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта должна оцениваться степень риска расчётным, экспериментальным и экспертным путём...»

Статья 23 ТР ТС «устанавливает, что объекты инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта должны обеспечивать при проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта выполнение требований законодательства государств-членов таможенного союза в области охраны окружающей среды». В статье 24 ТР ТС устанавливается, что «при проектировании ...должны учитываться нормативы допустимой антропогенной нагрузки на

окружающую среду, предусматриваться мероприятия по предупреждению и устранению загрязнения окружающей среды, в том числе физическими факторами» [53].

Другой группой нормативных актов, разработанных в соответствии с требованиями 184-ФЗ [54] является группа ГОСТов, регламентирующих влияние акустического воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду. ГОСТ 32203-2013 [55] устанавливает, что нормируемой характеристикой акустического воздействия большинства видов подвижного состава является максимальный уровень звука на измерительном расстоянии в 25 м от оси пути [55].

Тяговый подвижной состав: ГОСТ Р 50951-96 [56], в соответствии с которым для магистральных тепловозов максимальный уровень звука не должен превышать $L_{Amax} = 87$ дБА, маневровых тепловозов – $L_{Amax} = 78$ дБА [56]. Аналогичные нормативные значения максимального уровня звука установлены в ГОСТах [57-59], ГОСТ [60] устанавливает, что максимальный уровень звука при движении по бесстыковому пути не должен превышать $L_{Amax} = 84$ дБА и $L_{Amax} = 87$ дБА при движении по звеньевому пути, а на стоянке не должен превышать $L_{Amax} = 65$ дБА на расстоянии 7,5 м от электровоза [60].

ГОСТ 32206-2013 [61] устанавливает, что при движении в транспортном режиме с конструкционной скоростью (60 – 100) км/ч ± 5 км/ч максимальный уровень звука не должен превышать $L_{Amax} = 84$ дБА и $L_{Amax} = 78$ дБА при движении самоходом с конструкционной скоростью (40 – 50) ± 5 км/ч, а в технологическом режиме не должен превышать $L_{Amax} = 84$ дБА [61].

ГОСТ 10935-2019 [62] устанавливает, что максимальный уровень звука при движении одиночного порожнего вагона с локомотивом, следующим в режиме выбега со скоростью 80 км/ч, не должен превышать $L_{Amax} = 84$ дБА [62].

ГОСТ 34681-2020 [63] п. 5.2 устанавливает, что «эквивалентный уровень внешнего шума, создаваемый при движении поезда не должен превышать $L_{Aeq} = 84$ дБА на расстоянии 100 м от наружного рельса, а для вновь изготавливаемых вагонов на бесстыковом пути на расстоянии 25 м (при отсутствии акустических экранов)» [63];

Санитарные правила СП 2.5.3650-20 [64] устанавливают для внешнего шума, создаваемого движением поезда, измеренного на расстоянии 100 м от наружного рельса (при условии отсутствия акустических экранов), эквивалентный уровень не должен превышать $L_{Aeq} = 84$ дБА [64].

ГОСТ 33325-2015 [65], содержит средние значения эффективности мероприятий, направленных на снижение внешнего шума подвижного состава [65]:

«шлифование рельсов – эффект снижения шума качения колесной пары по рельсам до (7 – 9) дБА» [65];

«вибродемпфирующие накладки на шейку рельса – эффект снижения шума рельс до (4 – 5) дБА» [65];

«нанесение виброшумопоглощающей мастики на диски колесной пары и раму тележки – эффект снижения шума до (7 – 8) дБА» [65];

«применение акустических экранов (12 – 15) дБА» [65].

Таким образом, выявлены различия в применении нормируемых характеристиках внешнего шума подвижного состава. Для большинства тягового подвижного состава по ГОСТ 32203-2013 [55] это максимальный уровень звука $L_{Amax} = 87$, дБА, на расстоянии 25 м, в то время как в ГОСТ 34681-2020 [63] и СП 2.5.3650-20 [64] нормируется эквивалентный уровень звука на расстоянии 100 м – $L_{Aeq} = 84$, дБА. Применение единого измерительного расстояния 25 м не обеспечит выполнение нормативных требований по ГОСТ и СП [63-64] на расстоянии 100 м.

Отсутствует ясность на основании каких нормативно технических документов (методик) по методам измерения шума тягового, вагонного подвижного состава и потоков поездов ГОСТ 33325-2015 [65] ссылаются на эффективность применения шлифования рельс, накладок на рельс и виброшумопоглощающей мастики и акустических экранов.

Подбор параметров и оценку акустической эффективности экранов проводят с учетом ГОСТ 33328-2015 и ГОСТ 33329-2015 [66-67].

Выводы по главе 1

1. Действующая в настоящее время нормативная и нормативно-техническая документация содержит противоречия при определении терминов и нормативов акустического воздействия на окружающую среду.

2. Существуют различия в применении нормируемых характеристиках внешнего шума подвижного состава. Для большинства тягового подвижного состава по ГОСТ 32203-2013 [55] это максимальный уровень звука $L_{Amax} = 87$, дБА, на расстоянии 25 м, а для в ГОСТ 34681-2020 [63] и для СП 2.5.3650-20 [64] – это эквивалентный уровень звука $L_{Aeq} = 84$, дБА, на расстоянии 100 м. Применение единого измерительного расстояния в размере 25 м не обеспечит выполнение нормативных требований по ГОСТ 34681-2020 и СП 2.5.3650-20 [63-64].

3. Отсутствуют сведения о том, на основании каких измерений шума тягового, вагонного подвижного состава и потоков поездов в ГОСТ 33325-2015 [65] указана эффективность применения шлифования рельс, накладок на рельс и виброшумопоглощающей мастики и акустических экранов.

Глава 2 Анализ и оценка результатов натуральных измерений шума железнодорожных подвижных составов

2.1. Общие сведения о источниках шума железнодорожного подвижного состава

Обеспечение транспортной доступности вступает в противоречие с сверхнормативным акустическим воздействием железнодорожных составов на окружающую среду, снижающим уровень комфорта условий проживания населения на территориях вблизи объектов функционирования железнодорожной инфраструктуры.

По числу источников акустического загрязнения селитебной территории, шум от железнодорожного транспорта крайне разнообразен. Основными источниками шума железнодорожного транспорта на селитебной территории являются: 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, железнодорожные мосты при движении по ним поездов [67].

Особенно выделяется шум тягового оборудования, компрессора при скорости движения (50 – 60) км/ч; шум в системе «колесо – рельс» при скоростях (60 – 250) км/ч; аэродинамический шум образующийся при обтекании воздухом корпуса подвижного состава, пантографа и др. преобладающий на скоростях свыше 250 км/ч [68].

По данным Д.А. Куклина [69], в соответствии моделью Remington P.J. причиной шума качения колеса по рельсу являются неровности колеса и рельса [69].

Основным элементом ходовой части вагона является вагонная тележка. Конструкция любой вагонной тележки представляет собой раму, которая опирается через буксы на колесные пары, имеет систему пружинной или рессорной амортизации и соединяет все другие технические части тележки в единое целое. Тележка с помощью шкворня соединяется с рамой вагона,

который вставляется в отверстие рамы. Колесо, а точнее колёсная пара – элемент ходовой части железнодорожного подвижного состава, представляющий собой пару колёсных дисков, жёстко посаженных на ось и всегда вращающихся вместе с осью, как единое целое и являющаяся одной из составных частей многотонной вагонной тележки (рисунок 2.1).

Шум качения колеса по рельсу при скорости пассажирского состава равной $v = 140$ км/ч и диаметре поверхности качения колёсного диска по ГОСТ 4835-2013 [70] равной $d = 0,95$ м частота шумообразования составляет $f = 13$ Гц, это характеристика инфразвука. Следовательно, «шум качения колеса по рельсу» очень упрощённое определение. С помощью шумомера-анализатора можно измерить эффект применения шлифования рельс, накладок на шейку рельс, шумовибропоглощающей мастики на диски колёсных пар. Вместе с тем, результат мероприятий лежит в неслышимом для человека диапазоне частот.

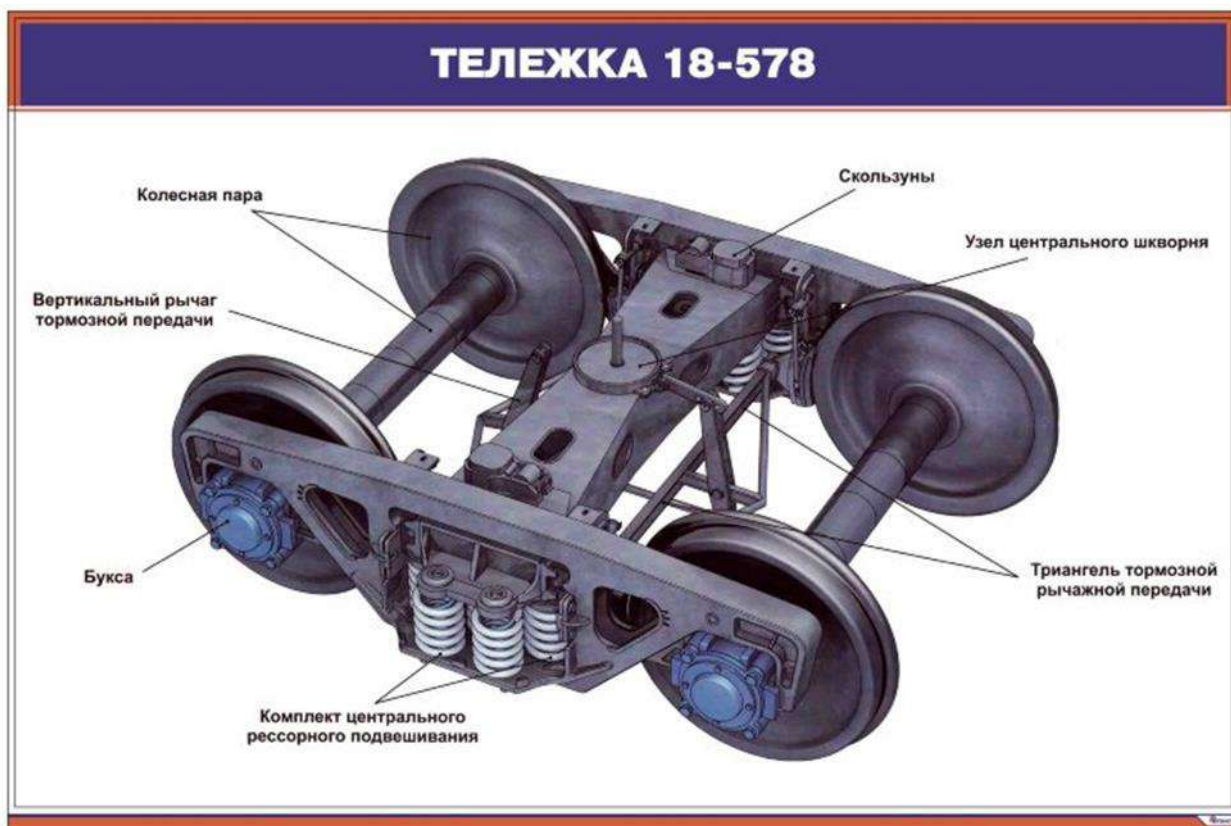


Рисунок 2.1 – Схема устройства вагонной тележки

В слышимом диапазоне частот процесс шумообразования подвижного состава любого типа определяется движением минимум двух многотонных

ходовых тележек в пределах допусков ширины колеи рельс, по ПТЭ составляющей 1520 с допусками в сторону уширения 8 мм, допуск в сторону сужения составляет 4 мм. [71]. Тележки колеблются, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, всей конструкцией участвуя в шумообразовании, их шкворни постоянно соударяются с рамой подвижного состава. Свой вклад в процесс шумообразования вносит дребезжание корпуса подвижного состава (корпусный шум), «гудение» колеса и рельса в кривых малого радиуса бесстыкового пути, скрип тормозных колодок и колеса при торможении (шум торможения), шум сцепки – соударение вагонов, удары колёсных пар на стыках рельсов звеньевого пути.

Теоретически движения железнодорожных составов при скоростях до 250 км/ч представляет набор точечных источников звука, затухание от которых характеризуется 6 дБ при удвоении расстояния измерения, дальнейший рост скорости составов представляет шумоизлучение цилиндрического источника, затухание звука от которого характеризуется 3 дБ при удвоении расстояния измерения.

2.2 Натурные исследования характеристик шума железнодорожного подвижного состава

Железнодорожный подвижной состав классифицируется как: грузовой и пассажирский – скоростной и высокоскоростной, каждый вид которого обладает своими спектральными характеристиками шума.

Для проведения анализа и оценки шума транспортных потоков, влияющих на комфортность и безопасность селитебных территорий, проведены натурные измерения характеристик шума железнодорожных составов. Определены спектральные характеристики, эквивалентный и максимальный уровень звука от различных видов подвижного состава. В перечень изучаемых видов подвижного состава включены: Сапсан, Аллегро, Ласточка, грузовые, пассажирские и пригородные поезда.

При проведении измерений соблюдены следующие условия: измерительный микрофон располагался на расстоянии $(25 \pm 0,5)$ м от оси

ближнего к точке измерения рельса, на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м от уровня земли. Места измерения шумовых характеристик представляли прямые горизонтальные участки рельсового пути, при прохождении не менее 20 составов каждой категории. Длительность измерения зависела от длительности прохождения средства железнодорожного транспорта мимо точки проведения измерений. При неблагоприятных метеорологических условиях выпадении осадков, скорости ветра более 5 м/с измерения не проводились. При скорости ветра в пределах (1 – 5) м/с применялось специальная ветрозащитная насадка. Регистрировался уровень звука помех, который был на 10 дБА меньше полезного сигнала [72-73].

Измерение шума проведено согласно инструкциям по эксплуатации приборов.

Измерительная аппаратура:

Шумомер – анализатор спектра, виброметр портативный ОКТАВА – 110 А, соответствующий ГОСТ [27] заводский номер А060206, регистрационный номер СИ 32747-06,

Шумомер – виброметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110 А, соответствующий ГОСТ [27] заводский номер БФ 140029, регистрационный номер СИ 48906-12;

Калибратор акустический CAL 200, заводский номер 8647;

шумомер – виброметр, анализатор спектра «ЭКОФИЗИКА-110А», соответствующий ГОСТ [27], заводский номер БФ 140029, регистрационный номер СИ 48906-12;

насадка цифровой преобразователь – измерительный термоанемометр ТТМ-2-04-DIN заводской номер 2467, регистрационный номер СИ 29006-05 (к прибору «ЭКОФИЗИКА-110А»);

насадка цифровой преобразователь – измеритель параметров микроклимата аспирационной «Эко-Терма-DIN» заводский номер 140286, регистрационный номер СИ 49002-12 (к прибору «ЭКОФИЗИКА-110А»).

Все средства на время измерений имели свидетельства о поверке.

Оценка для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам, станциям, домам отдыха локомотивных бригад проведена в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 [26].

В соответствии с ГОСТ 20444-2014 [74] пп. 4.3, 4.4 «основными шумовыми характеристиками транспортных потоков являются эквивалентный L_{Aeq} и максимальный L_{Amax} уровни звука, дБА, в дневное (от 7.00 до 23.00 ч) и ночное (от 23.00 до 7.00 ч) время. Дополнительными шумовыми характеристиками транспортных потоков, определяемыми в необходимых случаях, являются октавные эквивалентные уровни звукового давления $L_{eq,oct}$, дБ, со среднегеометрическими частотами в диапазоне от 31,5 до 8000 Гц» [74].

Для каждого типа подвижного состава были определены спектральные характеристики, эквивалентные и максимальные уровни звука. Полученные результаты позволили сформировать информационную базу, используемую в дальнейшем при расчетах.

При формировании информационной базы приняты во внимание результаты исследования, проведенные сотрудниками Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова при разработке конструкций акустических экранов [75]:

Уровни звука основных источников шума объектов ОАО «РЖД» представлены в таблице (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Акустические характеристики основных источников шума объектов ОАО «РЖД» [75-79]

Источник шума	Расстояние от источника, м	Уровень звука, дБА
Движение поезда по мосту со скоростью 60–80 км/ч	25	80-90
Движение подвижного состава при скоростях 150...200 км/ч	25	85-95
Электровозы	25	75-80
Тепловозы	25	80-95

Продолжение Таблица 2.1

Путевые машины вибрационного действия, щебнеочистительные машины	25	80-95
Соударение вагонов	30	95-100
Звуковые сигналы локомотивов и электроподвижного состава	25	100-110
Тяговые подстанции	30	45-50
Сортировочные станции	100-150	70-85
Громкоговорящие системы оповещения	25	80-90
Проходящий грузовой состав	25	90-100

Уровни звука при движении с различными скоростями подвижного состава представлены в таблице (таблица.2.2)

Таблица 2.2 - Характеристики шума поездов при движении с различными скоростями [75-79]

Тип поезда	Скорость, км/час	Уровни звука, дБА
Грузовые	30-90	78-88
Электропоезда	40-120	76-90
Пассажирские	40-130	78-88
Высокоскоростные поезда «Сапсан»	100-220	68-86
Высокоскоростные поезда «Аллегро»	100-150	62-88

Количество исследований, поездов различного типа, шум которых от движения по железнодорожным путям был измерен представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Количество железнодорожных составов, шум которых был измерен

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

Необходимо учитывать, что по одному и тому же участку железнодорожного пути скорость движения будет различная, она зависит от типа состава. Распределение повторяемости скоростей составов различного типа на измерительном участке, представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Распределение скоростей различных типов поездов

Скорость км\час	Всего поездов	Электропоезда	Скорые	Грузовые	Пассажирские
10	2	1	0	0	1
20	23	5	0	15	3
30	20	7	1	12	0
40	21	15	0	6	0
50	30	19	2	5	4
60	24	15	1	1	7
70	12	2	5	0	5
80	2	2	0	0	0
90	9	1	3	1	4
100	0	0	0	0	0
110	2	2	0	0	0
120	0	0	0	0	0
130	2	0	2	0	0
Более 130	12	0	12	0	0

Наиболее часто наблюдаемая скорость для грузовых поездов составляла 20-40 км/час, электропоездов – 40-60 км/час, а скорые поезда чаще всего проходили со скоростью 70-130 км/час.

Результаты измерений значений эквивалентного и максимального уровней звука потоков поездов различного типа представлены рисунке 2.2, повторяемость максимального уровня звука представлена на рисунке 2.3, эквивалентного – на рисунке 2.4.

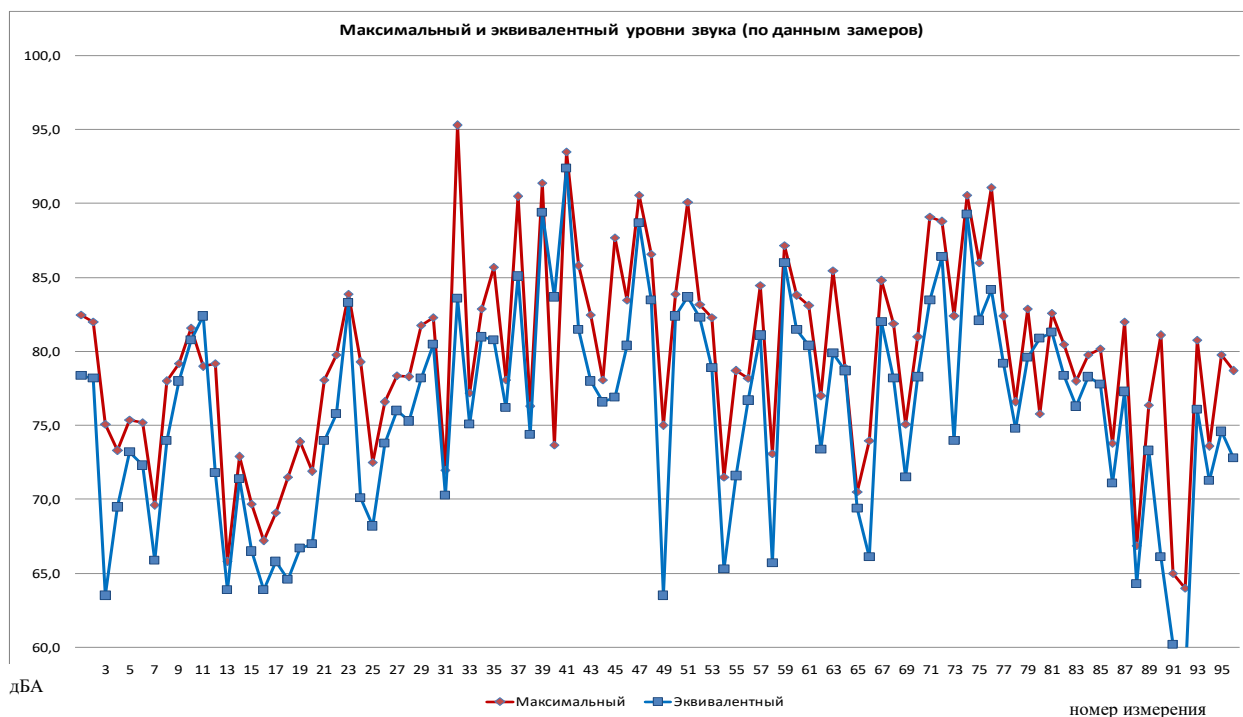


Рисунок 2.2 – Максимальный и эквивалентный уровни звука (по данным измерений)

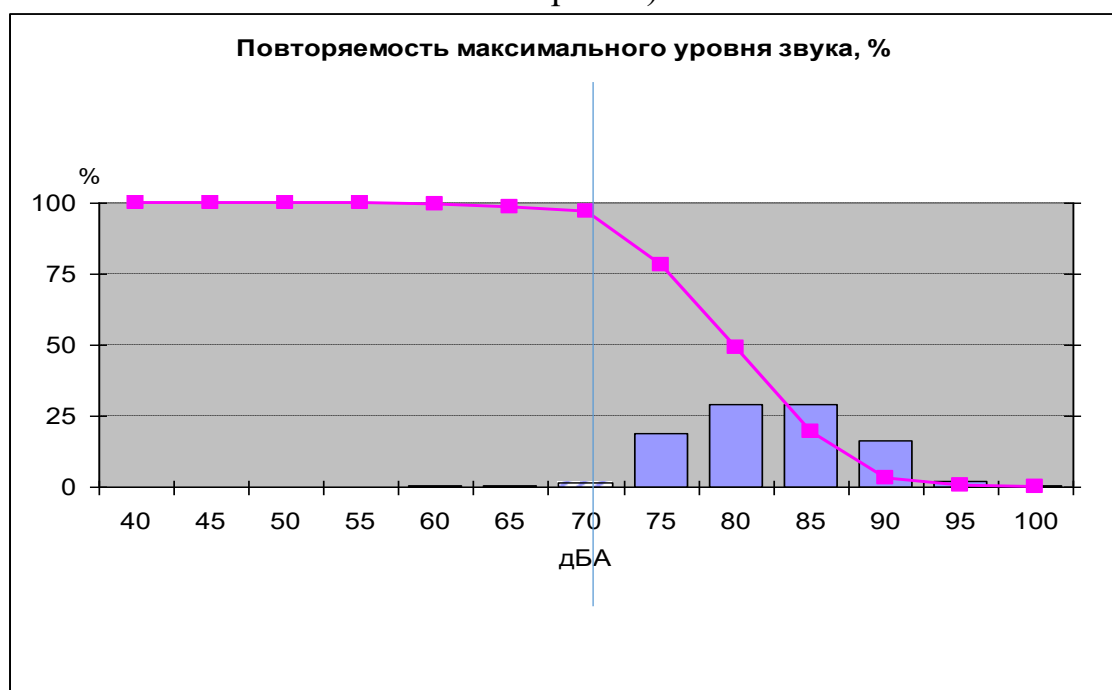


Рисунок 2.3 – Повторяемость максимального уровня звука

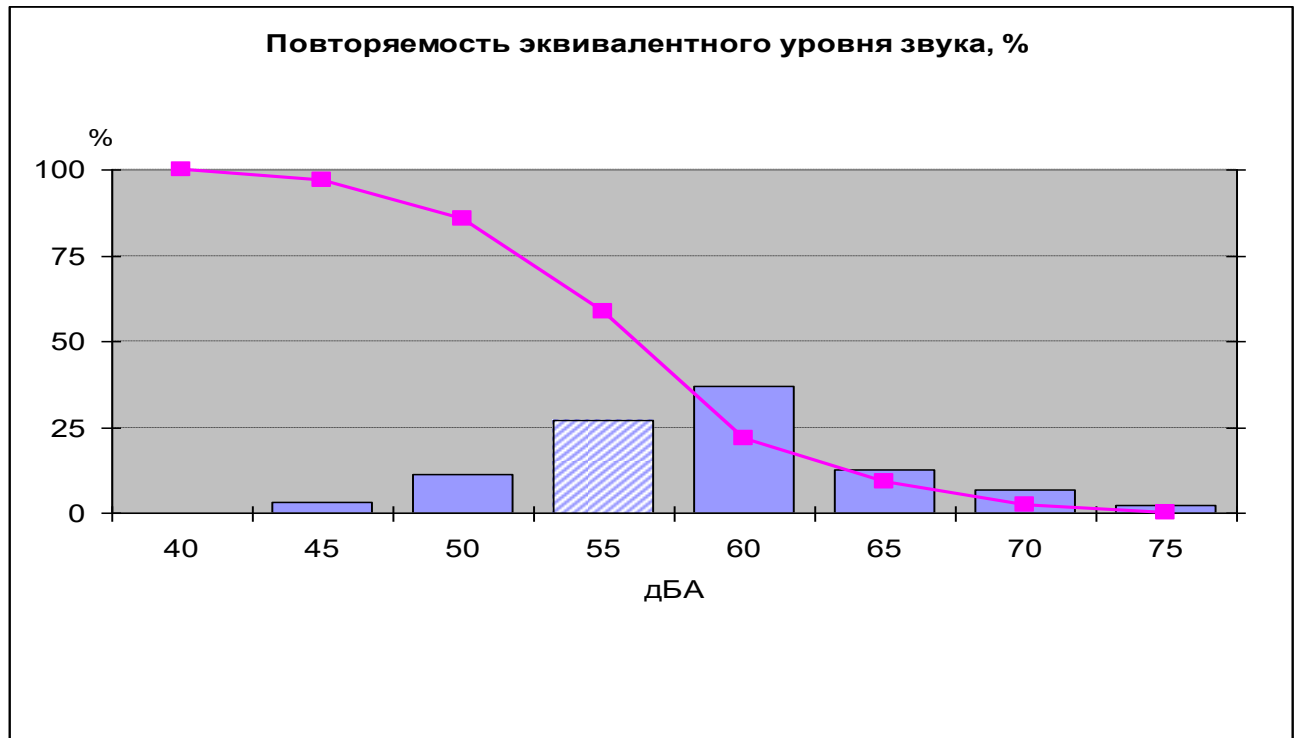


Рисунок 2.4 – Повторяемость эквивалентного уровня звука

Анализ показывает, что в 97 % измерений максимальный уровень звука превышает нормативное значение в $L_{Amax} = 70$ дБА и в 50 % случаев значений $L_{Amax} = 80$ дБА и выше. Результаты измерений верны для всех типов проходящих поездов и определяются скоростью составов. Результаты натурных измерений спектральных характеристик шума каждого типа железнодорожных составов представлены на рисунках А.1 и А.2 и в таблице А.1 Приложения А.

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. 2.5 и таблица. 2.5).

Выявлено, 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 и для «Сапсана» в области (500 – 4000) Гц.

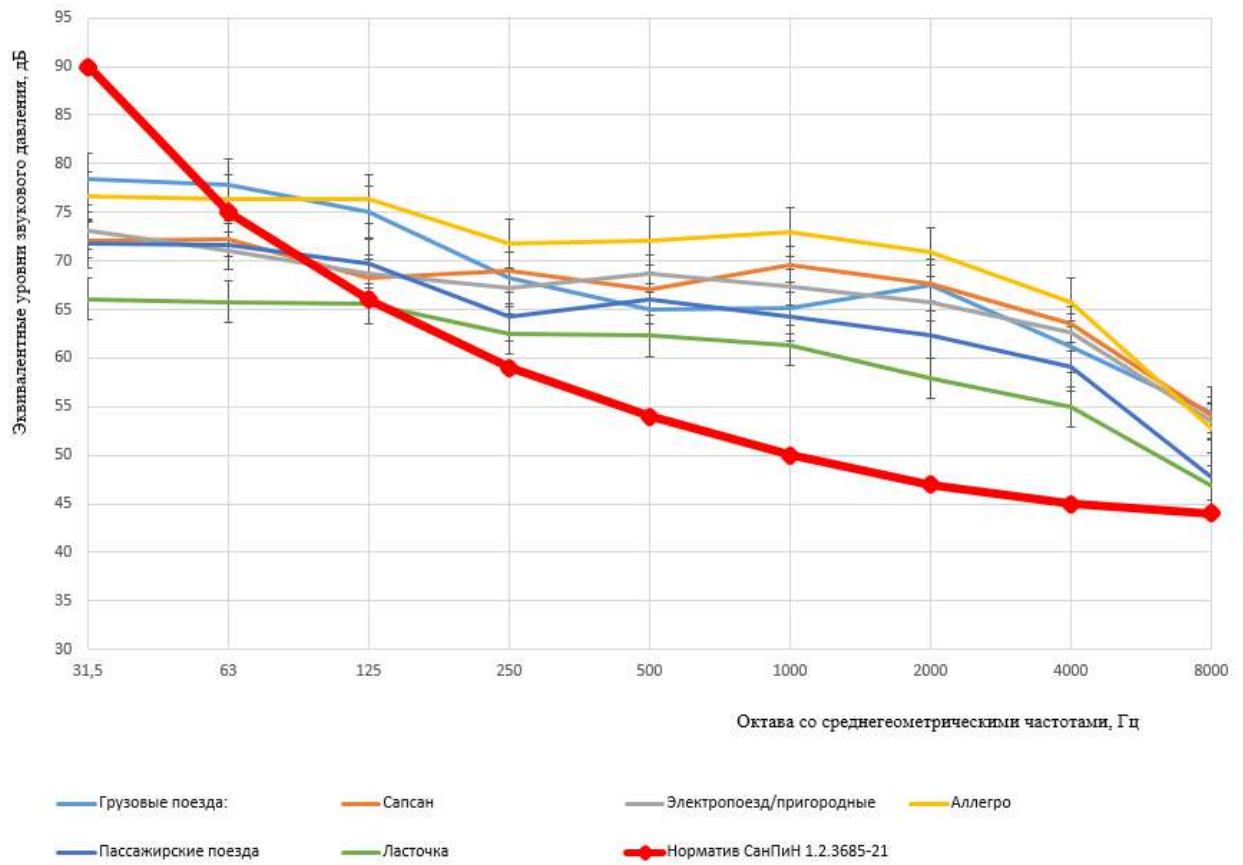


Рисунок 2.5 – Усредненные эквивалентные уровни звукового давления при движении подвижного состава различных типов

Таблица 2.5 - 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 прилегающая к домам отдыха локомотивных бригад	90,0	75,0	66,0	59,0	54,0	50,0	47,0	45,0	44,0	55	70
Грузовые поезда:	78,4	77,9	75,1	68,2	65,0	65,1	67,5	61,1	54,4	73,0	82,0
Превышение над нормами	- 11,6	+ 2,9	+ 9,1	+9,2	+11,0	+15,1	+20,5	+16,1	+10,4	+18	+12
Сапсан	72,1	72,3	68,3	69,0	67,0	69,6	67,7	63,5	54,1	71,2	82,6
Превышение над нормами	- 17,9	- 2,7	+ 2,3	+10,0	+13,0	+ 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	66,0	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

Определено, расстояние от железнодорожных путей на котором усреднённые значения воздушного шума от прохождения подвижного состава различного типа обеспечат нормативное значение максимального уровня звука в $L_{Amax} = 70$ дБА по СанПиН [26] (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Расстояния, обеспечивающие затухание максимального уровня звука от прохождения подвижного состава различного типа до нормативного значения

Тип подвижного состава	Максимальный уровень звука $L_{A.max}$, дБА	Расстояние до зоны соблюдения норм, м
Грузовые поезда	81	≈ 100
Пассажирские поезда	81	≈ 100
«Сапсан»	83	≈ 100
Электропоезд	80	≈ 100
Пригородные электропоезда	80	≈ 100
«Аллегро»	79	≈ 100
«Ласточка»	74	≈ 50

На основе экспериментальных данных разработана и утверждена электронная база данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620441, дата поступления 27.02.17; регистрация права в реестре баз данных: 18.04.17), которая используется в качестве источника информации при моделировании в ПК АРМ «АКУСТИКА».

Для прогнозирования распространения транспортного шума на территории использован программный комплекс Zona. Для построения карт шума в программе Zona проведен расчет на область 10×10 км², при прохождении единичного транспортного средства и при одновременном прохождении двух поездов с учетом фона. Учитывалась дивергенция звука, звукопоглощение атмосферой и поглощение грунтом. Изолинии шума представлены через 1 дБ (рисунки 2.6 – 2.13).

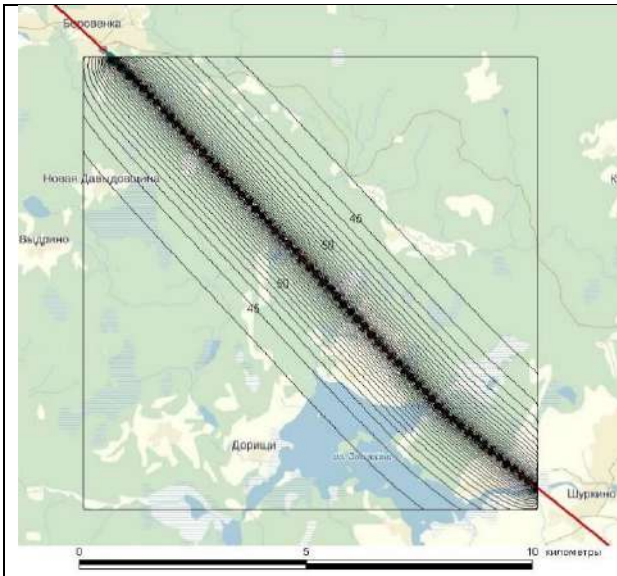


Рисунок 2.6 – Суммарный уровень звука при прохождении электрички с учетом фона

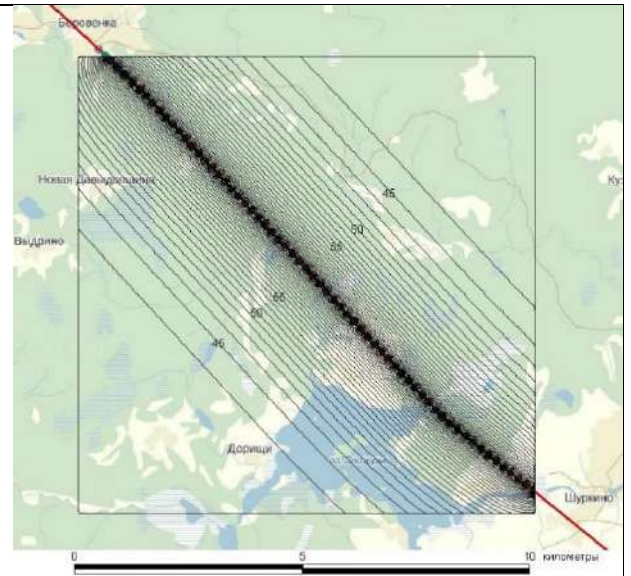


Рисунок 2.7 – Суммарный уровень звука при прохождении грузового поезда с учетом фона

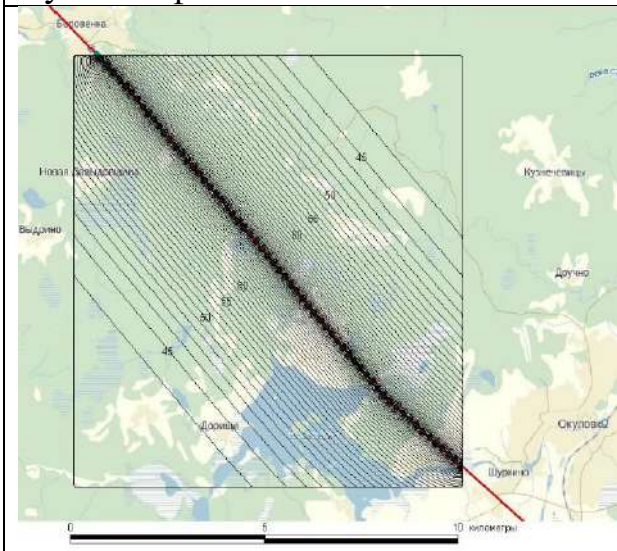


Рисунок 2.8 – Суммарный уровень звука при прохождении скоростного поезда «Сапсан» с учетом фона

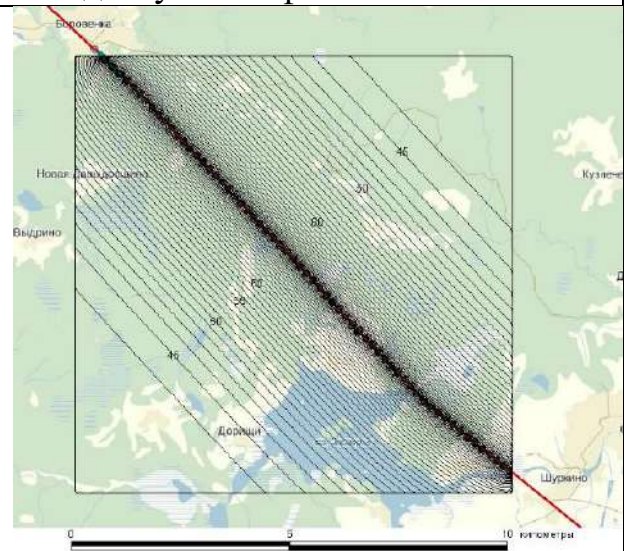


Рисунок 2.9 – Суммарный уровень звука при одновременном прохождении скоростного поезда «Сапсан» и грузового поезда с учетом фона

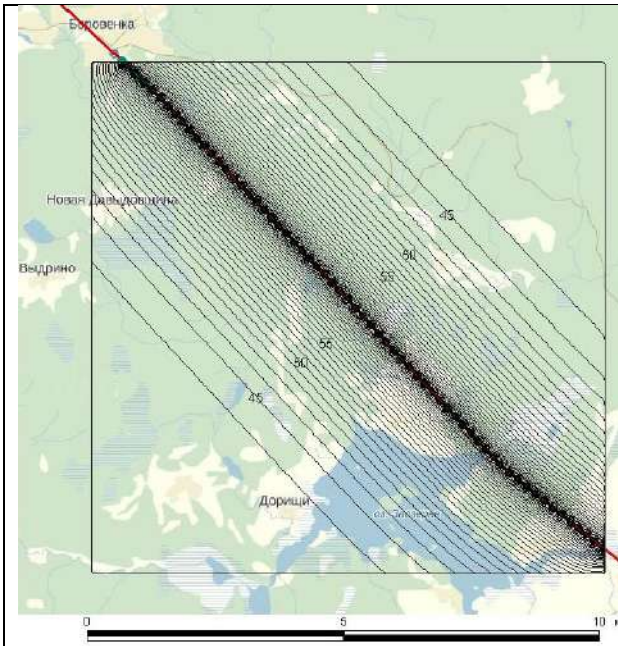


Рисунок 2.10 – Суммарный уровень звука при одновременном прохождении электрички и грузового поезда с учетом фона

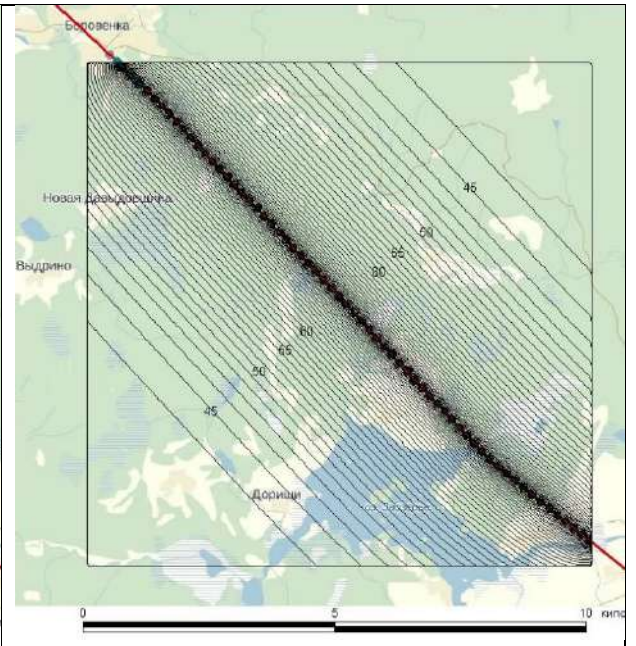


Рисунок 2.11 – Суммарный уровень звука при одновременном прохождении электрички и скоростного поезда «Сапсан» с учетом фона

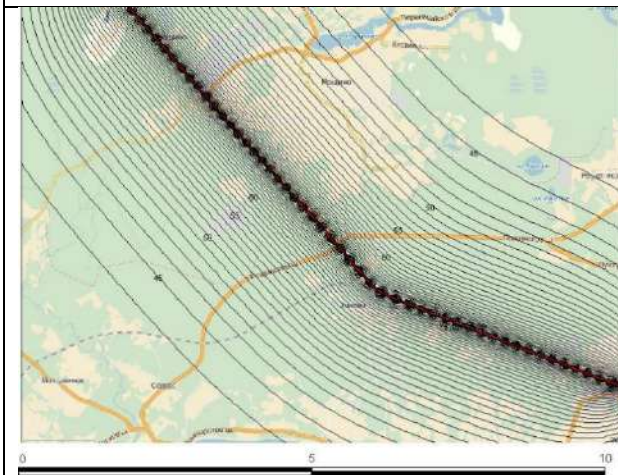


Рисунок 2.12 – Суммарный уровень звука при прохождении локомотива с учетом фона

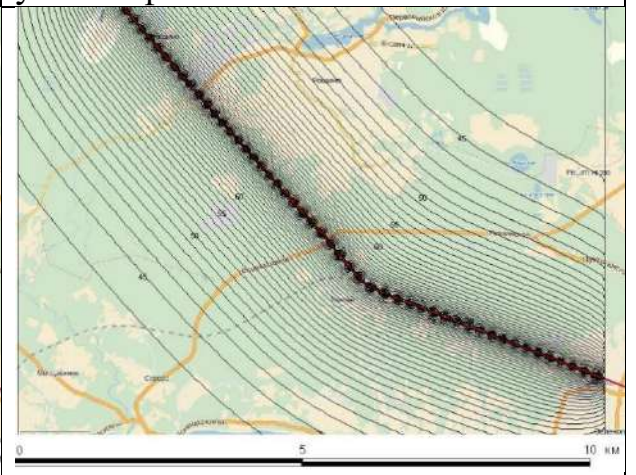


Рисунок 2.13 – Суммарный уровень звука при прохождении скоростного поезда «Аллегро» с учетом фона

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

Выводы во главе 2

1. Частотные характеристики шумообразования шума качения колеса по рельсу лежат в диапазоне инфразвука, эффективность применения шлифования рельс, накладок на шейку рельс, шумовибропоглощающей мастики на диски колёсных пар, можно измерить с помощью шумомера-анализатора, но результат мероприятий лежит в неслышимом для человека диапазоне частот. В слышимом диапазоне частот процесс шумообразования подвижного состава любого типа определяется движением ходовых тележек в пределах допусков ширины колеи рельс, дребезжание корпуса подвижного состава (корпусный шум), «гудение» колеса и рельса в кривых малого радиуса бесстыкового пути, скрип тормозных колодок и колеса при торможении (шум торможения), шум сцепки – соударение вагонов, удары колёсных пар на стыках рельсов звеньевое пути.

2. Анализ показывает, что в 97 % измерений максимальный уровень звука превышает нормативное значение в $L_{Amax} = 70$ дБА и в 50 % случаев значений $L_{Amax} = 80$ дБА и выше. Результаты измерений верны для всех типов проходящих поездов и определяются скоростью составов.

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 ПК АРМ «АКУСТИКА».

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

Глава 3 Характеристики шумозащитных мероприятий реализуемых в настоящее время

3.1 Результаты анализа существующей информации о шумозащитных мероприятиях

Большой вклад в изучении вопроса шумозащиты градостроительными мерами уделяли Г.Л. Осипов, Б.Г. Прутков, И.Л. Карогодина, И.А. Шишкин и др [80-81].

Основными практическими направлениями борьбы с шумом от железнодорожного транспорта на селитебные территории являются снижение шумности источника и ограничение распространения шума в окружающей среде [80].

Снижение шума осуществляется по следующим основным направлениям:

- 1) ослабление шума в источнике – конструктивными методами [80];
- 2) ослабление шума на пути его распространения в городской среде от источника до объекта шумозащиты (градостроительные методы, связанные с применением в проектных решениях элементов городской среды, способствующих снижению шумов за счет формирования акустической тени) [80].

Существующие в настоящее время меры борьбы с железнодорожным транспортным шумом в «источнике» это акустическое шлифование рельсов, вибродемпфирующие накладки на шейку рельса, нанесение на шейку рельса, тележку и колеса виброшумопоглощающей мастики.

В работах Н.И. Иванова, Р.Р. Хасс, Н.Н. Мининой, П.И. Пospelова, Д.А. Куклина, И.Л. Шубина рассчитаны и оценены параметры эффективности отдельных мер [22, 50, 69, 82-83]. Результаты их исследований легли в основу ГОСТ [65], подробный анализ представлен в главе 1

Комплекс шумозащитных мер борьбы с железнодорожным транспортным шумом представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Комплекс шумозащитных мер борьбы с железнодорожным транспортным шумом

Меры борьбы с железнодорожным транспортным шумом	Ослабление шума в источнике	акустическое шлифование рельсов	7-9 дБА	Источник [65]
		вибродемпфирующие накладки на шейку рельса	4-5 дБА	[65]
		нанесение на шейку рельса, тележку и колеса виброшумопоглощающей мастики	7-8 дБА	[65]
	На пути распространения шума мерами и конструкциями	акустические экраны	12 - 15 дБА	[65]
		выемки	8 - 16 дБА	[65]
		устройство шумозащитных полос зеленых насаждений	5-10 дБА	[84]
	На объекте шумозащиты	звукоизолирующее остекление	20 - 30 дБА	[65]

К числу градостроительных решений, которые ограничивают распространение внешнего источника шума можно отнести [43]:

- «Соблюдение принципа функционального зонирования территорий, территориальные разрывы, обеспечивающие отделение шумных источников от селитебных территорий» [45].
- «Использование полос зеленых насаждений» [45].
- «Вынос шумных дорог и магистралей за черту жилой застройки» [45].
- «Строительство акустических экранов» [45].
- «Строительство специальных шумозащитных жилых зданий» [45].
- «Функциональное зонирование территорий, территориальные разрывы» [45].

В настоящее время на территории большинства городов в связи с хаотичной и уплотнительной застройкой отсутствует функциональное зонирование. Строительство новых жилых районов и кварталов, проходит на участках, вблизи железных дорог и скоростных автомагистралей, не рекомендованных к использованию для ЖКХ.

Вместе с тем методы снижения внешних шумов градостроительными средствами не используются в полной мере. В городах со сложившейся градостроительной ситуацией в большинстве случаев нет возможности внести изменение в зонирование территорий. В условиях стесненной городской застройки, высокой плотности улично-дорожной сети, дефицита свободных территорий наиболее целесообразно применение шумозащитных сооружений в виде зеленых насаждений и экранов, а также одновременного использования зеленых насаждений с шумозащитными экранами [45].

Использование полос зеленых насаждений.

Одним из наиболее природоподобных методов снижения шума являются зеленые насаждения. Эффективность полос зеленых насаждений прежде всего зависит от спектрального состава шума в источнике, а также от конструкции, возраста, плотности и дендрологического состава посадок.

Анализ шумозащитных свойств зеленых насаждений [84-87] позволил установить, что снижение акустической нагрузки зависит от типа деревьев, ширины и плотности полосы посадки и высоты деревьев и позволяет достичь снижения шума от 5-15 дБА [84-87].

Согласно СП 42.13330.2016 [88] п. 7.4 ... «Площадь озелененной территории микрорайона (квартала) многоквартирной застройки жилой зоны должна составлять не менее 25% площади территории квартала [88]. Зеленые насаждения способствуют шумопоглощению.

Для эффективной шумозащиты необходимо использовать насаждения плотной посадки. Если под кронами имеется пустое пространство, это создает звуковой коридор и шумозащита, в данном случае, практически отсутствует. Структура полос должна быть плотной, с обязательным использованием кустарников в подлеске, которые обеспечат прикрытие подкронного пространства (живая изгородь).

По данным [84-87] частотная характеристика снижения уровней звука полосами зеленых насаждений во многом зависит от их дендрологического состава и плотности. При этом наибольшая эффективность снижения уровня

звукового давления проявляется в диапазоне высоких частот. Это свойство характерно для всех основных пород, таких как лиственных, хвойных, смешанных [84-87].

Акустическая эффективность зеленых насаждений зависит и от ширины полос. Так при ширине полосы 10 м, эффективность полосы достигает 4-5 дБА, при ширине полосы в 20 м, эффективность достигает 9-11 дБА.

Строительство акустических экранов.

Преимущественный вклад в изучении применения акустических экранов принадлежит исследованиям, проведенным Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. [22, 50, 69, 82-83, 89-92].

По данным исследований [22, 50, 69, 82-83, 89-92] использование акустических экранов для снижения сверхнормативного акустического воздействия, является наиболее эффективным средством. Исследования Иванова Н.И. [50, 91] показывают, что снижение шума от железнодорожного транспорта на пути его распространения при применении акустического экрана зависит от материала, высоты, длины и его формы, и варьируется в пределах 8 – 20 дБА. То есть, с учетом логарифмической зависимости различия показателей эффективности составляют от 1,3 до 3,6 раза. В приложении Б представлена эффективность акустических экранов [50,91].

Как показывают данные анализа, эффективность акустических экранов, оценивается на высоте 1,5 м от земли.

Акустические экраны от автомобильного и железнодорожного транспорта изготавливают из различных материалов: бетона, металла, дерева, пластика. Примеры изображены на рисунках 3.1 – 3.2.

Экраны различаются также по конструкции. Они могут быть без надстройки, с надстройкой, г – образные, х – образные, стреловидные. Для дополнительного увеличения угла дифракции экранов используют надстройки на свободном ребре. По данным Аистова В.А, Шубина И.Л. (2009) их эффективность варьируется в пределах от 2 до 5 дБА [92].



Рисунок 3.1 – Акустический экран для железнодорожного транспорта



Рисунок 3.2 – Акустический экран для автомобильного транспорта

Основные требования к устройству, техническим требованиям, методам контроля акустических экранов для железнодорожного и автомобильного транспорта изложены в стандартах [66-67, 93-94].

Исследования, проведенные в последнее время указывают, на снижение, либо отсутствие шумозащитных свойств акустических экранов в условиях высокоэтажной жилой застройки, а также низкую эффективность после вандажных воздействий [28, 43,95-98]. Следовательно, необходим поиск и обоснование дополнительных эффективных средств снижения шума для обеспечения комфортных условий проживания населения в непосредственной близости к транспортной инфраструктуре в сложившейся градостроительной ситуации.

Строительство специальных шумозащищенных жилых зданий.

К конструктивным особенностям шумозащищенных зданий от транспортного шума относится [47]:

- «с полной планировочной шумозащитой жилых помещений, при которой окна всех спален и общих комнат (гостиных) ориентированы в сторону акустической тени» [47];

- «с неполной планировочной шумозащитой жилых помещений, при которой на магистральную улицу с повышенным уровнем шума ориентированы окна общих комнат (гостиных) квартир с числом жилых комнат 3 и более, а окна спален во всех типах квартир и общих комнат 1 - 2-комнатных квартир - в сторону акустической тени» [47].

На основе экспериментальных данных сформирована и утверждена электронная база данных показателей шумоизоляции строительных материалов (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620442, дата поступления 27.02.17; регистрация права в реестре баз данных: 18.04.17), которая используется при моделировании акустической нагрузки в жилых помещениях.

3.2. Результаты исследования шумозащитных свойств материалов, используемых для строительства акустических экранов.

Для оценки эффективности используемого в настоящее время комплекса шумозащитных мер выполнены экспериментальные измерения в

реверберационной камере показателей шумоизоляции и шумопоглощения материалов, используемых для строительства акустических экранов.

Условия проведения измерений в реверберационной камере экранов.

Испытания проводились в звукоизмерительном комплексе НИИСФ РААСН (Приложение В), входящем в состав Объединенной испытательной лаборатории "Стройфизика-тест" и представляющим собой две смежные камеры, разделенные общей капитальной стеной с высокой звукоизоляцией.

Объем одной камеры (камеры высокого уровня звука) составляет 200 м³; объем другой камеры (камеры низкого уровня звука) равен 112 м³; форма камер - трапецеидальная с непараллельными стенами для обеспечения диффузности звукового поля; температура воздуха во время измерений составляет +25⁰С; относительная влажность воздуха - 46%, атмосферное давление 752 мм рт. ст.

В капитальной стене между камерами имеется проем размерами 4,2 x 2,5 м, в котором была установлена перегородка, смонтированная из испытуемых шумозащитных жалюзийных панелей для дорожного экрана "Soundguard". По всему контуру прилегания перегородки к проему предварительно была приклеена уплотнительная лента. В результате перегородка из шумозащитных панелей плотно прилегала к проему между камерами и не имела никаких отверстий и щелей.

Методика испытаний: Методика измерений звукоизоляции соответствовала ГОСТ 27296-2012 [99]. Согласно этому ГОСТу метод измерения изоляции воздушного шума испытуемой перегородкой заключается в последовательном измерении и сравнении средних уровней звукового давления в камерах высокого и низкого уровней звука в третьоктавных полосах частот нормируемого диапазона. При включении образцового источника, шума, располагающегося в камере высокого уровня, в этой камере возникал интенсивный шум. При этом одновременно в соседней камере (камере низкого уровня) наблюдался ослабленный шум, проникающий из камеры высокого уровня через испытуемую перегородку. Степень

ослабления шума зависела от звукоизоляции испытуемой перегородки. Непосредственные измерения распределения уровней звукового давления по объему камер высокого и низкого уровней выполнялись с помощью прецизионного шумомера-анализатора спектра. Для повышения точности вышеописанные измерения проводились согласно ГОСТ [99] при двух различных положениях образцового источника шума.

Необходимое для расчетов звукоизоляции время реверберации в камере низкого уровня определялось на основании записей процесса реверберации на ленте самописца уровня. При этом образцовый источник шума переносился в камеру низкого уровня и включался-выключался в прерывистом режиме, что позволяло записывать на ленте самописца кривые спады уровней звука, по которым в дальнейшем определялось время реверберации в камере низкого уровня звука.

Величина изоляции воздушного шума испытуемым образцом R в каждой третьоктавной полосе частот нормируемого диапазона рассчитывалась по формуле 3.1 [99]:

$$R = L_{KBV} + L_{KHU} + 10 \lg \frac{S_{пер}}{A_{KHU}}, \quad (3.1)$$

где L_{KBV} - усредненный по измерительным точкам третьоктавный уровень звукового давления в камере высокого уровня, дБ,

L_{KHU} - усредненный по измерительным точкам третьоктавный уровень звукового давления в камере низкого уровня, дБ,

$S_{пер}$ - площадь перегородки, смонтированной в проеме между камерами высокого и низкого V_{KHU} уровня, м²;

A_{KHU} - эквивалентная площадь звукопоглощения в камере низкого уровня, м².

В свою очередь величина A_{KHU} вычислялась по формуле 3.2 [99]:

$$A_{KHU} = 0,164 V_{KHU} / T_{рев.}, \quad (3.2)$$

где V_{KHU} - объем камеры низкого уровня, м³;

$T_{рев.}$ - время реверберации в камере низкого уровня для каждой третьоктавной полосы частот по отдельности, с.

Найденная таким образом частотная характеристика изоляции воздушного шума R перегородкой из испытуемых композиционных шумозащитных панелей для экранов сравнивалась с оценочной кривой, что позволило вычислить индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, испытуемого.

Измерительная аппаратура: Измерения выполнялись с помощью следующей аппаратуры:

- образцовый источник шума типа 4224 (фирма "Брюль Кьер", Дания), зав. № 1126089;

- шумомер-анализатор спектра типа 2250 (фирма "Брюль Кьер", Дания), зав. № 2590525, (с предусилителем ZC0032 №6848 и микрофоном 4189 № 2595571), соответствующий первому классу точности по ГОСТ 17187-2010 [27];

- акустический калибратор типа 4230 (фирма "Брюль Кьер", Дания), зав. № 615905.

Весь комплекс примененных средств измерения имеет действующие свидетельства о поверке.

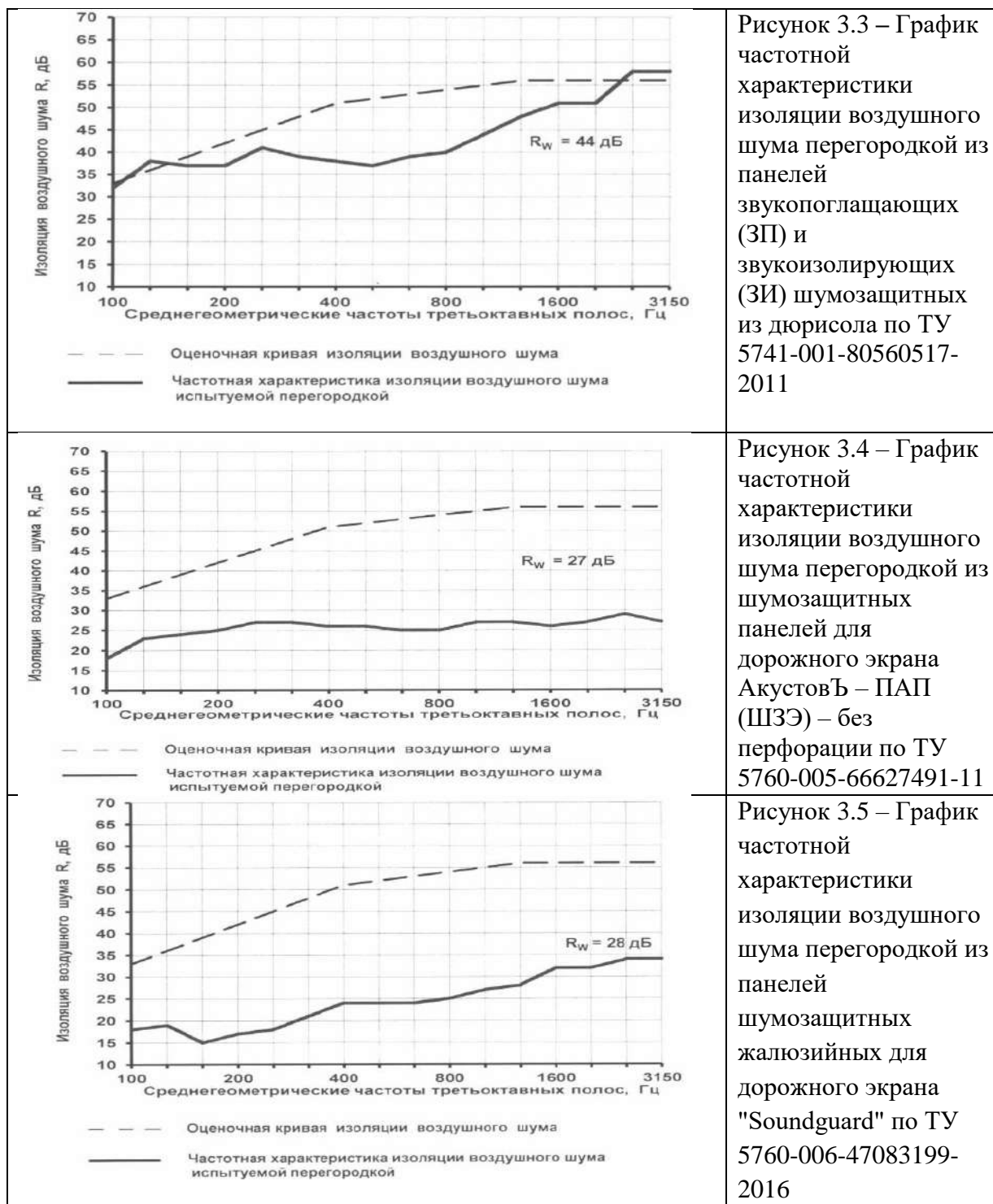
Измерительный сигнал: "розовый" шум в третьоктавных полосах в нормируемом диапазоне от 100 до 3150 Гц.

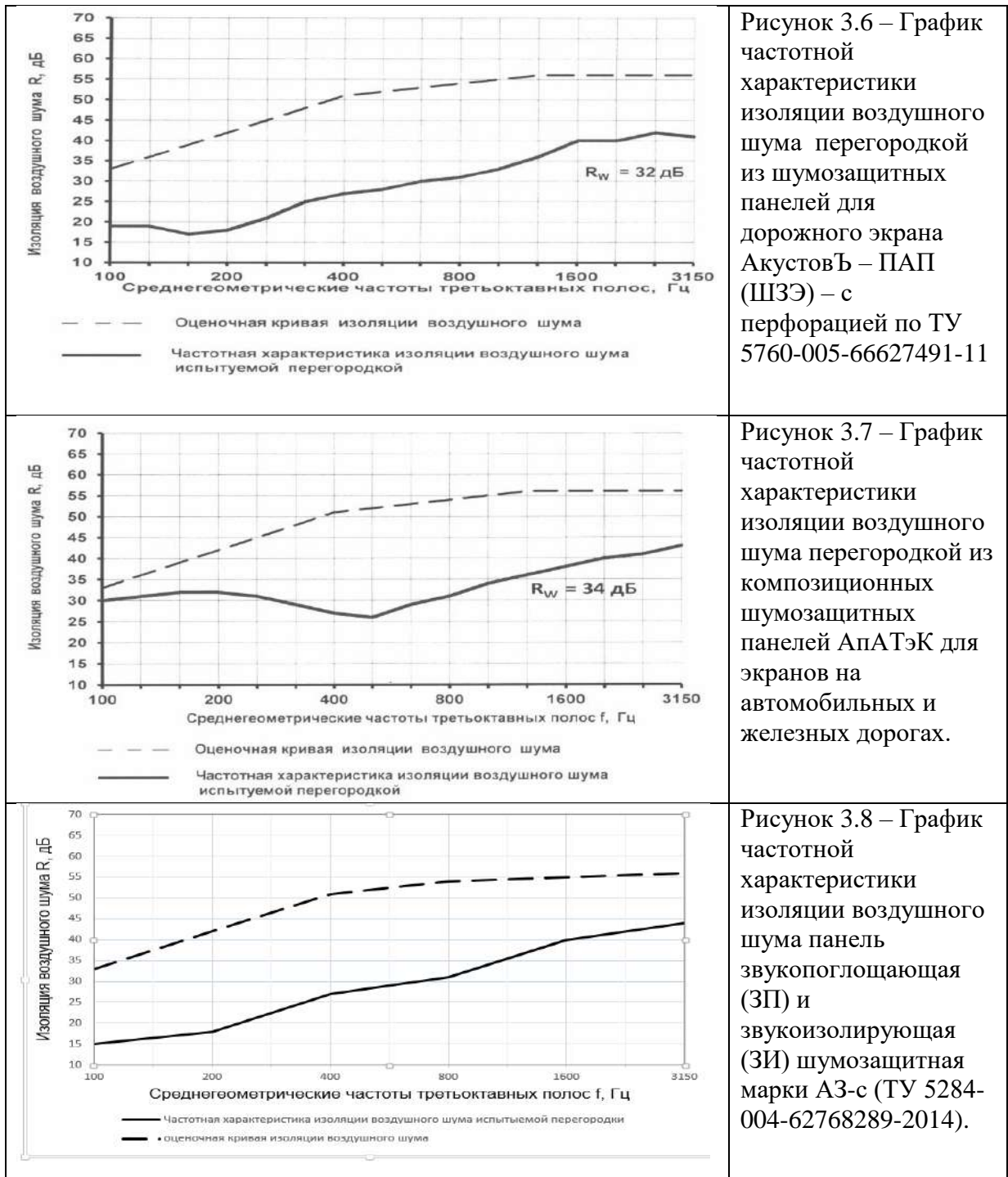
Исследования были проведены для 6 опытных образцов: Панель звукопоглощающая (ЗП) и звукоизолирующая (ЗИ) шумозащитная Дюрисол (ТУ 5741-001-80560517-2011); шумозащитная панель для дорожного экрана Акустовъ-Пап (ШЗЭ) – без перфорации (ТУ 5760-005-66627491-11); панель шумозащитная жалюзийная для дорожного экрана «Soundguard» (ТУ 5760-006-47083199-2016); шумозащитная панель для дорожного экрана Акустовъ-ПАП (ШЗЭ)- с перфорацией (ТУ 5760-005-66627491-11); композиционная шумозащитная панель AnATЭК для экранов на автомобильных и железных дорогах; панель звукопоглощающая (ЗП) и звукоизолирующая (ЗИ) шумозащитная марки АЗ-с (ТУ 5284-004-62768289-2014) [100-102].

Измерения звукоизоляции проведены в соответствии с ГОСТ 27296-2012 [97].

Результаты испытаний проанализированы и сравнивались с оценочной кривой по СП 51.13330.2011 [45], что позволяло с помощью стандартной методики, приведенной в том же СП, вычислить индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, испытуемой перегородкой.

Полученные результаты приведены на рисунках 3.3 – 3.8.





Установлено, что наиболее эффективными являются шумозащитные материалы изготовленные по лицензии компании Дюрисол Интернешенал, (ТУ 5741-001-80560517-2011), жалюзийные панели для дорожного экрана «Soundguard» производства компании ООО «Звукоизоляционные европейские технологии» (ТУ 5760-006-47083199-2016) и шумозащитная панель для дорожного экрана АкустовЪ – ПАП (ШЗЭ) – без перфорации, производства ООО «Компания АкустовЪ» (ТУ 5760-005-66627491-11). Сравнительная

характеристика различных типов шумозащитных панелей представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сравнительные характеристики снижения уровней шума в реверберационной камере различными материалами

Тип шумозащитной панели	Среднегеометрические частоты, Гц					Индекс изоляции воздушного шума, дБ
	125	250	500	1000	2000	
"SOUNDGUARD"	19	18	24	27	32	28
АпАТЭК	31	31	26	34	40	34
АкустовЪ – ПАП (ШЗЭ) – без перфорации	23	27	26	27	27	27
АкустовЪ – ПАП (ШЗЭ) – с перфорацией	19	21	28	33	40	32
Дюрисол	38	41	37	44	51	44
АЗ-с	15	19	29	38	44	32

Для сравнения натуральных измерений с расчетными было проведено моделирование акустической обстановки в зависимости от различных типов железнодорожного состава, его длины, скорости, количества единиц в час. Моделирование выполнялось при помощи программного комплекса АРМ «Акустика» версии 3.2.5.

Расчеты проведены со следующими исходными данными:

Железная дорога – 3 пути, 1 и 2 пути используются для пассажирских и пригородных поездов, 3 путь только для грузовых поездов. Интервал движения днём (07:00 до 23:00): пригородных поездов 4 единицы в час, пассажирских 1 единица в час, грузовых 1 единица в час.

Интервал движения ночью (23:00 до 02:00): пригородных поездов 2 единицы в час, пассажирских 2 единицы в час, грузовых 1 единица в час.

Для расчета использована стандартная железнодорожная колея размером 1520 мм, расстояние между осями путей для трехпутной железной дороги согласно ГОСТ 9238-2013 [103] не менее 5000 мм.

Средняя длина грузового поезда 800 м., пассажирского 400 м., пригородного 160 м.

Средняя скорость движения грузового поезда 50 км/ч, пассажирского 65 км/ч, пригородного 60 км/ч.

Тип железнодорожного пути – с открытыми стыками на железобетонных шпалах.

Расчетные точки для измерения уровня шума брались на расстоянии 7,5, 15, 20, 30, 50, 75, 100 метров и на высоте 1,5, 5, 20, 30 метров.

В программном комплексе АРМ Акустика брался участок железной дороги протяженностью 400 м (Рисунки 3.8-3.9).

На первом этапе расчет проведен при прохождении звука без акустического экрана, на втором с акустическим экраном.

Измеряемые параметры: $L_{экв.}$, $L_{макс.}$, уровни шума по частотам 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц.

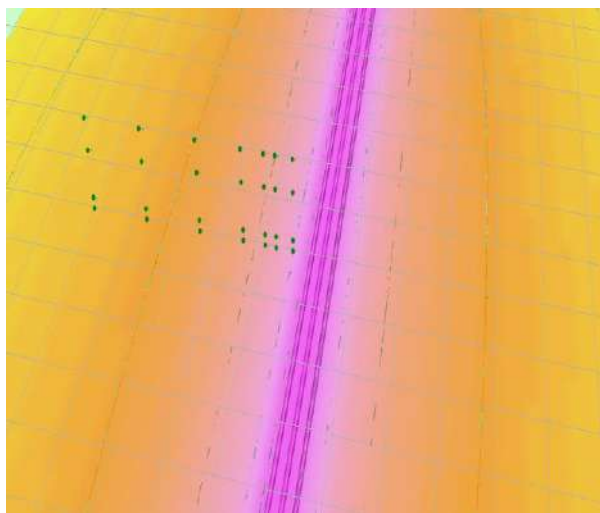


Рисунок 3.8 – Шумовая карта участка железной дороги

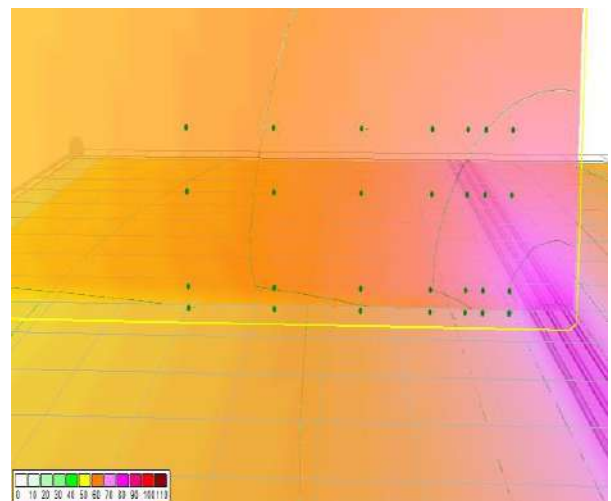


Рисунок 3.9 – Шумовой разрез участка железной дороги

На втором этапе проведены расчеты зависимости уровня шума от расстояния и высоты при условии установки акустического экрана. Высота экрана 5 м, коэффициент звукоотражения 0,8, толщина стенок 0.2 м, длина экрана 400 м.

Экран установлен на расстоянии 7,5 м. от железнодорожных путей (рисунки 3.10-3.12).

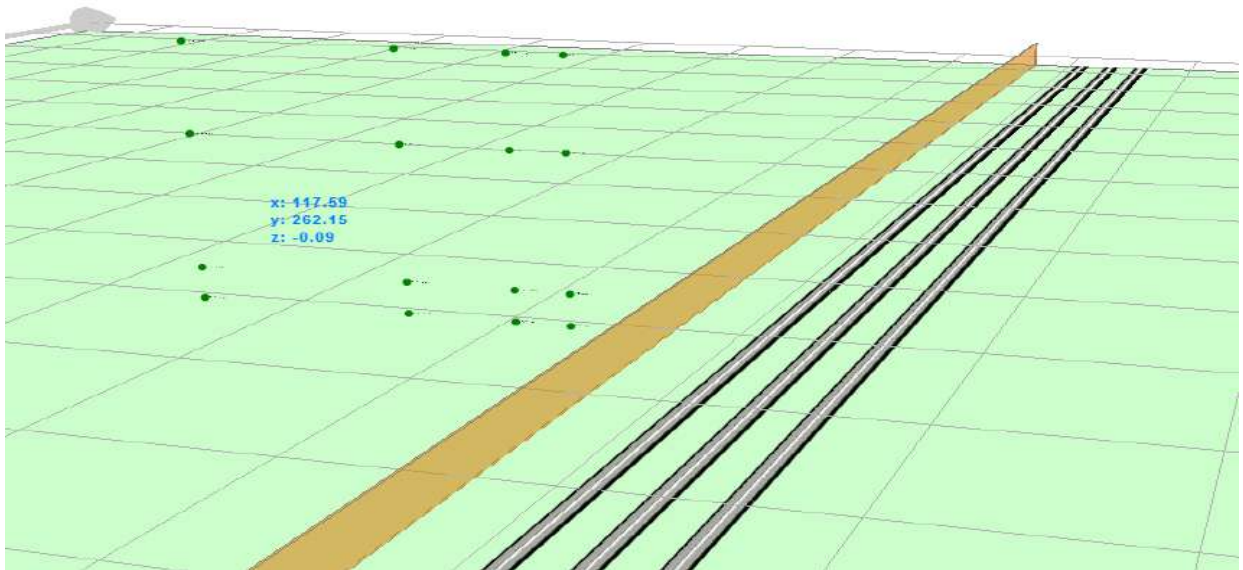


Рисунок 3.10 – Участок железной дороги с установленным экраном.

<p>Рисунок 3.11 – Карта шума участка дороги с установленным экраном</p>	<p>Рисунок 3.12 – Шумовой разрез участка дороги с установленным экраном.</p>

Результаты исследования показывают, что жилые помещения, общественные здания на третьем и выше этажах не попадают в зону акустической тени.

3.3 Результаты расчета эффективности применения экранов для снижения шума железнодорожных поездов

В данном разделе представлен анализ причин более низкой эффективными акустические экраны, защищающие прилегающую застройку от шума потока железнодорожных поездов, по сравнению с экранами, при использовании их для снижения шума потоков автотранспорта.

Известно, что эффективность акустических экранов определяется двумя условиями: расстоянием экрана от источника шума и его высотой. В соответствии с СП 276.1325800-2016 п. 10.5.2 [46] на автомобильных дорогах допускается размещение экрана на одном земляном полотне с проезжей частью, но не ближе 1,5 м от края ближайшей полосы движения автотранспорта [46]. В стесненных условиях допускается совмещать экран с ограждением дороги и отбойниками, но при этом экран должен быть расположен на расстоянии, не меньшем прогиба барьерного ограждения при наезде автомобиля. Для стеснённых условий это расстояние составляет порядка 0,6 м. СП 34.13330-2012 [104] устанавливает, что для потоков автотранспорта самая распространённая ширина проезжей части составляет 3,75 м [104]. Следовательно, ось проезжей части проходит на расстоянии ориентировочно 1,88 м. Получаемое, суммарное расстояние от центра движения потока автотранспорта до акустического экрана составит 2,48 м.

Для железнодорожного транспорта СП 276.1325800-2016 в пп. 10.5.4 – 10.5.12 [46] приводит общие рекомендации по установке акустических экранов, которые не учитывают тип дороги, территории отведённой под неё, устройство верхнего строения пути, условия эксплуатации и содержания, а п. 11.1.22 рекомендует «Если требуемое снижение шума очень большое и его не удастся обеспечить экраном-стенкой, то рассматривают возможность применения других типов экранов (выемки, земляные валы, насыпи и т.п.)» [46], а СП 338.1325800.2018 для высокоскоростных поездов (до 400 км/ч) рекомендует строительство тоннельных галерей полностью перекрывающих железнодорожный путь [105].

Не знание требований к устройству железнодорожного пути и отводимой территории предопределяет низкую эффективность применения акустических экранов для снижения шума потоков железнодорожных поездов. Рассмотрим варианты установки акустического экрана на условно плоской поверхности с учётом требований предъявляемых к территории и верхнему строению для неэлектрифицированных железнодорожных путей и электрифицированных железнодорожных путей.

Вариант 1 – Минимальное расстояние установки акустического экрана от ближайшего рельса при условии отсутствия водоотводной канавы и нет электрификации:

➤ размер плеча балластной призмы 0,45 м, ширина откоса балластной призмы (0,5 – 0,6) м, принимаем 0,6 м. Получаемая суммарная ширина составит 1,05 м;

➤ принимаем, расстояние от подошвы балластной призмы до экрана равным 3,0 м исходя из условия безопасности обслуживания верхнего строения пути, т. к. СП 276.1325800-2016 не регламентирует это расстояние [46];

Суммарное расстояние от ближайшего рельса до экрана составит $\sum S_1 = 4,05$ м.

Вариант 2 – Минимальное расстояние установки акустического экрана при условии наличия водоотводной канавы и нет электрификации:

➤ размер плеча балластной призмы 0,45 м, ширина откоса балластной призмы (0,5 – 0,6) м, принимаем 0,6 м. Получаемая суммарная ширина составит 1,05 м;

➤ в соответствии с СП 32-104-98 [106] расстояние от подошвы насыпи (балластной призмы) до водоотводной канавы не менее 3,0 м при ширине канавы 0,6 м [106]. Полное расстояние от подошвы насыпи до водоотводной канавы составит 3,6 м;

➤ расстояние от края водоотводной канавы до экрана, как указано выше (вариант 1) принимаем равным 3,0 м;

Суммарное расстояние от крайнего рельса до экрана при наличии водоотводной канавы составит $\sum S_2 = 7,65$ м.

Вариант 3 – пути электрифицированы наличие водоотводной канавы расстояние от ближайшего рельса до места установки акустического экрана:

➤ в соответствии с ПТЭ от оси крайнего пути до внутреннего края (диаметра) опор контактной сети на перегонах и станциях должно быть не менее 3,1 м [71] при диаметре опоры порядка 0,5 м [107], получаемое суммарное расстояние составит 3,6 м. С учётом того, что половина ширины железнодорожной колеи в 1520 мм составляет 0,76 м, то расстояние от крайнего рельса уменьшается до 2,84 м;

➤ из условия безопасности и обслуживания принимаем расстояние от опоры контактной сети до водоотводной канавы в 3,0 м при ширине канавы 0,6 м [106] и расстояние от канавы до акустического экрана 3,0 м;

Суммарное расстояние от крайнего рельса до акустического экрана составляет $\sum S_3 = 9,44$ м;

Дополнительно существует ещё одно важное условие, не учитываемое СП 276.1325800-2016 [46] – толщина балластной призмы должна составлять 0,4 м, высота шпалы над балластной призмой порядка 0,05 м и высота рельса марки Р65 0,18 м, что в сумме составит 0,63 м. Это высота над уровнем земли поверхности катания колёсных пар по рельсам и, соответственно, такой должна быть высота фундамента акустического экрана.

В соответствии с СП 276.1325800-2016 [46] выполним расчёт эквивалентного и максимального уровней звука создаваемыми железнодорожными поездами [46].

Принимаем следующие исходные данные:

скорость пассажирских поездов $v_1 = 140$ км/ч;

скорость грузовых поездов $v_2 = 80$ км/ч;

скорость пассажирских электропоездов $v_3 = 230$ км/ч [107];

длина пассажирского поезда $l_1 = 500$ м;

длина грузового поезда $l_2 = 1200$ м;

длина пассажирских электропоездов $l_3 = 250$ м.

Эквивалентный уровень звука $L_{Aeq.1}$ создаваемый потоком пассажирских поездов за время его проезда мимо расчётной точки – дома отдыха локомотивных бригад, дБА рассчитывается по формуле 3.3 [65]:

$$L_{Aeg.1} = 25,3lgv_1 + 10lg \left[\arctg \frac{l_1}{25} \right] + 33,3 \quad (3.3)$$

где $v_1 = 140$ км/ч - скорость пассажирских поездов;

$l_1 = 500$ м - длина пассажирского поезда;

$$L_{Aeg.1} = 25,3lg140 + 10lg \left[\arctg \frac{500}{25} \right] + 33,3 = 89,4 \approx 89 \text{ дБА}$$

Эквивалентный уровень звука $L_{Aeq.2}$ создаваемый потоком грузовых поездов за время его проезда мимо расчётной точки, дБА рассчитывается по формуле 3.4 [65]:

$$L_{Aeg.2} = 20,4 \cdot lg \cdot v_2 + 10lg \left[\arctg \frac{l_2}{25} \right] + 46,0 \quad (3.4)$$

где $v_2 = 80$ км/ч - скорость грузовых поездов;

$l_2 = 1200$ м - длина грузового поезда;

$$L_{Aeg.2} = 20,4 \cdot lg90 + 10lg \left[\arctg \frac{1200}{25} \right] + 46,0 = 86,7 \approx 87 \text{ дБА}$$

Эквивалентный уровень звука $L_{Aeq.3}$ создаваемый потоком пассажирских электропоездов за время его проезда мимо расчётной точки – дома отдыха локомотивных бригад, дБА рассчитывается по формуле 3.5 [65]:

$$L_{Aeg.3} = 41,4 \cdot lg \cdot v_3 + 10lg \left[\arctg \frac{l_3}{25} \right] - 12,3 \quad (3.5)$$

где $v_3 = 230$ км/ч - скорость пассажирских электропоездов [108];

$l_3 = 250$ м - длина пассажирских электропоездов

$$L_{Aeg.3} = 41,4 \cdot \lg 230 + 10 \lg \left[\arctg \frac{250}{25} \right] - 12,3 = 86,4 \approx 86 \text{ дБА}$$

Максимальный уровень звука $L_{Амакс.1}^{жел}$ создаваемый, потоком пассажирских поездов, за время его проезда мимо расчётной точки – дома отдыха локомотивных бригад, дБА рассчитывается по формуле 3.6 [65]:

$$L_{Амакс.1}^{жел} = 24 \cdot \lg \cdot \vartheta_1 + 42,6 \quad (3.6)$$

$$L_{Амакс.1}^{жел} = 94,1 \approx 94 \text{ дБА}$$

Максимальный уровень звука $L_{Амакс.2}^{жел}$ создаваемый потоком грузовых поездов, дБА рассчитывается по формуле 3.7 [65]:

$$L_{Амакс.2}^{жел} = 15 \cdot \lg \cdot \vartheta_2 + 61,7 \quad (3.7)$$

$$L_{Амакс.2}^{жел} = 90,3 \approx 90 \text{ дБА}$$

Максимальный уровень звука $L_{Амакс.3}^{жел}$ создаваемый, потоком пассажирских электропоездов за время его проезда мимо расчётной точки – дома отдыха локомотивных бригад, дБА рассчитывается по формуле 3.8 [65]:

$$L_{Амакс.3}^{жел} = 45,1 \cdot \lg \cdot \vartheta_3 - 17,8 \quad (3.8)$$

$$L_{Амакс.3}^{жел} = 88,7 \approx 89 \text{ дБА}$$

Коррекция результатов расчёта для железнодорожного пути на бетонных шпалах равняется 0 [46].

В соответствии с СП 276.1325800 [46] выполним расчёт эффективности акустического экрана в зависимости от условий установки на и не электрифицированных железных путях [46]. Защищаемый объект – дом отдыха локомотивных бригад, по СП 44.13330-2011 [109] минимальное расстояние от него до ближайшего рельса принимаем равным 50 м [109].

Эффективность протяженного экрана зависит от разности длин путей звукового луча δ , м, определяемой в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.13, по формуле 3.9:

$$\delta = a + b - c \quad (3.9)$$

где a – кратчайшее расстояние от акустического центра транспортного потока до верхней кромки экрана, м;

b – кратчайшее расстояние от верхней кромки экрана до расчетной точки, м;

c – кратчайшее расстояние от акустического центра транспортного потока до расчетной точки, м.

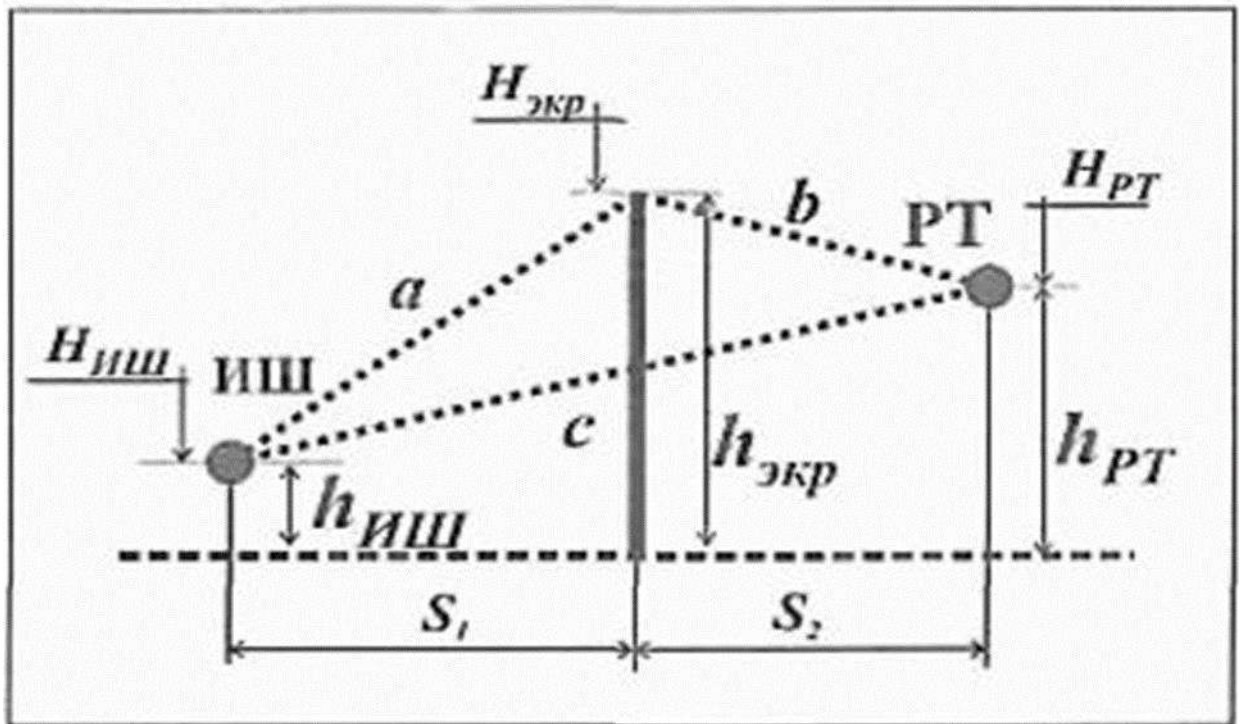


Рисунок 3.13 – Расчётная схема определения разности длин путей звукового луча δ для экрана-стенки [65]:

$h_{ИШ}$ – высота источника шума над поверхностью земли; $h_{экр}$ – высота экрана; $h_{РТ}$ – высота расчетной точки над поверхностью земли;

$H_{ИШ}$ – отметка источника шума; $H_{экр}$ – отметка верха экрана; $H_{РТ}$ – отметка расчётной точки

Определим все значения всех характеристик представленных на расчётной схеме (рисунок 3.13) приняв высоту экрана без учёта фундамента $h_{экр} = 3,0$ м, а с фундаментом $h_{экр} = 3,63$ м. Где $h_{ИШ} = 0,63$ м; $h_{РТ} = 1,5$ м [65]; $S_1 = 4,05$ м, т.е. $S_2 = 45,95$ м – для не электрифицированных путей; $S_1 = 7,65$ м

и $S_2 = 42,35$ м – для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения; $S_1 = 9,44$ м и $S_2 = 40,56$ м – для электрифицированных путей.

Расчет кратчайшего расстояния от акустического центра транспортного потока до верхней кромки экрана рассчитывается по формуле 3.10 [65]:

$$a = \sqrt{S_1^2 + (h_{\text{экр}} - h_{\text{иш}})^2}, \quad (3.10)$$

$$a_1 = 5,04 \text{ м}$$

$$a_2 = 8,22 \text{ м}$$

$$a_3 = 9,91 \text{ м}$$

где $a_1 = 5,04$ м – для не электрифицированных путей; $a_2 = 8,22$ м – для не электрифицированных путей с наличием водоотведения; $a_3 = 9,91$ м – для электрифицированных путей.

Расчет кратчайшего расстояния от верхней кромки экрана до расчетной точки рассчитывается по формуле 3.11 [65]:

$$b = \sqrt{S_2^2 + (h_{\text{экр}} - h_{\text{рТ}})^2}, \quad (3.11)$$

$$b_1 = 45,99 \text{ м}$$

$$b_2 = 42,40 \text{ м}$$

$$b_3 = 40,61 \text{ м}$$

где $b_1 = 45,99$ м – для не электрифицированных путей; $b_2 = 42,40$ м — для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения; $b_3 = 40,61$ м — для электрифицированных путей.

Расчет кратчайшего расстояния от акустического центра транспортного потока до расчетной точки рассчитывается по формуле 3.12 [65]:

$$c = \sqrt{(S_1 + S_2)^2 + (h_{\text{рТ}} - h_{\text{иш}})^2}, \quad (3.12)$$

$$c_1 = \sqrt{(4,05 + 45,95)^2 + (1,5 - 0,63)^2} = 50,01 \text{ м}$$

$$c_2 = \sqrt{(7,65 + 42,35)^2 + (1,5 - 0,63)^2} = 50,01 \text{ м}$$

$$c_3 = \sqrt{(9,44 + 40,77)^2 + (1,5 - 0,63)^2} = 50,01 \text{ м}$$

где $c_1 = c_2 = c_3 = 50,01$ м – для электрифицированных, не электрифицированных железнодорожных путей, для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения.

Подставляя в формулу (3.9) расчетные значения a , b и c из формул (3.10 – 3.12) находим разность хода звуковых лучей δ .

$\delta_1 = 1,03$ м для не электрифицированных путей

$\delta_2 = 0,61$ м для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения;

$\delta_3 = 0,51$ м для электрифицированных путей.

Зная разность хода звуковых лучей δ , находим по ней число Френеля, используя формулу 3.13 [65]:

$$N = \frac{2 \cdot \delta}{\lambda} \quad (3.13)$$

где $\lambda = 0,42$ м – длина звуковой волны, принимаемая при расчетах потоков железнодорожных составов [46].

Число Френеля по (3.13) составит для не электрифицированных путей $N = 4,91$; для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения $N = 2,92$; для электрифицированных путей $N = 2,44$.

Акустическую эффективность экрана-стенки для не и электрифицированных путей допускается определять аналитически на основании числа Френеля при $N \geq -0,2$ по формуле 3.14, дБА [46] [65]:

$$\Delta L_{\text{экр}} = 20 \lg \frac{\sqrt[2]{2\pi|N|}}{th \sqrt[2]{2\pi|N|}} + 5 \quad (3.14)$$

для не электрифицированных путей

$$\Delta L_{\text{экр}} = 20 \lg \frac{\sqrt[2]{2 \cdot \pi \cdot 4,91}}{th \sqrt[2]{2 \cdot \pi \cdot 4,91}} + 5 = 19,9 \approx 20 \text{ дБА}$$

для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения

$$\Delta L_{\text{экр}} = 20 \lg \frac{\sqrt[2]{2 \cdot \pi \cdot 2,92}}{th \sqrt[2]{2 \cdot \pi \cdot 2,92}} + 5 = 17,6 \approx 18 \text{ дБА}$$

для электрифицированных путей

$$\Delta L_{\text{экр}} = 20 \lg \frac{\sqrt[2]{2 \cdot \pi \cdot 2,44}}{th \sqrt[2]{2 \cdot \pi \cdot 2,44}} + 5 = 16,9 \approx 17 \text{ дБА}$$

Результаты незначительно меняются по мере удаления экрана от источника шума. Теоретически этого не должно быть, т. к. сумма длин путей звукового луча δ величина постоянная.

С учётом эффективности акустического экрана значения эквивалентного уровня звука потоков пассажирских, грузовых поездов и пассажирских электропоездов для не электрифицированных путей по составят $L_{Aeq,1} = 69$ дБА, $L_{Aeq,2} = 67$ дБА, $L_{Aeq,3} = 66$ дБА.

С учётом эффективности акустического экрана значения максимального уровня звука потоков пассажирских, грузовых поездов и пассажирских электропоездов для не электрифицированных путей по составят $L_{Amax,1}^{жел} = 74$ дБА, $L_{Amax,2}^{жел} = 70$ дБА, $L_{Amax,3}^{жел} = 69$ дБА.

С учётом эффективности акустического экрана значения эквивалентного уровня звука потоков пассажирских, грузовых поездов и пассажирских электропоездов для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения по составят $L_{Aeq,1} = 71$ дБА, $L_{Aeq,2} = 69$ дБА, $L_{Aeq,3} = 68$ дБА.

С учётом эффективности акустического экрана значения максимального уровня звука потоков пассажирских, грузовых поездов и пассажирских электропоездов для не электрифицированных путей и с наличием водоотведения по составят $L_{Amax,1}^{жел} = 76$ дБА, $L_{Amax,2}^{жел} = 72$ дБА, $L_{Amax,3}^{жел} = 71$ дБА.

С учётом эффективности акустического экрана значения эквивалентного уровня звука потоков пассажирских, грузовых поездов и пассажирских электропоездов для электрифицированных путей соответственно составят: $L_{Aeg,1} = 72$ дБА, $L_{Aeg,2} = 70$ дБА, $L_{Aeg,3} = 69$ дБА.

С учётом эффективности акустического экрана значения максимального уровня звука потоков пассажирских, грузовых поездов и пассажирских электропоездов для электрифицированных путей соответственно составят: $L_{Amax,1}^{жел} = 77$ дБА, $L_{Amax,2}^{жел} = 73$ дБА, $L_{Amax,3}^{жел} = 72$ дБА.

Сравнение полученных результатов с нормативными значениями уровней шума для ночного времени суток с 23.00 до 7.00 часов для дома отдыха локомотивных бригад [110], соответственно составляющими $L_{Aeq} = 45$ и $L_{Amax} = 60$, дБА [26], указывает, что установка акустических экранов не

является эффективным средством снижения шума в 2 м от ограждающих конструкция зданий.

Анализ полученных результатов показал, что на эффективность акустических экранов оказывает влияние расстояние места его установки от источника шума. С увеличением этого расстояния эффективность экрана закономерно уменьшается. Так, при расстоянии 4,05 м расчетные показатели для эквивалентного и максимального уровня звука на 3 дБА меньше, чем для условий, когда расстояние составляет 9,55 м. (таблица 3.3). Одновременно увеличение скорости движения поезда с 80 до 140 км/час в одних и тех же условиях снижает эффективность АЭ на 5-6 дБА. Наиболее неблагоприятная ситуация складывается вдоль электрифицированных железных дорог в условиях движения поездов со скоростью 140 км/час.

Таблица 3.3 – Показатели шума на расстоянии 50 метров от источника, с учетом расчетной эффективности акустических экранов

Не электрифицированные пути				Электрифицированные пути			
Скорость движения пассажирского поезда, км/ч							
140		80		140		80	
Расстояние до экрана, м							
4,05				9,55			
$L_{\text{Аeq.1}}$, дБА	$L_{\text{Амакс.1}}^{\text{жел}}$, дБА	$L_{\text{Аeq.2}}$, дБА	$L_{\text{Амакс.2}}^{\text{жел}}$, дБА	$L_{\text{Аeq.1}}$, дБА	$L_{\text{Амакс.1}}^{\text{жел}}$, дБА	$L_{\text{Аeq.2}}$, дБА	$L_{\text{Амакс.2}}^{\text{жел}}$, дБА
69,5	74,2	63,4	68,4	72,5	77,2	66,4	71,4

Сравнение полученных результатов с нормативными значениями уровней шума как для ночного, так и для дневного времени суток указывает, что акустические экраны не являются достаточно эффективным средством снижения шума на территории жилой застройки вдоль линейных объектов железнодорожного транспорта в связи с тем, что протяженность акустической тени от экранов стандартной высоты, расположенных на нормативном расстоянии от источника составляет лишь 40,5 - 45,95 м от места его

установки. Ранее проведенными нами исследованиями, установлено, что акустические экраны в связи с процессами дифференции и дифракции не обладают эффективностью в условиях высокоэтажной застройки. Жилые помещения на третьем и выше этажах не попадают в зону акустической тени.

Использование акустических экранов в качестве основного мероприятия по шумозащите малоперспективно на вновь застраиваемых территориях с высокоэтажными жилыми и общественными зданиями, а также в условиях перспективы интенсивного развития высокоскоростного железнодорожного движения.

Процедура установления расчетных размеров расстояния от железнодорожных путей, обеспечивающего соблюдение требований санитарно-эпидемиологического благополучия, нуждается в четком регламентировании перечня и качества исходных данных, учитывающих особенности строения пути и организации движения железнодорожного транспорта.

3.4 Результаты исследования эффективности звукоизоляции воздушного шума оконными блоками для жилых и общественных зданий

Одним из наиболее эффективных мер по снижению уровней шума в защищаемых объектах – жилых помещениях является звукоизоляция воздушного шума оконными блоками. Для уточнения существующих в настоящее время возможностей звукоизоляции воздушного шума оконными блоками для жилых и общественных зданий нами проведено исследование различных типов оконных блоков.

Условия проведения измерений в реверберационной камере оконных блоков

Измерения проведены в реверберационной камере. Наименование измеряемых параметров: 1/3-октавные уровни звукового давления, дБ, в диапазоне среднегеометрических частот 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000 Гц и уровни звука, дБА.

Технический метод [111,112]:

а) «образцовый источник шума попеременно располагается в 2-х углах помещения высокого уровня на расстоянии не менее 1 м от ограждающих конструкций»;

б) «измерительный микрофон располагается на высоте 1,5 м от уровня пола камеры, попеременно в 6-и измерительных точках»;

в) «режим работы климатического клапана оконного блока – открыт»;

г) «температура воздуха внутри помещений реверберационной камеры + 24,3 °С, скорость движения воздуха менее 0,1 м/с, влажность 40 %».

Нормативные документы, в соответствии с которыми проводились измерения: ГОСТ Р ИСО 10140-1-2012 [111]; ГОСТ Р ИСО 10140-2-2012 [112];

Нормативный документ, в соответствии с которым проводилась оценка результатов измерения ГОСТ 26602.3-2016 [113].

Средства измерений и сведения о поверке:

– камера реверберационная без косвенной передачи звука, состоящая из двух смежных помещений высокого и низкого уровня звукового давления;

объём измерительного помещения низкого звукового давления – 28 м³;
площадь исследуемого оконного блока – 1,49 м²;

– образцовый источник шума, содержит: усилитель мощности OED-PA300 и всенаправленный источник звука OED-SP;

– ПЭВМ «Samsung» модель NP-Q1 заводской №S/N028W93BP800003X, программное обеспечение «Signal+/110 Utilities» с разделом «RT60 Измерение времени реверберации», позволяющее анализировать в реальном масштабе времени отцифрованные выборки сигналов, поступающих от измерительных приборов серии «Октава»;

– шумомер-виброметр, анализатор спектра «ЭКОФИЗИКА-110А», заводской номер № БФ140029.

Весь комплекс примененных средств измерения имеет действующие свидетельства о поверке.

Исследованы следующие конструкции:

1) «блок оконный профиль Rehau Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4 с встроенными климатическими клапанами Air-Box Comfort, Aereco ЕНА²-EFA² и Aereco ЕММ»;

2) «блок оконный Rehau Euro/Blitz Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4 с встроенными климатическими клапанами Air-Box Comfort, Aereco ЕНА²-EFA² и Aereco ЕММ».

Целью исследования являлось определение значений звукоизоляции R, индекса звукоизоляции R_w воздушного шума, члена спектральной адаптации: А-корректированного розового шума СА и А-корректированного шума потока городского транспорта СТ_р оконного блока.

Сводные значения звукоизоляции изоляция воздушного шума R оконными блоками представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Сводные значения звукоизоляции изоляция воздушного шума R

№№	1/3-октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
1	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4 с открытым климатическим клапаном Air-VoxComfort, дБ																	
$R_{1/3}$	9,4	11,1	22,5	22,3	19,8	27,7	25,9	23,7	22,3	25,6	29,6	33,5	35,7	36,1	34,7	32,2	32,9	35,2
	Октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	125			250			500			1000			2000			4000		
	Значения изоляция воздушного шума, дБ																	
$R_{1/1}$	7,0			17,4			19,0			23,7			30,7			28,5		
2	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока RehauDelight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4 с открытым климатическим клапаном AerocoEHA ² -EFA ² , дБ																	
$R_{1/3}$	10,4	10,7	20,5	19,9	19,8	27,7	25,9	23,7	22,3	25,6	29,6	33,5	35,7	36,1	34,7	32,2	34,5	34,3
	Октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	125			250			500			1000			2000			4000		
	Значения изоляция воздушного шума, дБ																	
$R_{1/1}$	7,3			16,5			19,0			23,7			30,7			28,8		
3	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока RehauDelight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4 с открытым климатическим клапаном Aeroco EMM, дБ																	
$R_{1/3}$	16,6	20,2	17,8	17,7	20,2	26,5	26,2	25,8	25,7	28,7	30,2	33,5	35,1	35,2	33,6	31,5	32,8	34,9
	Октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	125			250			500			1000			2000			4000		
	Значения изоляция воздушного шума, дБ																	
$R_{1/1}$	13,2			15,4			21,1			25,6			29,8			28,1		
4	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока RehauEuro/Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4 с открытым климатическим клапаном AerocoEMM, дБ																	
$R_{1/3}$	10,7	8,9	22,4	21,4	20,1	27,7	26,5	25,0	25,5	28,2	31,2	34,4	35,7	35,7	34,2	31,6	32,7	35,3

Продолжение таблицы 3.5

	Октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	125			250		500		1000		2000		4000						
	Значения изоляции воздушного шума, дБ																	
$R_{1/1}$	6,6			17,3		20,9		25,8		30,4		28,2						
5	Значения изоляции воздушного шума R оконного блока RehauEuro/ Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4 с открытым климатическим клапаном AerecoEHA ² -EFA ² , дБ																	
$R_{1/3}$	13,0	14,2	21,5	23,2	23,4	25,4	24,4	21,8	22,0	23,2	26,8	29,2	31,8	31,9	31,4	31,3	31,9	34,8
	Октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	125			250		500		1000		2000		4000						
	Значения изоляции воздушного шума, дБ																	
$R_{1/1}$	10,2			19,1		17,8		20,9		26,9		27,7						
6	Значения изоляции воздушного шума R оконного блока RehauEuro/Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4 с открытым климатическим клапаном Air-BoxComfort, дБ																	
$R_{1/3}$	13,0	14,2	21,5	23,2	23,4	25,4	24,4	21,8	22,0	23,2	26,8	29,2	31,8	31,9	31,4	31,3	31,9	34,8
	Октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	125			250		500		1000		2000		4000						
	Значения изоляции воздушного шума, дБ																	
$R_{1/1}$	10,2			19,1		17,8		20,9		26,9		27,7						

1. Спектральная адаптация А-корректированного розового шума для оконных блоков при всех вариантах климатического клапана: $C_A = 0$ дБА.

2. Спектральная адаптация А-корректированного шума потока городского транспорта для всех оконных блоков при всех вариантах климатического клапана: $C_{Tr} = 0$ дБА.

Результаты исследования эффективности оконных блоков представлены в таблице 3.4:

Таблица 3.4 – Результаты измерений 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-Box 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-Box Comfort	открыт	33

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на близость полученных результатов испытаний оконных блоков Rehau Delight с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4 и Rehau Euro/Blitz с рамкой двухкамерного стеклопакета ПВХ с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4, оконный блок с заполнением створок F1 и S1 - 6-14-4-12-4 имеет более высокий индекс звукоизоляции воздушного шума R_w , по сравнению с

оконным блоком с заполнением створок F1 и S1 - 4-10-4-10-4, составивший 1 дБ.

Также из представленных результатов следует, что установка климатического клапана Air-Vox Comfort, позволяет повысить индекс звукоизоляции воздушного шума R_w по сравнению с климатическими клапанами Aereco EMM и Aereco ЕНА²-ЕФА² на 1 дБ в первом случае и 2 дБ – во втором.

3.5 Результаты исследования эффективности звукоизоляции воздушного шума тканевыми шторами для жилых и общественных зданий

Существующие доступные методы снижения акустической нагрузки на пути распространения и в источнике шума исчерпаны, поэтому необходимо проводить снижение нагрузки на объекте шумозащиты, в воспринимающей системе (жилые дома, дома отдыха локомотивных бригад).

Для выполнения данной задачи, были разработаны звукоизолирующие полотно, 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 транспортных потоков.

Исследованы 6 опытных образцов в звукомерной реверберационной камере: тканевая штора № 1 поверхностная плотность 379 г/м² (100% ПЭ без отделки), тканевая огнезащитная шторой № 1 поверхностная плотность 429 г/м² (100% ПЭ, отделка огнезащитная), тканевая штора № 2 (вафля) поверхностная плотность 329 г/м² (100% ПЭ, отделка огнезащитная), тканевая штора № 2 (вафля) поверхностная плотность 359 г/м² (100% ПЭ, отделка огнезащитная), тканевая штора № 2 (вафля) поверхностная плотность 369 г/м² (100% ПЭ, отделка огнезащитная), тканевая штора № 2 (вафля) поверхностная плотность 425 г/м² (100% ПЭ, отделка огнезащитная). Вафельное полотно выполнено с характерным выпуклым рисунком из утопленных квадратов, квадраты полотна выполнены с ребром 0,6 мм, глубиной 0,05 мм [114].

Целью исследования являлось определение значений звукоизоляции R , индекса звукоизоляции RW воздушного шума, члена спектральной адаптации: А-корректированного розового шума SA и А-корректированного шума потока городского транспорта $СТр$ оконного блока.

Работа с оцифрованными выборками сигналов, поступающими в компьютер из приборов серий ЭКОФИЗИКА и ОКТАВА, ПЗ-80, ПЗ-81, ОКТАФОН-110 проводилась программным продуктом Signal + (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – Оцифрование выборки сигналов Signal +

Расчеты эффективности звукоизоляции воздушного шума тканевыми шторами для жилых и общественных зданий проводились в программе Excel (рисунок 3.15).

Опытный образец и вариант расположения в реверберационной камере представлен на рисунках (3.16-3.17)

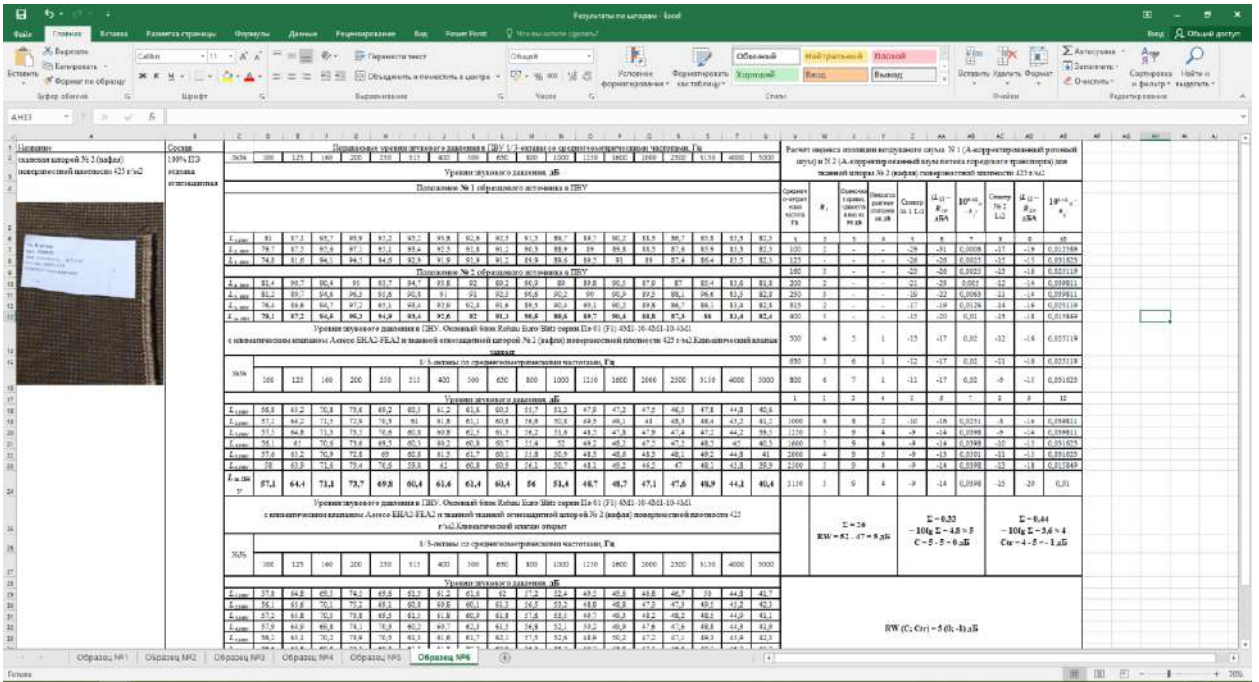


Рисунок 3.15 – Расчеты эффективности звукоизоляции воздушного шума



Рисунок 3.16 – Один из вариантов расположения опытного образца в реверберационной камере



Рисунок 3.17 – Опытный образец

Изоляцию воздушного шума тканевыми шторами, определяем, как разность между уровнями шума в помещении низкого уровня реверберационной камеры с установленным в испытательный проём оконным

блоком с закрытым климатическим клапаном и последовательно закрываемым шторами, а также без них по формуле 3.15, дБ :

$$R_i = R_{0.ш.i} - R_0, \quad (3.15)$$

где $R_{0.ш.i}$ – значения изоляции воздушного шума оконным блоком с различными шторами, дБ (таблица 3.6);

R_0 – значения изоляции воздушного шума окном без штор, дБ (таблица 3.7);

Сводная таблица значений звукоизоляции изоляция воздушного шума R различными тканевыми шторами представлена в таблице 3.8

Таблица 3.6 – Сводная таблица значения звукоизоляции изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M с закрытым климатическим клапаном с различным полотном

№№	1/3-октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
1	Значения изоляции воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА ² -FEA ² и тканной шторой № 1 поверхностной плотности 379 г/м ² , дБ																	
$R_{1/3}$	13,0	9,0	10,8	9,6	15,0	21,8	17,7	20,9	20,8	20,2	28,2	30,5	28,9	28,2	28,0	25,1	24,6	27,0
2	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА ² -FEA ² и тканной огнезащитной шторой № 1 поверхностной плотности 429 г/м ² , дБ																	
$R_{1/3}$	11,2	7,8	11,4	11,3	15,6	22,2	19,0	21,7	21,5	20,2	28,9	30,5	28,8	28,4	28,4	25,6	24,7	27,5
3	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА ² -FEA ² и тканной шторой № 2 (вафля) поверхностной плотности 329 г/м ² , дБ																	
$R_{1/3}$	10,0	5,2	11,5	10,1	15,0	21,0	18,0	20,8	21,0	19,1	28,6	30,8	28,8	28,5	28,3	25,6	25,2	27,2
4	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА ² -FEA ² и тканной шторой (клетка) поверхностной плотности 359 г/м ² , дБ																	
$R_{1/3}$	10,9	9,7	11,4	10,6	16,0	21,4	18,9	21,8	21,0	20,5	28,7	31,2	29,4	28,5	28,5	25,5	24,8	27,2
5	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА ² -FEA ² и тканной шторой (клетка) поверхностной плотности 369 г/м ² , дБ																	
$R_{1/3}$	12,0	7,6	11,2	10,5	11,2	22,4	19,5	22,7	23,2	21,8	30,8	33,0	30,8	30,4	30,4	27,3	26,8	29,3
6	Значения изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА ² -FEA ² и тканной огнезащитной шторой (кл.) поверхностной плотности 425 г/м ² , дБ																	
$R_{1/3}$	10,9	5,4	12,4	11,9	17,9	22,5	21,4	25,2	27,1	24,8	33,4	33,6	30,9	29,9	30,8	28,3	27,7	30,5

Таблица 3.7 – Значение звукоизоляции изоляция воздушного шума R оконного блока Rehau Euro/Blitz серии По 01 (F1) 4M1-10-4M1-10-4M1 с закрытым климатическим клапаном Aereco ЕНА²-FEA²

№№	1/3-октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	Значения изоляция воздушного шума, дБ																	
R_o	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7

Таблица 3.8 – Сводная таблица значения звукоизоляции изоляция воздушного шума R различным звукоизолирующим полотном

№№	1/3-октавы со среднегеометрическими частотами, Гц																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Значения изоляция воздушного шума R_1 тканной шторой № 1 поверхностной плотности 379 г/м ² , дБ																		
$R_{0,ш}$	13,0	9,0	10,8	9,6	15,0	21,8	17,7	20,9	20,8	20,2	28,2	30,5	28,9	28,2	28,0	25,1	24,6	27,0
R_0	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7
R_1	3,9	3,5	1,5	-	0,5	1,6	1,3	-	-	1,0	1,0	1,8	2,7	2,1	1,7	1,9	2,8	-
Значения изоляция воздушного шума R_1 тканной шторой № 1 поверхностной плотности 429 г/м ² , дБ																		
$R_{0,ш}$	11,2	7,8	11,4	11,3	15,6	22,2	19,0	21,7	21,5	20,2	28,9	30,5	28,8	28,4	28,4	25,6	24,7	27,5
R_0	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7
R_1	2,1	3,5	2,1	1,7	1,1	2,0	2,6	0,8	-	1,0	1,7	1,8	2,6	2,3	2,1	2,4	2,9	1,9
Значения изоляция воздушного шума R_1 тканной шторой № 2 (вафля) поверхностной плотности 329 г/м ² , дБ																		
$R_{0,ш}$	10,0	5,2	11,5	10,1	15,0	21,0	18,0	20,8	21,0	19,1	28,6	30,8	28,8	28,5	28,3	25,6	25,2	27,2
R_0	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7
R_1	0,9	-	2,2	0,5	0,5	0,8	1,6	-	-	-	1,4	2,1	2,6	1,4	2,0	2,4	3,4	-
Значения изоляция воздушного шума R_1 тканной шторой № 2 (вафля) поверхностной плотности 359 г/м ² , дБ																		
$R_{0,ш}$	10,9	9,7	11,4	10,6	16,0	21,4	18,9	21,8	21,0	20,5	28,7	31,2	29,4	28,5	28,5	25,5	24,8	27,2
R_0	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7
R_1	1,8	2,2	2,1	1,0	0,5	1,2	2,5	0,9	-	1,3	1,5	2,5	3,2	2,4	2,2	2,3	3,0	-
Значения изоляция воздушного шума R_1 тканной шторой № 2 (вафля) поверхностной плотности 369 г/м ² , дБ																		
$R_{0,ш}$	12,0	7,6	11,2	10,5	11,2	22,4	19,5	22,7	23,2	21,8	30,8	33,0	30,8	30,4	30,4	27,3	26,8	29,3
R_0	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7
R_1	2,9	2,1	1,9	0,9	-	2,2	3,1	1,8	1,2	2,6	3,6	4,3	4,6	4,3	4,1	4,1	4,0	-
Значения изоляция воздушного шума R_1 тканной огнезащитной шторой № 2 (вафля) поверхностной плотности 425 г/м ² , дБ																		
$R_{0,ш}$	10,9	5,4	12,4	11,9	17,9	22,5	21,4	25,2	27,1	24,8	33,4	33,6	30,9	29,9	30,8	28,3	27,7	30,5
R_0	9,1	5,5	9,3	9,6	14,5	20,2	16,4	20,9	22,0	19,2	27,2	28,7	26,2	26,1	26,3	23,2	21,8	29,7
R_1	1,8	-	3,1	2,3	3,4	2,3	5,0	4,3	5,1	5,6	6,2	4,9	4,7	3,8	4,5	5,1	5,9	0,8

1. Спектральная адаптация А-корректированного розового шума для:
 - тканевой шторы № 1 пов. плот. 379 г/м² C_A = 1 дБА;
 - тканевой огнезащитной шторы № 1 пов. плот. 429 г/м² C_A = 1 дБА;
 - тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 329 г/м² C_A = 2 дБА;
 - тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 359 г/м² C_A = 1 дБА;
 - тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 369 г/м² C_A = - 1 дБА;
 - тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 425 г/м² C_A = 0 дБА.

2. Спектральная адаптация А-корректированного шума потока городского транспорта для:

- тканевой шторы № 1 пов. плот. 379 г/м² C_{тр} = 0 дБА;
- тканевой огнезащитной шторы № 1 пов. плот. 429 г/м² C_{тр} = 0 дБА;
- тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 329 г/м² C_{тр} = 0 дБА;
- тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 359 г/м² C_{тр} = 0 дБА;
- тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 369 г/м² C_{тр} = -1 дБА;
- тканевой шторы № 2 (вафля) пов. плот. 425 г/м² C_{тр} = -1 дБА.

Результаты исследования эффективности звукоизоляции внешнего воздушного шума звукоизолирующими материалами представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты исследования эффективности звукоизоляции внешнего воздушного шума звукоизолирующими материалами.

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

Закключение: сравнительный анализ полученных результатов позволяет нам сделать вывод о том, что, несмотря на близость полученных результатов, тканевая шторы № 1 (вафля) поверхностной плотности 425 г/м² (индекс звукоизоляции воздушного шума от транспортного потока R_w=5 дБ, имеет более

высокий индекс звукоизоляции воздушного шума R_w , чем тканевая шторы № 1 (вафля) поверхностной плотности 369 г/м^2 , (индекс звукоизоляции воздушного шума от транспортного потока $R_w=4 \text{ дБ}$), что в сравнении составляет 1 дБ.

Также из представленных результатов следует, что использование вафельного полотна, позволяет повысить индекс звукоизоляции воздушного шума от транспортного потока R_w по сравнению с просто тканевой шторой тканевая шторы № 1 поверхностной плотности 429 г/м^2 на 3 дБ.

3.6. Обоснование комплекса шумозащитных мероприятий методом итерации

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

Расчеты проведены для модельной ситуации: прохождение грузового поезда, с груженными вагонами в количестве 47 штук, участок пути ровный. Результаты приведены на рисунках 3.18 – 3.21. Уровень шума от грузового поезда обозначен верхней синей линией. Гигиенический норматив (для достижения эффекта шумозащиты) – красная линия. Эффект шумозащиты от использования различных мероприятий на нижних этажах жилых комнат квартир, домов отдыха локомотивных бригад обозначен цветными линиями.

Перовое мероприятие – ослабление шума в источнике, в нашем варианте, путем акустического шлифования рельсов (серая линия).

Второе мероприятие – на пути распространения шума акустическими экранами, установленными на расстоянии 7.5 м и расстоянием 50 м (желтая линия).

Третье мероприятие необходимое для достижения комфортной среды выбрано шумозащитное окно (однокамерное) (рисунок 3.18).

Используя данный комплекс мероприятий уровень шума достигает значений гигиенического норматива в дневное время. Однако для ночного времени в связи с более жесткими требованиями мероприятий недостаточно. Поэтому дополнительно к мероприятиям, примененным в дневное время для ночного периода предложено следующее:

- зеленые насаждения темно– синяя линия,
- двух камерный стеклопакет,
- звукопоглощающая оконная штора – фиолетовая линия (рисунок 3.19).



Рисунок 3.18 – Визуализация итерационного процесса шумозащитных мероприятий для 1 этажа в дневное время

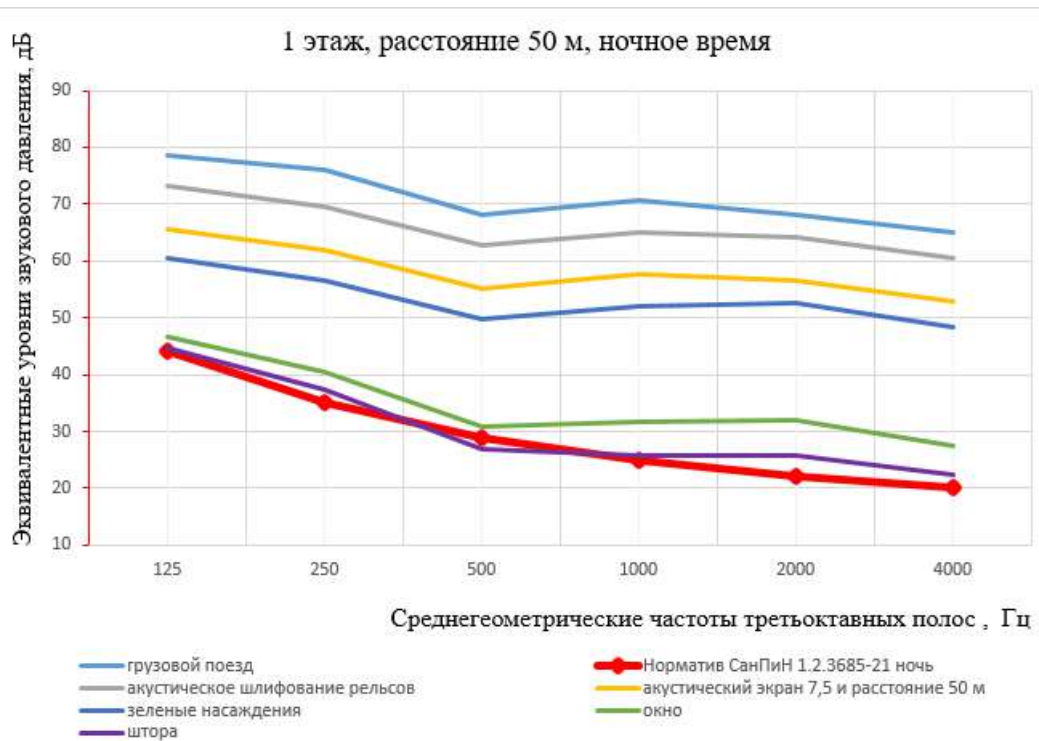


Рисунок 3.19 – Визуализация итерационного процесса шумозащитных мероприятий для 1 этажа в ночное время

Следующим этапом была рассмотрена аналогичная ситуация, но с учетом высокоэтажной застройки. Проведенные натурные измерения и расчетные исследования показали, отсутствие эффективности акустических экранов и зеленых насаждений на высоте более 5 метров, поэтому в итерационном процессе они не учитывались.

Поскольку гигиеническое нормирование одинаково для всех этажей, то достичь комфортной и безопасной среды на верхних этажах в условиях функционирования транспортных систем возможно только путем выбора остекления и использования звукопоглощающей оконной шторы. Для верхних этажей были рекомендованы трехкамерные стеклопакеты.

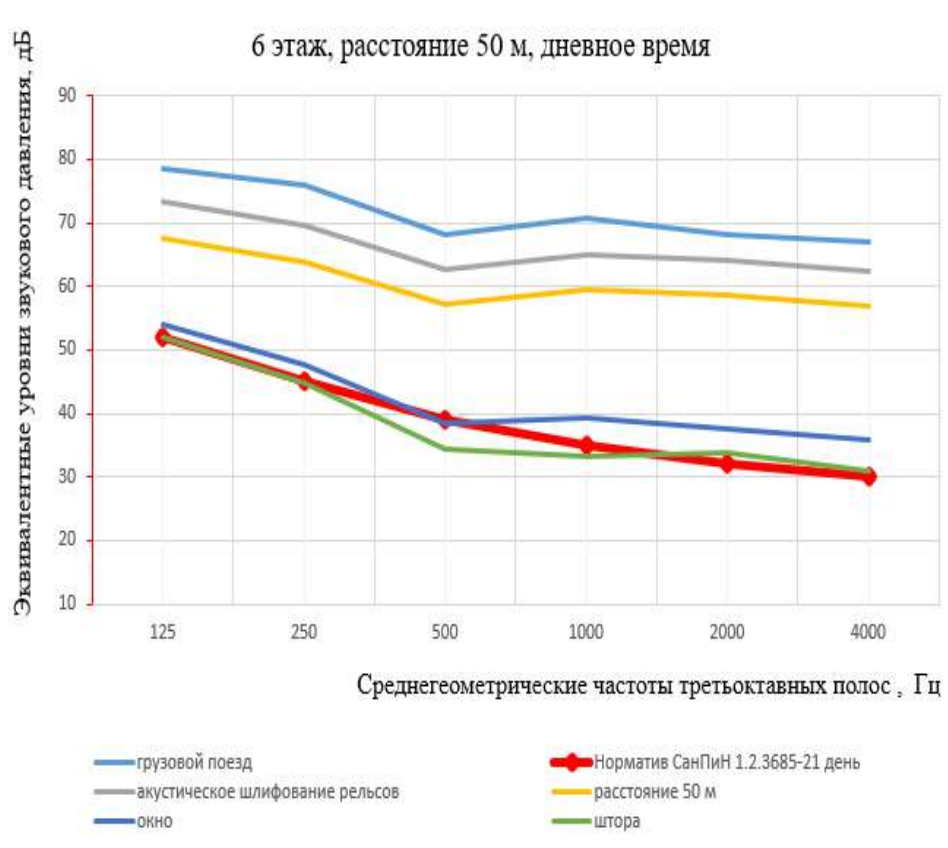


Рисунок 3.20 – Визуализация итерационного процесса шумозащитных мероприятий для 6 этажа в дневное время

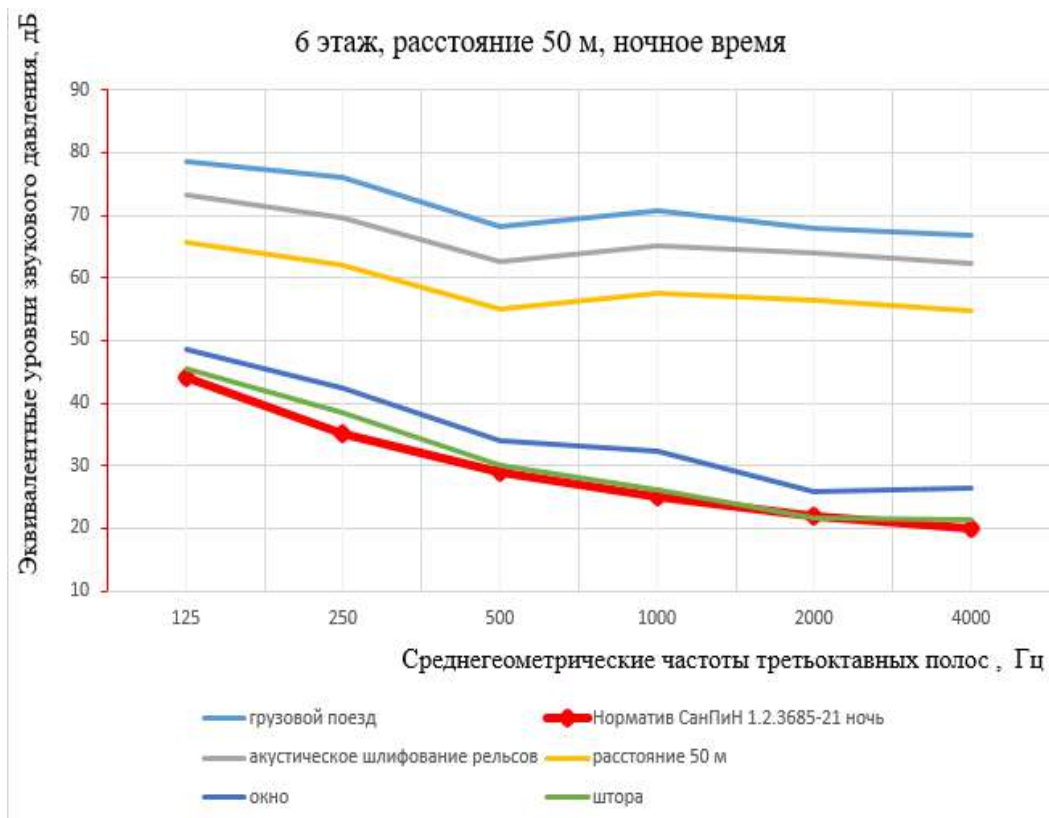


Рисунок 3.21 – Визуализация итерационного процесса шумозащитных мероприятий для 6 этажа в ночное время

Схема технологии оценки комфортности и безопасности окружающей среды в районе расположения линейных объектов транспортных систем представлена на рисунке 3.22.

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

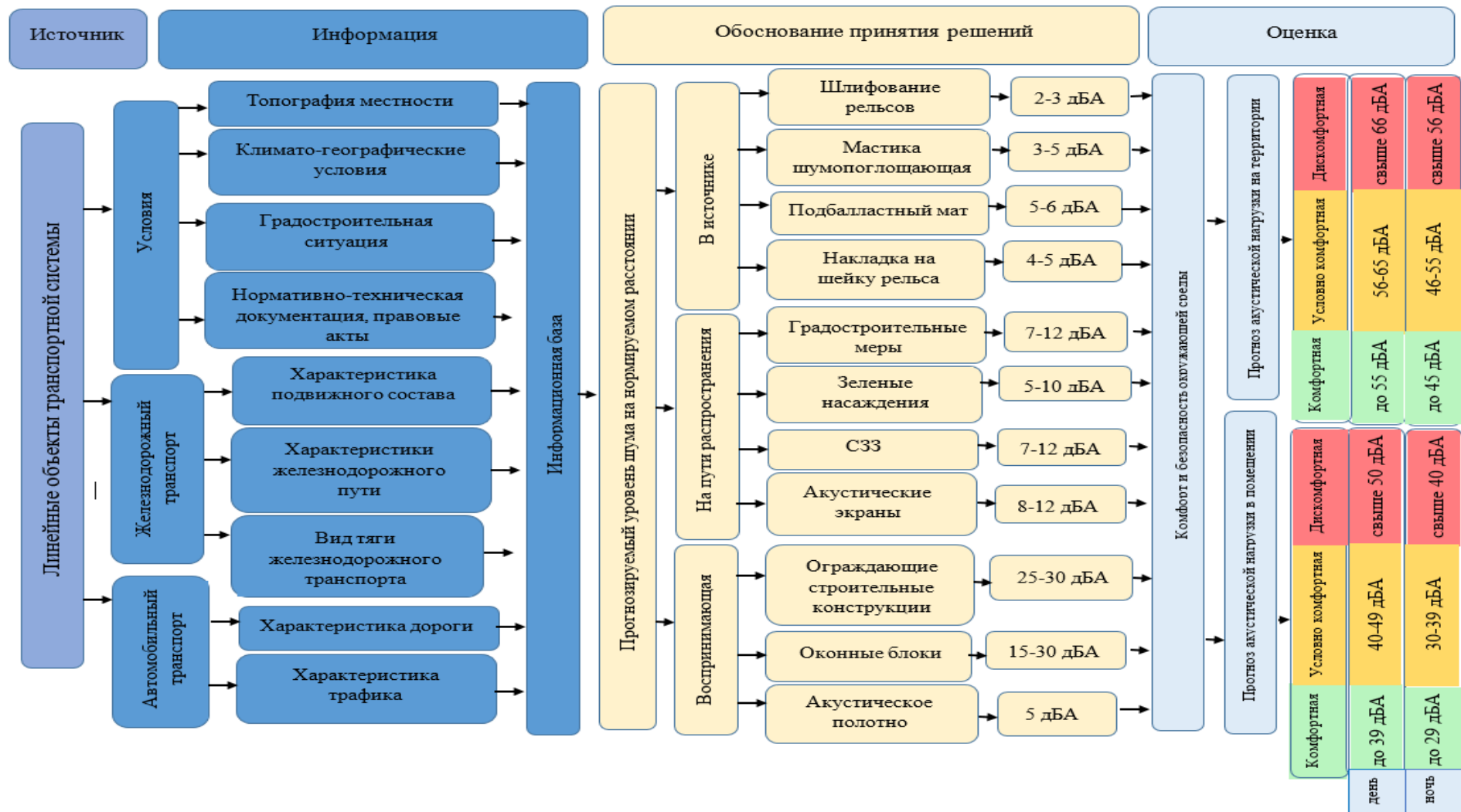


Рисунок 3.22 – Схема технологии оценки комфортности и безопасности окружающей среды в районе расположения линейных объектов транспортных систем

Выводы к 3 главе:

1. Полученные результаты указывают, что АЭ не являются достаточно эффективным средством снижения шума на территории жилой застройки вдоль линейных объектов железнодорожного транспорта в связи с тем, что протяженность акустической тени от АЭ стандартной высоты, расположенных на нормативном расстоянии от источника составляет лишь 40,5 - 45,95 м от места его установки. Ранее проведенными нами исследованиями, установлено, что АЭ в связи с процессами дифференции и дифракции не обладают эффективностью в условиях высокоэтажной застройки. Жилые помещения на третьем и выше этажах не попадают в зону акустической тени.

2. Использование акустических экранов в качестве основного мероприятия по шумозащите малоперспективно на вновь застраиваемых территориях с высокоэтажными жилыми и общественными зданиями, а также 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.

3. Необходимо уделить внимание существующей воспринимающей системе, особенно со сложившейся градостроительной ситуацией, где невозможно создать санитарно-защитные зоны.

4. На эффективность оконных блоков влияет не только количество стекол и камер в оконном блоке, но также и их размер. 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.

5. Предлагаемые к эксплуатации тканевые шторы с плетением типа «вафля», ребром 0,6 мм, глубиной 0,05 мм, плотностью ткани 425 г/м², состав -

полиэстер 100%, и дополнительной огнезащитной отделкой имеют индекс звукоизоляции воздушного шума от транспортного потока позволяют снизить уровень шума на 5 дБ.

б. Разработана схема технологии оценки комфортности и безопасности окружающей среды в районе расположения линейных объектов транспортных систем с использованием методологии оценки риска.

Глава 4 Оценка эффективности мероприятий по снижению негативного воздействия акустического загрязнения городской среды

4.1 Оценка акустической нагрузки от линейных объектов железнодорожного транспорта на основе использования методологии оценки риска

На основе использования методологии оценки риска были рассмотрены подходы к оценке риска акустической нагрузки от линейных объектов железнодорожного транспорта. Это позволит 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 [110], Инструкцией 2.1.8.10-12-3-2005 [115], МР 2.1.10.0059-12 [116].

При проведении оценки риска акустической нагрузки от линейных объектов железнодорожного транспорта была составлена схема проведения оценки, которая включала в себя следующие этапы:

- идентификация опасности;
- оценка воздействия (экспозиции) шума на человека;
- оценка зависимости "доза - ответ";
- характеристика риска.

При расчете риска утраты здоровья населения в условиях акустической нагрузки от линейных объектов железнодорожного транспорта принимались допущения, что индивидуум будет проживать на данной территории в течение 30 лет при суточном воздействии шума в дневное время шестнадцати часов пребывания, ночного восемь часов.

Расчет риска неспецифических эффектов проводился по формуле 4.1[115]:

$$\text{Prob} = -4.5551 + 0.0853 \cdot L_{\text{ЭКВ}} \quad (4.1)$$

где $L_{\text{ЭКВ}}$ - эквивалентный уровень звука, дБ(А);

Prob - величина, связанная с вероятностью (риском) законом нормального вероятностного распределения.

Расчет риска предъявления жалоб проводился по формуле 4.2[115]:

$$\text{Prob} = -6.5027 + 0.0889 \cdot L_{\text{ЭКВ}} \quad (4.2)$$

где $L_{\text{ЭКВ}}$ - эквивалентный уровень звука, дБ(А);

Prob - величина, связанная с вероятностью (риском) законом

Расчет риска специфической патологии проводился по формуле 4.3 [115]:

$$\text{Prob} = -6.6771 + 0.0704 \cdot L_{\text{ЭКВ}} \quad (4.3)$$

где $L_{\text{ЭКВ}}$ - эквивалентный уровень звука, дБА;

Prob - величина, связанная с вероятностью (риском) законом.

Так при полученных при измерении уровней шума от линейных объектов железнодорожного транспорта можно рассчитать ожидаемый уровень звука в помещениях по формуле 4.4 [115]:

$$L_{\text{АЭКВ}}^{\text{ВН}} = L_{\text{АЭКВ}} - \Delta L_1 + \Delta L_{\text{отр}} - \Delta L_2 \quad (4.4)$$

Где $L_{\text{АЭКВ}}^{\text{ВН}}$ - уровень звука внутри помещения;

$L_{\text{АЭКВ}}$ - уровень звука на месте измерений;

ΔL_1 - снижение уровня звука в помещениях зданий с учетом нижней границы доверительного интервала (16 дБ(А));

$\Delta L_{\text{отр}}$ - поправка к замеренному уровню звука на месте измерений за счет отсутствия отраженного от зданий сигнала, $\Delta L_{\text{отр}} = 1,5$ дБА;

ΔL_2 - поправка на этажность здания,

при $n \leq 5$ $\Delta L_2 = 0$;

при $n \geq 5$ $\Delta L_2 = 0,5 (n - 5)$,

где n - этаж зданий.

Пробиты (Prob) рассчитаны по формулам 4.1-4.3 [115], и переведены в вероятность (Risk) с использованием табличного процессора Excel. Результаты представлены в таблицах 4.1- 4.2.

Таблица 4.1 - Потенциальный риск здоровью населения от воздействия шума, при уровне звука в 72,5 дБА, время воздействия 8 часов, продолжительность воздействия 30 лет.

Этаж	Эквивалентный уровень звука, дБА	Риск развития неспецифических эффектов	Риск предъявления жалоб населения	Риск развития специфической патологии
1-5 этаж	58	0,47	0,089	0,00285
6 этаж	57,5	0,45	0,082	0,00063
7 этаж	57	0,44	0,076	0,00056
8 этаж	56,5	0,42	0,069	0,00049
9 этаж	56	0,40	0,064	0,00043
10 этаж	55,5	0,39	0,058	0,00038
11 этаж	55	0,37	0,053	0,00034
12 этаж	54,5	0,36	0,049	0,00030
13 этаж	54	0,34	0,044	0,00026
14 этаж	53,5	0,32	0,040	0,00023
15 этаж	53	0,31	0,037	0,00020
16 этаж	52,5	0,29	0,033	0,00017
17 этаж	52	0,28	0,030	0,00015
18 этаж	51,5	0,27	0,027	0,00013
19 этаж	51	0,25	0,024	0,00012
20 этаж	50,5	0,24	0,022	0,00010
21 этаж	50	0,23	0,020	0,00009
22 этаж	49,5	0,21	0,018	0,00008
23 этаж	49	0,20	0,016	0,00007
24 этаж	48,5	0,19	0,014	0,00006
25 этаж	48	0,18	0,013	0,00005

Потенциальный риск развития неспецифических эффектов, проживающим в данных условия, находится в пределах с 1- 25 этаж в пределах 0,16 - 0,50 и оценивается как опасный.

Таблица 4.2 - Потенциальный риск здоровью населения от воздействия шума, уровне звука в 45 дБА, время воздействия 8 часов, продолжительность воздействия 30 лет.

Этаж	Эквивалентный уровень звука, дБА	Риск развития неспецифических эффектов	Риск предъявления жалоб населения	Риск развития специфической патологии
1-5 этаж	30,5	0,0037	0,000075	0,0000004486
6 этаж	30	0,0033	0,000063	0,0000003747
7 этаж	29,5	0,0029	0,000052	0,0000003125

Продолжение таблицы 4.2

8 этаж	29	0,0025	0,000043	0,0000002604
9 этаж	28,5	0,0022	0,000036	0,0000002166
10 этаж	28	0,0019	0,000030	0,0000001801
11 этаж	27,5	0,0017	0,000025	0,0000001495
12 этаж	27	0,0015	0,000020	0,0000001239
13 этаж	26,5	0,0013	0,000017	0,0000001026
14 этаж	26	0,0011	0,000014	0,0000000849
15 этаж	25,5	0,0010	0,000011	0,0000000701
16 этаж	25	0,0008	0,000009	0,0000000579
17 этаж	24,5	0,0007	0,000008	0,0000000477
18 этаж	24	0,0006	0,000006	0,0000000393
19 этаж	23,5	0,0005	0,000005	0,0000000323
20 этаж	23	0,0005	0,000004	0,0000000265
21 этаж	22,5	0,0004	0,000003	0,0000000217
22 этаж	22	0,0003	0,000003	0,0000000178
23 этаж	21,5	0,0003	0,000002	0,0000000146
24 этаж	21	0,0002	0,000002	0,0000000119
25 этаж	20,5	0,0002	0,000001	0,0000000097

Потенциальный риск развития неспецифических эффектов, проживающим с 1- 25 этаж в данных условия, меньше 0,05 и оценивается как приемлемый. Потенциальный риск предъявления жалоб населением, проживающим с 1- 25 этаж в данных условия, меньше 0,02 и оценивается как приемлемый. Потенциальный риск развития специфической патологии, проживающим с 1- 25 этаж в данных условия, (Risk <0,00001). Потенциальный риск развития специфической патологии среди населения практически отсутствует.

На основе экспериментальных данных разработана и утверждена электронная база данных «Величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019622091, дата поступления 06.11.2019; регистрация права в реестре баз данных: 15.11.2019), а также электронная база данных «Величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019622092, дата поступления 06.11.2019; регистрация права в

реестре баз данных: 15.11.2019), которые используются при оценке комфортности и безопасности окружающей среды.

На основе экспериментальных данных разработана и утверждена программа для ЭВМ расчет рисков здоровью населения при акустическом воздействии (свидетельство о государственной регистрации базы данных № RU2019664495, дата поступления 23.10.2019; регистрация права в реестре баз данных: 07.11.2019), которая используется для определения показателя характеристики безопасности окружающей среды по показателю акустической нагрузки.

4.2 Социальная и экономическая эффективность

Безопасные условия проживания на территориях городов и агломераций в районе развитой транспортной инфраструктуры должны предусматривать мероприятия защищающие психологическое, физическое и ментальное здоровье человека.

Длительное акустическое воздействие может вызвать экстрауральные патологические изменения к которым относятся изменения сердечно сосудистой системы, снижение скорости реакции и внимания человека. Важно предусмотреть все указанные нюансы в экономическом обосновании.

Проведенные исследования показали, что 64,4% участников опроса отметили негативные психологические эффекты шума, а 72% считают, что эффективное шумоподавление значительно повышает качество их работы. В 17% случаев шум привел к головной боли, плохому сну и аппетиту. Лишь 13,6% опрошенных не заметили связи между шумом и самочувствием.

Экономическая оценка годового ущерба от шума, наносимого населению ($t. Y_t$) представляет собой стоимостную оценку социального ущерба, вызываемого воздействием шума на население. Она учитывает, прежде всего, экономические потери, связанные с ухудшением здоровья людей и понижением их работоспособности вследствие воздействия шума, и может быть ориентировочно определена по формуле 4.5 [117]:

$$Y_t = Y_{tд} + Y_{tn} = \sum_{L=25}^{L_n^{max}} A(L) \cdot N_n(L) + \sum_{L=25}^{L_d^{max}} B(L) \cdot N_d(L), \quad (4.5)$$

где L_n^{max} , L_d^{max} – максимальные эквивалентные уровни звука за длительный период ночного и дневного времени, соответственно, дБА [117];

$N_n(L)$ – число людей, проживающих в помещениях, в которых эквивалентный уровень ночных шумов имеет значение между целыми числами L и $L+1$, $L \leq L_n < L + 1$ [117];

$N_d(L)$ – число людей, проживающих в помещениях, в которых эквивалентный уровень дневных шумов имеет значение между целыми числами L и $L+1$, $L \leq L_d < L + 1$; [117]

$A(L)$, $B(L)$ – показатели экономического ущерба вызванного пребыванием человека в помещении с уровнями, соответственно, ночных и дневных шумов в пределах от L до $L+1$, определяемые по таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Показатели экономического ущерба вызванного пребыванием человека в ночное и дневное время суток в помещении с уровнями с различными уровнями шума

Уровень шума, L , дБ(А)	Экономический ущерб вызванный пребыванием человека в помещении с уровнем шума L , в ночное время, $A(L)$, руб./чел. год	Экономический ущерб вызванный пребыванием человека в помещении с уровнем шума L , в дневное время, $B(L)$, руб./чел. год
25	301	148
30	2 561	890
35	6 361	1 880
40	12 741	3 289
45	23 461	5 268
50	41 501	8 062
55	71 861	12 019
56		12 984
60		17 608
65		25 522
70		36 701
75		52 504

Экономическая оценка годового ущерба от шума, наносимого населению проживающему в 5 домах серии 1-528, при повышенном уровне шума на границах условно-комфортный составит в год:

$$У_t = 35\,832\,557 \text{ рублей.}$$

В ОАО «РЖД», реализуются различные проекты по снижению шумового воздействия на окружающую среду, одним из таких проектов является программа по снижению уровня шума от подвижного состава, в рамках которого ежегодно проводятся мероприятия по установке шумозащитных экранов и замене окон в домах, находящихся вблизи железной дороги [118-120]. С 1998 года на Октябрьской железной дороге в рамках проектов строительства и реконструкции установлено более 41 км шумозащитных экранов [119].

В рамках проекта предпочтение отдается установке шумозащитных экранов и в меньшей степени замене окон в жилых домах, за все время работы данной программы установлено чуть более 160 окон на стеклопакеты с повышенной шумоизоляцией в жилых домах, находящихся в непосредственной близости от железнодорожного пути.

Для определения рыночной стоимости шумозащитных акустических экранов был проведен анализ цен на материалы и работы. Источником информации о расценках являлись прайс-листы коммерческих организаций, находящихся в открытом доступе, анализ позволил выявить средние цены на материалы по представленным характеристикам, а также выявить средние рыночные цены на строительные услуги фирм.

Средние рыночные цены на работы, услуги и применяемые материалы определялись на основании ценовых предложений различных компаний по формуле 4.6[121]:

$$Ц_{\text{ср.рын.}} = \sum \frac{Ц_i}{n}, \quad (4.6)$$

где $Ц_{\text{ср.рын.}}$ – средняя рыночная цена на отдельные виды работы и материалы [121]

$\sum C_i$ – сумма значений рыночных ценовых предложений компаний на отдельные работы и материалы [121];

n – количество рыночных ценовых предложений компаний на отделочные работы и материалы.

Для расчета экономической эффективности определили среднюю стоимость для 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. Итого к замене в 5 домах требуется 500 оконных блоков.

В таблицах 4.4 – 4.5 представлены расчеты стоимости работ и материалов по установке акустических экранов и оконных блоков.

Таблица 4.4 – Расчет стоимости работ и материалов по установке акустических экранов.

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Цены строительных компаний, руб.			Средняя рыночная цена, руб.	Всего руб.
				СК №1	СК №2	СК №3		
1	Изготовление экранов	м ²	2 500	5900	6400	6000	6 100	15 250 000
2	Устройство бетонной подготовки, бетон	м ³	500	5500	6600	8300	6 800	3 400 000
3	Устройство монолитных железобетонных ростверков и перемычек	м ³	500	3300	3800	3500	3 700	1 850 000
4	Арматура	т	83,5	52000	51000	47000	50000	4 175 000
5	Бетон	м ³	83,5	3300	4200	5700	4400	367 400
6	Изготовление стоек	т	83,5	45000	30000	36000	37000	3 089 500
7	Доставка экранов	м ²	2500	650	530	620	550	1 500 000
8	Монтаж стоек	т	83,5	11000	18000	13000	14000	1 169 000
9	Монтаж экранов	м ²	2500	690	700	650	680	1 700 000
Итого								32 500 900

Таблица 4.5 – Расчет стоимости работ и материалов по установке оконных блоков.

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Цены строительных компаний, руб.			Средняя рыночная цена, руб.	Всего руб.
				СК №1	СК №2	СК №3		
1	Изготовление окон	шт	500	33000	35000	37000	35000	17 500 000
2	Подоконники	шт	500	440	460	360	420	210 000
3	откосы	шт	500	2400	2600	2500	2500	1 250 000
4	водоотливы	шт	500	190	150	260	200	100 000
5	Доставка окон	шт	500	400	450	520	500	210 000
6	Монтажные работы	шт	500	3300	2700	3900	3300	1 650 000
Итого								20 970 000

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 более выгодны и предпочтительнее. 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.

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 литературы

1. Распоряжение Правительство Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. №3363-р. — Москва. «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». [Электронный ресурс] — Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 03.12.2021, N 0001202112030006 Собрание законодательства Российской Федерации, N 50 (ч.IV), 13.12.2021, ст.8613 — 285 с. — URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577> (дата обращения 17.01.2022).
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. — М.: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2022. — 684 с.
3. Шаде, Вольфганг Транспортный шум вызов устойчивой мобильности / Вольфганг Шаде // Международный журнал социальных наук. — 2004 — № 46 — С. 127-145.
4. Babisch, W., Ising, H. U., Kruppa, B., Wiens, D. The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise - the Berlin case-control studies // Environment International. 1994. V. 20. N 4. P. 469-474.
5. Ising, H., Babisch, W., Giinther, B., Kruppa, B. Risikoerhöhung für Herzinfarkt durch chronischen Lärmstre B // Zeitschrift für Lärmbekämpfung. 1997. V. 44. P. 1 - 7.
6. Европейское руководство по контролю ночного шума / Всемирная орг. здравоохранения, Европейское региональное бюро. - Copenhagen: Всемирная орг. здравоохранения, Европейское региональное бюро, cop. 2014, 207 с.: ISBN 978-92-890-5012-8.
7. Европейское руководство по контролю шума/ Всемирная орг. здравоохранения, Европейское региональное бюро. - Copenhagen: Всемирная орг. здравоохранения, Европейское региональное бюро, cop. 2018. 181 с. ISBN:978-92-890-5356-3.

8. Neus, H., Boikat, U., Manikowsky, S., Kappos, A. Vergleich zwischen verkehrsbedingten Larm- und Luftverschmutzungsfolgen: Der Beitrag der Umweltepidemiologie zu Risikoabschätzungen // Bundesgesundheitsblatt. 1995. V. 38. N 4. P. 146 - 150.
9. Future noise policy European commission Green Paper, "Noise/NEWS International". – vol.5. – N 2. – 1997, June . – pp.77-98.
10. Haines, M.M. Qualitative responses of children to environmental noise/ M.M. Haines, S. Brentnall, S.A. Stansfeld, E. Klineberg // Noise & Health. – vol. 5 – N 19 – 2003
11. Preis, A. The annoyance scale of different rail noises / Anna Preis, Antoni Sobucki, Truls Gjestland and Barbara Griefahn // Inter-Noise 2007 (Istanbul, Turkey 28-31 August 2007). – Istanbul, 2007.
12. Barbaro, S. City-railway noise: assessment of the noise climate along arailway network in the urban area of Palermo (Italy) / S. Barbaro, R. Caracausi, B. Chaix, R. Chinesi // The 9th International Congress on Sound and Vibration (ICSV9) (Orlando, USA 08-11 July 2002). –Orlando, 2002.
13. Hirzel Verlag, S. Experimental Investigation of Noise Annoyance Caused by High-speed Trains / S. Hirzel Verlag // Acta Acustica united with Acustica. – 2007. – Vol. 93. – P. 589-601.
14. Moehler, U. Differences between railway and road traffic noise / U. Moehler, M. Liepert, R. Schuemer, and B. Griefahn // Journal of Sound and Vibration. – USA, 2000. – Vol. 231(3). – P. 853-864.
15. Kudrna, M. Methodology to predict Loudnessimpact of rail noise /Monika Kudrna, Manfred Kalivoda // 5th International Symposium Transport Noise and Vibration (St. Petersburg, Russia, June 2000). – St.Petersburg, 2000.
16. Northwood, T.D. Residential Planning with Respect to Road and Rail Noise / T.D. Northwood, J.D. Quirt and R.E. Halliwell // Noise control engineering. – USA, 1979. – Vol. 13. – №2.

17. Tetsumi, S. The effect of vibration on railway noise annoyance / Sato Tetsumi // Third international congress on air-and structure-borne sound and vibration (Montreal, Canada, June 1994). – Montreal, 1994. – P. 627-632.

18. Гирнау, Г. Проблемы борьбы с шумом на железных дорогах / Г. Гирнау // Железные дороги мира. – 1979. – №1. – С. 43-48.

19. Брауне, В. Оценка воздействия вибраций от железнодорожного транспорта / В. Брауне // Железные дороги мира. – 1985. – № 8. – С. 70-74.

20. Краснова, М.А. Полный справочник санитарного врача [Электронный ресурс] / М.А. Краснова [и др.]. — Москва: Научная книга, 2013. — 950 с. — URL: http://velib.com/read_book/krasnova_marina_alekseevna/polnyjj_spravochnik_sanitarnogo_vracha/chast_1_gigiena_i_sanitarija_okruzhajushhejj_sredy/glava_1_sanitarnaja_okhrana_okruzhajushhejj_sredy_naselennykh_mest/shum_v_selitebnoj_zone/ (дата обращения 15.04.2019)

21. Постановление Правительства Москвы «О концепции снижения уровней шума и вибрации в городе Москве» от 16 октября 2007 г. № 896-ПП.

22. Минина, Н.Н. Проблема снижения акустического воздействия на жилую застройку при проектировании, строительстве и функционировании транспортных сооружений: дис. ... доктора тех. наук: 01.04.06/ Минина Наталья Николаевна – СПб, 2012. – 350 с.

23. Ellis, P. Шум и защита слуха. Оглушающая доза. (Noise and Hearing Protection adeafening goze.)/ P. Ellis, E. Cookson // Safety and Health Pract. – 14, (4) . – 1996. – С. 39-41, (РЖ «Шум»). — 1997. — №3. — 3.99.0427).

24. Шуплецова, М. С. Влияние шума на здоровье школьников / М. С. Шуплецова, Е. В. Калинкина. — Текст : непосредственный // Юный ученый. — 2019. — № 7 (27). — С. 51-53. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/27/1621/> (дата обращения 17.01.2022).

25. Геворгян, Н. Г. Влияние звуков и шумов на человека / Н. Г. Геворгян, Н. Г. Геворгян, К. Н. Михайлова [и др.]. — Текст :

непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 31 (217). — С. 40-42. — URL: <https://moluch.ru/archive/217/52237/> (дата обращения 17.01.2022).

26. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утв. 28 января 2021 г № 2 [Электронный ресурс] - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения 17.01.2022)

27. ГОСТ 17187-2010 (ИЕС 61672-1:2002). Шумомеры. Часть 1. Технические требования: утв. 15 декабря 2011 г. № 1570-ст [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200089173?section=text> (дата обращения 25.08.2020)

28. 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.

29. Афанасьева, Т.А. Геоэкологические проблемы акустического воздействия на территории жилой застройки / Т.А. Афанасьева // Матер. XXXIV Междунар. науч.-практич. конфер. «Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах Европы и Азии» – 2020. - №10 (331). – С.46-51.

30. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года) [Электронный ресурс] – Доступ официальный интернет-портал правовой информации - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202210060013> (дата обращения 18.10.2021).

31. Российская Федерация. Законы. Гражданский кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 30 ноября 1994 года, № 51-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/ (дата обращения 18.10.2021).

32. Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 25 октября 2001 года, N 136-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения 18.10.2021).

33. Российская Федерация. Законы. Жилищный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 29 декабря 2004 года, N 188-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/ (дата обращения 18.10.2021).

34. Российская Федерация. Законы. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 21 ноября 2011 года, N 323-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения 18.10.2021).

35. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 29 декабря 2004 года, N 190-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901919338?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

36. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: федер. закон от 10 января 2002 года, №7-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 18.10.2021).

37. Российская Федерация. Законы. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (с изменениями на 11 июня 2021 года) [Электронный ресурс] : федер. закон от 30 марта 1999 года, N 52-

ФЗ ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения 18.10.2021).

38. Российская Федерация. Законы. О кадастровой деятельности (с изменениями на 11 июня 2021 года) [Электронный ресурс] : федер. закон от 24 июля 2007 года , N 221-ФЗ – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/ (дата обращения 18.10.2021).

39. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : федер. закон от 30 декабря 2009 года, № 384-ФЗ – Доступ официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102135277> (дата обращения 18.10.2021).

40. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.05.2021 № 815 "Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона " Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" [Электронный ресурс] – Доступ официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202105310010> (дата обращения 17.01.2022).

41. Копытенкова, О.И. К обоснованию совершенствования нормирования шумов от железнодорожного транспорта на селитебной территории / О.И. Копытенкова, Н.А. Мозжухина, Г.Б. Еремин, В.А. Никонов, А.Ю. Ломтев, А.В. Шмитько, // эл. сб. науч. трудов IV Всероссийской заочной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70 летию з.д.н. РФ, академика РАЕН, д.м.н., профессора В.В. Семёновой – 2018 – С. 87-93

42. 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.

43. 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.

44. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий: утв. 28 января 2021 г № 3 [Электронный ресурс] - Доступ официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102050027> (дата обращения 17.01.2022).

45. Свод правил. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменениями N 1, 2) : утв. 28 декабря 2010 г. № 825 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения 20.01.2022).

46. Свод правил. СП 276.1325800-2016 Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. Приказ Минстроя РФ от 03.12.20216 № 893/пр. [Электронный ресурс] – - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050585> (дата обращения 20.01.2022).

47. Свод правил. СП 31-107-2004 Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий: утв. 12 мая 2004 г. № 03

[Электронный ресурс] – Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200038763?section=text> (дата обращения 25.08.2020).

48. Свод правил. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные СНиП 31-01-2003 : утв. 03 декабря 2016 г. № 883/пр [Электронный ресурс] – Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054198> (дата обращения 25.08.2020).

49. ГОСТ 23166-2021. Конструкции оконные и балконные светопрозрачные ограждающие. Общие технические условия: утв. 19 мая 2021 г. № 398-ст [Электронный ресурс] – Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/12001796605?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

50. Иванов, Н.И. Акустические экраны для снижения шума в жилой застройке/ Н.И. Иванов, Н.Г. Семенов, Н.В. Тюрина// Журнал Безопасность жизнедеятельности – СПб – №S4 – 2012 – С. 1-24

51. Семенов, Н.Г. Снижение шума в жилой застройке акустическими экранами: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 01.04.06/ Николай Геннадьевич Семенов – Санкт-Петербург, 2013. - 25 с.

52. Технический регламент Таможенного союза. ТР ТС 001/2011 О безопасности железнодорожного подвижного состава [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://kodeks.karelia.ru/api/show/902293438> (дата обращения 11.04.2022)

53. Технический регламент Таможенного союза. ТР ТС 002/2011 О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта (с изменениями на 14 сентября 2021 года) [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс.

– URL: <https://docs.cntd.ru/document/902293437?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

54. Российская Федерация. Законы. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: федер. закон от 27 декабря 2002 года N 184-ФЗ (с изменениями на 2 июля 2021 года) (редакция, действующая с 23 декабря 2021 года) - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836556?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

55. ГОСТ 32203-2013 (ISO 3095:2005). Железнодорожный подвижной состав. Акустика. Измерение внешнего шума (Переиздание) [Электронный ресурс] – Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108261?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

56. ГОСТ Р 50951-96. Внешний шум магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы измерений). – Утв. 24 сентября 1996 г. № 582 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200026060?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

57. ГОСТ 31187-2011. Тепловозы магистральные. Общие технические требования (с Изменением N 1). – Утв. 15 марта 2011 г. № 46 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200090039?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

58. ГОСТ 31428-2011. Тепловозы маневровые с электрической передачей. Общие технические требования (с Изменением N 1). – Утв. 12 мая 2011 г. № 39 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200085887?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

59. ГОСТ Р 56286-2014. Локомотивы маневровые, работающие на сжиженном природном газе. Общие технические требования (с Поправками).

– Утв. 26 ноября 2014 г. № 1928-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс.
– URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116224?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

60. ГОСТ Р 55364-2012. Электровозы. Общие технические требования. – Утв. 19 декабря 2012 г. № 1916-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. –URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097388?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

61. ГОСТ 32206-2013. Специальный железнодорожный подвижной состав. Внешний шум. Нормы и методы определения. – Утв. 27 июня 2013 г. № 57-П [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108028?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

62. ГОСТ 10935-2019. Вагоны грузовые крытые. Общие технические условия». – Утв. 26 февраля 2019 г. № 57-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200162780?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

63. ГОСТ 34681-2020. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. – Утв. 22 октября 2020 г. № 904-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/56635679?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

64. Санитарные правила. СП 2.5.3650-20 Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры. – Утв. 16 октября 2020 № 30 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566406892?section=text> (дата обращения 17.01.2022)

65. ГОСТ 33325-2015. Шум. Методы расчета уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом (с Поправкой, с Изменением N 1). – Утв. 18 июня 2015 г. № 47 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60732/> (дата обращения 25.08.2020)

66. ГОСТ 33328-2015. Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Методы контроля. – Утв.:18 июня 2015 г. № 47 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124233?section=text> (дата обращения 25.08.2020)

67. ГОСТ 33329-2015. Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования. – Утв. 18 июня 2015 г. № 47 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124234?section=text> (дата обращения 25.08.2020)

68. Куклин, Д.А. Влияние шлифования рельсов на внешний шум поездов/ Д.А. Куклин, П.В. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук –2014. – Т. 16. №1(7). – С. 1899 – 1907.

69. Куклин, Д.А. Проблема снижения внешнего шума поездов в источнике и на пути распространения: автореферат дис. ... доктора технических наук: 01.04.06/ Куклин, Денис Александрович – Санкт-Петербург, 2016. - 48 с.

70. ГОСТ 4835-2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия (с Поправками). – Утв. 08 ноября 2013 г. № 1421-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200106233?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

71. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Приказ Минтранса РФ от 21.12.2010 г. № 286 (С изменениями и дополнениями. Регистрация Минюста РФ от 28.12.2011 г. № 19627. Редакция

от 25.12.2018 г.). [Электронный ресурс] - URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintransa-rf-ot-21122010-n-286> (дата обращения 01.03.2021)

72. Методические указания. МУК 4.3.3722-21 Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. – Утв. 27 декабря 2021 г [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/727896915?section=text> (дата обращения 17.01.2022).

73. ГОСТ 31296.2-2006 (ИСО 1996-2:2007). Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления (с Поправкой). – Утв. 4 марта 2008 г. № 30-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200062369?section=text> (дата обращения 25.08.2020).

74. ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. – Утв. 18 ноября 2014 г. № 1640-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114240> (дата обращения 18.10.2021).

75. Иванов, Н.И. Снижение шума подвижного состава железнодорожного транспорта в источнике образования и на пути распространения/ Н.И. Иванов, Д.А. Куклин, П.В. Матвеев, А.Ю. Олейников// ЗАЩИТА ОТ ПОВЫШЕННОГО ШУМА И ВИБРАЦИИ, Сборник докладов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. под редакцией Н.И. Иванова. – Санкт-Петербург – 2015 – С.125-144

76. Афанасьева, Т.А. Транспортный шум как фактор риска при формировании комфортной городской среды / Т.А. Афанасьева, Л.А. Леванчук // Матер. II Междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы

обеспечения безопасности» - г. Уфа: ФГБОУ ВО УГАТУ. – 8 апреля 2020. – С.257-259

77. 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.

78. 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. - том 98 №6. – С.671-676.

79. 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.

80. Осипов, Г.Л. Градостроительные меры борьбы с шумом/ Г.Л. Осипов, Б.Г. Прутков, И.А. Шишкин, И.Л. Карогодина – М.: Стройиздат, 1975. – 215 с. (Защита окружающей среды).

81. Осипов, Г.Л. Защита зданий от шума / Г. Л. Осипов – М.: Стройиздат, 1972 г. —216 стр.

82. Хасс, Р.Р. Метод расчета шума от потоков железнодорожного транспорта: дис.... кандидата технических наук : 01.04.06 / Хасс Регина Робертовна - Москва, 2013. - 137 с.

83. Поспелов, П.И. Прогнозирование и расчет транспортного шума и средств защиты при проектировании автомобильных дорог: диссертация ... доктора технических наук: 05.23.11/ Поспелов Павел Иванович - Москва, 2003. - 392 с.

84. Бечина, Д.Н. Древесно-кустарниковая растительность в городских условиях и ее влияние на снижение шума от автотранспорта: На примере

города Саратова: дис...кандидата биологических наук: 03.00.16/ Бечина Диана Николаевна - Саратов, 2006. - 169 с.

85. Abu-Baker, A. D The Effectiveness of The Green Carrier as a Traffic Noise Barrier/ Arch. Diana Abu-Baker, ReemYasir, May Horani, RizeqHammad// International Journal of Civil & Environmental Engineering. - IJCEE-IJENS - Vol:17 No:02(2017). - P 19-26.

86. Stewart, J. Why Noise Matters: A Worldwide Perspective on the Problems, Policies and Solutions/ J. Stewart// New York: Earthscan. - 2011. - P 174.

87. Lai, F. O. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation/ Fern Ow Lai, S. Ghosh// Science Direct. Elsevier. Applied Acoustics - №120(2017). - P 15–20.

88. Свод правил. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Изменениями N 1, 2). – Утв. 30 декабря 2016 г. № 1034/пр [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054209?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

89. Шубин, И.Л. Акустический расчет и проектирование конструкций шумозащитных экранов : дис.... доктора технических наук : 05.23.01 / Шубин Игорь Любимович; - Москва, 2011. - 331 с.

90. Тюрина, Н.В. Решение проблемы снижения шума на селитебных территориях и рабочих местах в помещениях акустическими экранами: диссертация ... доктора технических наук: 01.04.06/ Тюрина, Наталья Васильевна – Санкт-Петербург, 2015. - 321 с.

91. Иванов, Н.И. Защита от шума и вибрации/ Н.И. Иванов. – Издательство «НИЦ АРТ», 2017. – 268 с.

92. Аистов, В.А. Исследования влияния формы шумозащитного экрана на его акустическую эффективность // Аистов В.А., Шубин И.Л.// Журнал АСАДЕМІА. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО –2009 – №5 – С. 200-208.

93. ГОСТ 32958-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Экраны акустические. Методы контроля. – Утв. 09 сентября 2015 г. № 1296-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124425?section=text> (дата обращения 25.08.2020).

94. ГОСТ 32957-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Экраны акустические. Технические требования. – Утв. 09 сентября 2015 г. № 1295-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124424?section=text> (дата обращения 25.08.2020).

95. Титова, Т.С. Об объективной оценке акустического воздействия/ Т.С. Титова, О.И. Копытенкова, Д.Е. Курепин // Журнал Железнодорожный транспорт –№5 –2017 – С.75-77

96. Копытенкова, О.И. Геоэкологическая оценка применения акустических экранов для защиты селитебной территории при транспортировке полезных ископаемых железнодорожным транспортом/ О.И. Копытенкова, Д.Е. Курепин, Е.В. Верещагина // Журнал Бюллетень результатов научных исследований – 2016. – № 3-4 (20-21). –С. 36-43.

97. 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.

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

99. ГОСТ 27296-2012. Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций (с Поправкой). – Утв. 27 декабря 2012 г. № 2164-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103111?section=text> (дата обращения 27.09.2016).

100. 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.

101. 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.

102. 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.

103. ГОСТ 9238-2013. Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений (с Поправками). – Утв. 22 ноября 2013 г. № 1608-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103111?section=text> (дата обращения 25.08.2020).

104. Свод правил. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (с Изменениями N 1, 2). – Утв. 30 июня 2012 г. № 266 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд

правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095524?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

105. Свод правил. СП 338.1325800.2018 Защита от шума для высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства. – Утв. 05 февраля 2018 г. № 69/пр [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/557350548?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

106. Свод правил. СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003314?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

107. ГОСТ 19330-2013. Стойки для опор контактной сети железных дорог. Технические условия (с Изменением N 1). – Утв. 08 ноября 2013 г. № 1480-пр [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108025?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

108. Распоряжение ОАО "РЖД" от 08.11.2016 N 2240р (ред. от 23.08.2018) "О нормах допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм" [Электронный ресурс] - URL: <https://cssrzd.ru/orders/2240.docx> (дата обращения 18.10.2021).

109. Свод правил. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2, 3). – Утв. 27 декабря 2010 г. № 782 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084087?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

110. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий (с Поправкой). – Утв. 30 сентября 2014 г. № 70-П [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения 25.08.2020).

111. ГОСТ Р ИСО 10140-1-2012. Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий. Часть 1. Правила испытаний строительных изделий определенного вида. – Утв. 29 ноября 2012 г. № 1383-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097756?section=text> (дата обращения 02.04.2017).

112. ГОСТ Р ИСО 10140-2-2012. Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий. Часть 2. Измерение звукоизоляции воздушного шума. – Утв. 29 ноября 2012 г. № 1383-ст [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097757?section=text> (дата обращения 02.04.2017).

113. ГОСТ 26602.3-2016. Блоки оконные и дверные. Метод определения звукоизоляции. – Утв. 29 марта 2016 г. N 86-П [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200137146?section=text> (дата обращения 02.04.2017).

114. 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.

115. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 20 от 22.02.2005. Об утверждении Инструкции 2.1.8.10-12-3-2005 "Оценка риска здоровью населения от воздействия шума в условиях населенных мест".

116. Методические рекомендации. МР 2.1.10.0059-12 Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума от 23 марта 2012 [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095849?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

117. Отраслевой дорожный методический документ. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. – Утв. 13.12.2012 г. N 995-р [Электронный ресурс] - Доступ электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096658?section=text> (дата обращения 18.10.2021).

118. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2030 года [Электронный ресурс] - URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=958> (дата обращения 18.10.2021).

119. РЖД ищут и находят возможности снижения шумового воздействия на окружающую среду / Журнал Гудок [Электронный ресурс] – 2022- 20 января. - URL: <https://gudok.ru/news/?ID=1592714> (дата обращения 17.01.2022).

120. Меры по борьбе с шумовым воздействием. Социальная ответственность. [Электронный ресурс] - URL: <https://company.rzd.ru/ru/9386/page/103290?id=17517> (дата обращения 17.01.2022).

121. Приказ Минстроя России от 04.08.2020 N 421/пр "Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации" (Зарегистрировано в Минюсте России 23.09.2020 N 59986) [Электронный ресурс] - Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс. –

URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_362957/991a833228f059bd90820_saa2eea45b6172f0d48/ (дата обращения 17.01.2022).

Приложение А

Место проведения: Поселок Белоостров, Новое шоссе, д.2

Условия: измерения проводились при следующих метеорологических условиях: температура воздуха $t = 1...5$ °С; относительная влажность воздуха 74....89%; атм. давление 758....766 мм. рт. ст.; скорость ветра 1....4 м/с.

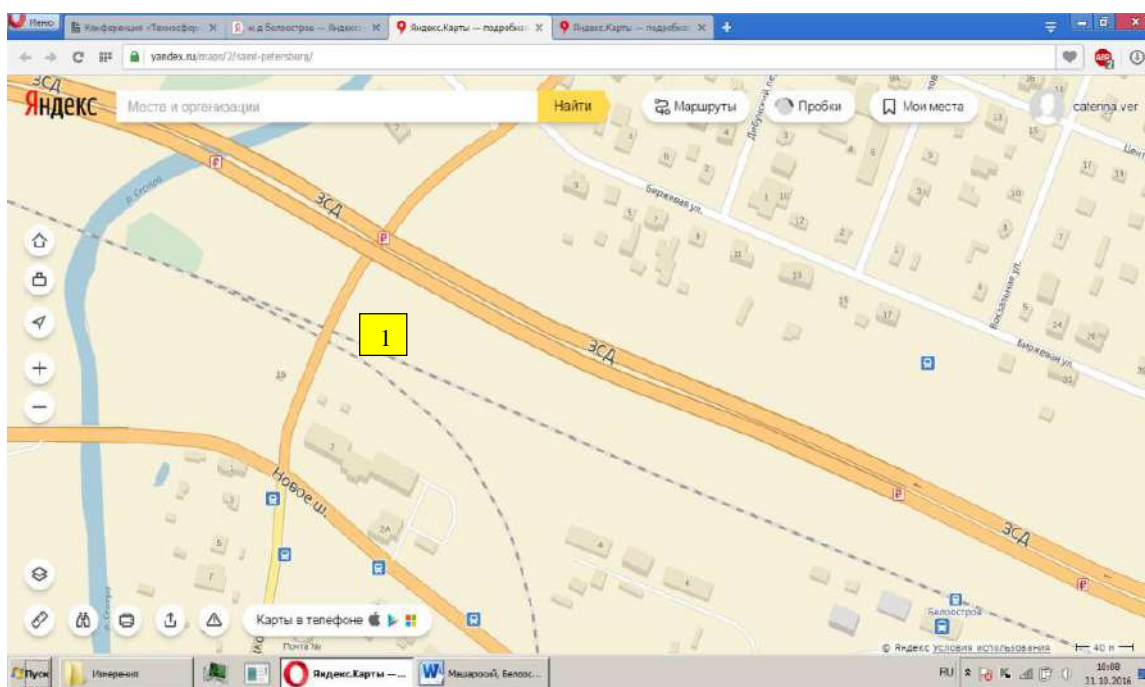


Рисунок А.1 – Место проведение измерений в поселке Белоостров



Рисунок. А.2 – Объекты железнодорожного транспорта от которых производились натурные измерения

Таблица А.1 - Результаты натуральных измерений спектральных характеристик шума от объектов ж.д. транспорта с расчетом неопределенности

Тип поезда, время, разгон, торможение, ровный участок (или автотранспортный поток)	Время проезда поезда мимо измерительной точки t_s , с	Скорость движения поезда v , км/ч	Максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА	Пиковый уровень звука L_{peak} , дБА	Эквивалентный уровень звука L_{Aeq} , дБА	Октава со средними геометрическими частотами, Гц								
						31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
						Эквивалентные уровни звукового давления, L_{eq} окт дБ								
Фон			77,5		53,3									
Пригородные электропоезда:														
1.1 Электропоезд на г. Выборг; 8 вагонов; разгон	8,3	68	71,5	85,3	63,2	65,1	67,9	67,5	60,2	61,3	64,3	63,1	58,4	41,3
1.2 Электропоезд на СПб; 8 вагонов; торможение	8,0	73	70,7	84,5	65,7	67,1	66,8	62,2	62,4	61,8	60,3	60,7	57,7	40,8
1.3 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	7,7	64	71,0	83,1	62,7	66,0	67,5	67,1	62,3	64,2	63,8	63,4	60,3	43,2
1.4 Электропоезд на СПб; 8 вагонов; торможение	8,1	72	73,2	88,4	68,6	70,3	70,2	68,3	65,6	64,8	63,3	62,5	60,5	48,3
1.5 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	7,5	66	72,2	86,2	63,5	65,5	66,9	65,7	62,3	63,2	61,5	61,0	58,3	43,8
1.6 Электропоезд на СПб; 8 вагонов; торможение	7,8	64	71,1	83,4	63,8	65,3	64,9	66,3	61,5	62,3	61,0	60,4	60,0	44,4
1.7 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	8,0	62	72,5	85,5	64,0	66,3	66,5	67,0	62,7	63,6	60,4	59,8	58,7	45,6
1.8 Электропоезд на СПб; 8 вагонов; торможение	7,9	66	71,3	84,2	64,3	65,7	65,8	64,8	61,7	62,3	60,4	60,3	58,7	44,3
1.9 Электропоезд на СПб; 8 вагонов; торможение	8,1	72	72,3	83,1	62,7	63,4	64,3	65,2	63,1	62,7	61,5	58,4	57,5	42,3

Продолжение таблицы А.1

1.10 Электропоезд на СПб; 6 вагонов торможение	6,3	67	71,9	87,7	63,4	64,2	63,1	65,0	64,8	63,0	62,4	61,3	58,8	41,7
1.11 Электропоезд на СПб; 8 вагонов торможение	7,5	66	74,8	88,8	70,7	75,2	75,4	72,5	62,6	69,3	70,8	69,7	61,5	46,2
1.12 Электропоезд на СПб; 8 вагонов торможение	7,5	55	73,2	83,1	65,4	68,7	66,2	57,3	63,2	65,1	64,5	64,3	56,3	40,9
1.13 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	7,8	68	71,8	85,0	64,3	65,3	65,2	65,8	64,3	63,5	62,0	61,7	55,5	44,7
1.14 Электропоезд на СПб; 6 вагонов; торможение	7,6	53	74,3	85,6	64,2	65,8	65,3	61,0	62,8	62,3	60,3	60,4	58,8	43,2
1.15 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	8,1	64	72,5	86,7	63,0	65,7	65,8	65,8	62,8	63,7	63,5	60,4	58,7	44,4
1.16 Электропоезд на Выборг; 6 вагонов; разгон	7,8	67	73,6	85,2	65,5	66,3	65,3	66,3	62,4	63,4	62,2	61,3	59,4	41,2
1.17 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	8,0	65	71,4	86,6	64,8	66,0	66,2	65,7	64,0	62,7	60,5	58,7	57,4	42,4
1.18 Электропоезд на Выборг; 8 вагонов; разгон	7,9	65	74,9	89,2	63,9	65,4	66,0	63,2	63,4	62,4	61,3	60,7	55,3	46,8
1.19 Электропоезд на СПб; 8 вагонов торможение	7,8	75	73,8	86,7	63,2	64,9	65,0	62,2	63,0	61,9	62,1	61,4	57,4	44,4
1.20 Электропоезд на СПб; 8 вагонов; торможение	7,1	73	72,5	88,1	65,7	66,0	65,1	63,7	62,4	61,1	61,5	60,8	58,6	46,8
Оценочный средний по измерениям эквивалентный уровень звука, дБА	64,6													
Оценочный средний по измерениям максимальный уровень звука, дБА	72,5													
Грузовые поезда:														
2.1. Грузовой поезд; 57 вагонов; ровный участок	53,4	60	79,2	93,4	75,3	81,5	83,4	76,0	65,2	68,7	69,4	71,7	66,5	52,5
2.2. Грузовой поезд; 61 вагон; ровный участок	55,5	64	83,3	93,8	77,4	82,2	85,2	77,5	65,9	68,2	68,8	70,5	64,9	53,1
2.3. Грузовой поезд; 54 вагона; разгон	79,3	48	80,5	94,1	76,4	84,3	86,4	77,2	64,3	66,3	59,4	60,8	58,3	45,5
2.4. Грузовой поезд; 47 вагонов; ровный участок	51,2	52	80,3	94,2	78,1	88,2	90,1	80,5	72,8	69,5	68,4	72,1	63,4	58,6

Продолжение таблицы А.1

2.5. Грузовой поезд; 50 вагонов; замедление	84,4	42	73,3	88,4	70,3	75,3	73,2	72,2	64,4	68,3	58,5	55,4	55,2	40,3
2.6. Грузовой поезд; 59 вагонов; ровный участок	52,5	56	80,1	90,4	75,4	77,7	78,0	73,2	68,0	64,2	65,4	66,4	62,1	59,0
2.7. Грузовой поезд; 52 вагона; разгон	145,3	20	68,5	75,1	61,0	70,3	74,1	66,5	54,5	54,3	54,4	54,2	48,6	41,3
2.8. Грузовой поезд; 61 вагон; ровный участок	50,4	50	78,5	91,0	72,5	81,3	82,3	75,4	73,6	74,4	70,3	65,3	56,5	48,9
2.9. Грузовой поезд; 53 вагона; замедление	120,5	34	68,7	74,3	60,4	68,8	71,1	65,4	57,6	58,6	55,4	53,3	48,1	42,2
2.10. Грузовой поезд; 44 вагона; ровный участок	55,3	76	83,1	93,2	78,8	85,2	86,4	81,5	79,5	76,4	67,8	62,6	65,5	51,3
2.11. Грузовой поезд; 58 вагонов; ровный участок	52,6	50	81,1	94,8	77,2	78,1	80,7	79,4	67,5	72,5	74,5	76,1	70,4	52,9
2.12. Грузовой поезд; 55 вагонов; разгон	80,8	35	77,5	94,1	69,1	72,8	75,8	69,5	61,8	59,4	60,1	61,0	56,3	43,7
2.13. Грузовой поезд; 61 вагон; ровный участок	50,4	46	80,5	94,1	73,0	91,6	90,0	80,4	67,6	70,1	71,4	72,4	67,1	52,8
2.14. Грузовой поезд; 55 вагонов; разгон	155,1	20	65,5	75,1	61,0	70,3	74,1	66,5	54,6	54,3	54,4	54,2	48,7	40,7
2.15. Грузовой поезд; 61 вагон; ровный участок	52,2	69	83,3	92,2	72,3	88,5	90,2	82,4	67,2	70,8	71,3	67,8	63,3	50,0
2.16. Грузовой поезд; 51 вагон; ровный участок	50,6	62	84,1	93,5	73,5	90,6	92,3	79,8	68,8	70,6	70,5	71,1	66,1	53,1
2.17. Грузовой поезд; 50 вагонов; замедление	114,9	42	73,1	85,2	68,2	72,2	73,2	68,3	66,4	59,8	55,3	50,3	45,3	43,3
2.17. Грузовой поезд; 50 вагонов; замедление	114,9	42	73,1	85,2	68,2	72,2	73,2	68,3	66,4	59,8	55,3	50,3	45,3	43,3
2.18. Грузовой поезд; 47 вагонов; ровный участок	52,8	60	82,2	94,8	74,6	84,0	88,8	77,3	69,9	71,0	71,3	70,5	65,5	51,4
2.19. Грузовой поезд; 61 вагон; ровный участок	50,5	64	83,8	93,4	74,2	87,7	90,4	82,2	67,2	70,5	70,0	69,4	63,3	48,8

Продолжение таблицы А.1

2.20. Грузовой поезд; 60 вагонов; разгон	135,4	34	67,7	77,7	60,3	62,3	64,3	59,3	55,5	56,3	53,6	54,3	45,6	38,6
Оценочный средний по измерениям эквивалентный уровень звука, дБА	71,5													
Оценочный средний по измерениям максимальный уровень звука, дБА	77,7													
Скоростной поезд "Ласточка"(5 вагонов):														
3.1."Ласточка" на СПб; ровный участок	1,7	193	77,5	93,7	72,0	76,0	78,2	77,5	67,1	68,6	73,2	71,5	65,1	50,2
3.2."Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,6	190	76,8	94,5	73,5	75,3	77,8	77,6	67,6	69,3	73,5	71,0	66,0	49,4
3.3."Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,7	192	77,5	93,0	73,2	76,8	78,6	77,2	65,3	67,4	73,1	72,3	64,8	52,3
3.4."Ласточка" на СПб; ровный участок	1,5	195	77,1	93,8	71,1	76,8	78,9	77,6	65,7	69,7	72,8	71,6	65,2	51,1
3.5."Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,4	196	77,8	93,5	72,2	77,7	78,8	76,3	66,3	66,8	73,0	73,2	62,9	52,0
3.6."Ласточка" на СПб; ровный участок	1,6	191	77,0	94,1	73,1	75,2	76,5	77,1	65,5	66,7	72,4	71,2	66,7	51,5
3.7."Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,7	190	75,8	94,8	74,0	77,1	80,2	78,3	67,0	69,2	73,2	71,9	65,5	50,9
3.8."Ласточка" на СПб; ровный участок	1,5	194	73,4	93,8	73,5	75,9	79,3	76,5	66,6	67,4	72,6	70,2	64,8	51,2
3.9. "Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,6	193	78,3	95,0	72,5	76,3	77,7	76,4	67,3	68,2	72,6	72,3	66,3	52,0
3.10. "Ласточка" на СПб; ровный участок	1,5	192	77,5	94,1	72,3	76,8	79,1	77,0	66,7	64,5	73,4	71,5	65,3	50,5
3.11. "Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,5	195	77,1	93,8	71,1	76,8	78,9	77,6	65,7	69,7	72,8	71,6	65,2	51,1
3.12. "Ласточка" на СПб; ровный участок	1,4	196	77,8	93,5	72,2	77,7	78,8	76,3	66,3	66,8	73,0	73,2	62,9	52,0
3.13. "Ласточка" на СПб; ровный участок	1,6	191	77,0	94,1	73,1	75,2	76,5	77,1	65,5	66,7	72,4	71,2	66,7	51,5
3.14. "Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,7	190	75,8	94,8	74,0	77,1	80,2	78,3	67,0	69,2	73,2	71,9	65,5	50,9
3.15. "Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,7	190	75,8	94,8	74,0	77,1	80,2	78,3	67,0	69,2	73,2	71,9	65,5	50,9
3.16. "Ласточка" на СПб; ровный участок	1,5	194	73,4	93,8	73,5	75,9	79,3	76,5	66,6	67,4	72,6	70,2	64,8	51,2

Продолжение таблицы А.1

3.17. "Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,6	193	78,3	95,0	72,5	76,3	77,7	76,4	67,3	68,2	72,6	72,3	66,3	52,0
3.18. "Ласточка" на СПб; ровный участок	1,5	192	77,5	94,1	72,3	76,8	79,1	77,0	66,7	64,5	73,4	71,5	65,3	50,5
3.19. "Ласточка" на Выборг; ровный участок	1,7	192	77,5	93,0	73,2	76,8	78,6	77,2	65,3	67,4	73,1	72,3	64,8	52,3
3.20. "Ласточка" на СПб; ровный участок	1,5	195	77,1	93,8	71,1	76,8	78,9	77,6	65,7	69,7	72,8	71,6	65,2	51,1
Оценочный средний по измерениям эквивалентный уровень звука, дБА	72,7													
Оценочный средний по измерениям максимальный уровень звука, дБА	76,8													
Скоростной поезд "Аллегро"(7 вагонов):														
4.1."Аллегро" на Выборг; ровный участок	2,8	220	81,2	88,4	75,2	80,7	79,7	75,2	73,4	72,2	73,2	72,5	68,3	54,9
4.2."Аллегро" на СПб; ровный участок	3,2	205	83,8	95,3	76,4	81,3	80,5	80,3	74,4	71,3	71,4	70,9	67,5	53,4
4.3. "Аллегро" на Выборг; ровный участок	3,0	217	79,3	85,8	73,0	79,9	79,3	68,6	62,7	69,4	69,6	69,4	61,5	49,6
4.4."Аллегро"на СПб; ровный участок	2,8	221	84,4	99,6	77,9	83,2	81,8	81,0	77,8	82,1	80,8	76,9	68,8	55,0
4.5."Аллегро"на Выборг; ровный участок	3,2	215	82,5	94,1	77,5	80,5	80,3	77,9	77,5	75,5	76,1	73,2	67,2	53,7
4.6. "Аллегро"на СПб; ровный участок	3,0	210	80,1	91,5	78,0	81,3	80,8	78,2	76,3	78,6	80,4	73,5	68,2	55,4
4.7. "Аллегро" на Выборг; ровный участок	3,2	208	80,5	92,4	76,4	79,5	79,4	78,0	78,3	76,4	75,8	75,3	63,4	53,4
4.8. "Аллегро"на Выборг; ровный участок	3,1	213	82,2	95,1	77,2	78,8	76,5	77,2	78,2	77,0	76,2	74,7	65,9	51,5
4.9. "Аллегро"на СПб; ровный участок	2,9	220	81,2	88,4	75,2	80,7	79,7	75,2	73,4	72,2	73,2	72,5	68,3	54,9
4.10. "Аллегро"на Выборг; ровный участок	3,1	208	80,5	92,4	76,4	79,5	79,4	78,0	78,3	76,4	75,8	75,3	63,4	53,4
4.11. "Аллегро"на СПб; ровный участок	3,0	210	80,1	91,5	78,0	81,3	80,8	78,2	76,3	78,6	80,4	73,5	68,2	55,4
4.12. "Аллегро"на СПб; ровный участок	3,2	208	80,5	92,4	76,4	79,5	79,4	78,0	78,3	76,4	75,8	75,3	63,4	53,4
4.13. "Аллегро"на Выборг; ровный участок	3,3	213	82,2	95,1	77,2	78,8	76,5	77,2	78,2	77,0	76,2	74,7	65,9	51,5

Продолжение таблицы А.1

4.14. "Аллегро"на Выборг; ровный участок	2,8	220	81,2	88,4	75,2	80,7	79,7	75,2	73,4	72,2	73,2	72,5	68,3	54,9
4.15. "Аллегро"на СПб; ровный участок	3,1	205	83,8	95,3	76,4	81,3	80,5	80,3	74,4	71,3	71,4	70,9	67,5	53,4
4.16. "Аллегро"на Выборг; ровный участок	2,9	217	79,3	85,8	73,0	79,9	79,3	68,6	62,7	69,4	69,6	69,4	61,5	49,6
4.17. "Аллегро"на СПб; ровный участок	3,0	215	82,5	94,1	77,5	80,5	80,3	77,9	77,5	75,5	76,1	73,2	67,2	53,7
4.18"Аллегро"на СПб; ровный участок	3,2	204	80,1	91,5	78,0	81,3	80,8	78,2	76,3	78,6	80,4	73,5	68,2	55,4
4.19. "Аллегро"на Выборг; ровный участок	3,2	200	80,5	92,4	76,4	79,5	79,4	78,0	78,3	76,4	75,8	75,3	63,4	53,4
4.20"Аллегро"на СПб; ровный участок	3,0	213	82,2	95,1	77,2	78,8	76,5	77,2	78,2	77,0	76,2	74,7	65,9	51,5
Оценочный средний по замерам эквивалентный уровень звука, дБА	76,4													
Оценочный средний по замерам максимальный уровень звука, дБА	81,4													

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2017620441

**База данных спектральных характеристик источников
шума железнодорожного транспорта**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I» (RU)*

Авторы: *Копытенкова Ольга Ивановна (RU), Курепин Дмитрий
Евгеньевич (RU), Леванчук Александр Владимирович (RU), Верещагина
Екатерина Вячеславовна (RU), Машарский Борис Леонидович (RU),
Афанасьева Татьяна Анатольевна (RU)*

Заявка № 2017620154

Дата поступления 27 февраля 2017 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 18 апреля 2017 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излиев Г.П. Излиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2017620442

База данных показателей шумоизоляции строительных материалов

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (RU)*

Авторы: *Копытенкова Ольга Ивановна (RU), Курепин Дмитрий Евгеньевич (RU), Леванчук Леонид Александрович (RU), Верещагина Екатерина Вячеславовна (RU), Афанасьева Татьяна Анатольевна (RU)*

Заявка № **2017620153**

Дата поступления **27 февраля 2017 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных **18 апреля 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2019622091

БАЗА ДАННЫХ ВЕЛИЧИНА РИСКА УТРАТЫ ЗДОРОВЬЯ
НАСЕЛЕНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ШУМА
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Правообладатель: *Федеральное бюджетное учреждение науки
«Северо-западный научный центр гигиены и общественного
здоровья» (ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ») (RU)*

Авторы: *Копытенкова Ольга Ивановна (RU), Афанасьева Татьяна
Анатольевна (RU), Курепин Дмитрий Евгеньевич (RU), Бурнашов
Леонид Борисович (RU), Носков Сергей Николаевич (RU), Ерёмин
Геннадий Борисович (RU)*

Заявка № 2019622030

Дата поступления 06 ноября 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 15 ноября 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2019622092

**БАЗА ДАННЫХ ВЕЛИЧИНА РИСКА НЕГАТИВНЫХ
РЕАКЦИЙ НАСЕЛЕНИЯ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ШУМА
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ
РАЗДРАЖЕНИЯ И ВЕРОЯТНОСТИ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ
ЖАЛОБ**

Правообладатель: *Федеральное бюджетное учреждение науки
«Северо-западный научный центр гигиены и общественного
здоровья» (ФБУН «СЗНЦ ГиОЗ») (RU)*

Авторы: *см. на обороте*



Заявка № **2019622027**

Дата поступления **06 ноября 2019 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных **15 ноября 2019 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019664495

Программа расчёта рисков здоровью населения при
акустическом воздействии

Привообладатель: *Федеральное бюджетное учреждение науки
«Северо-западный научный центр гигиены и общественного
здоровья» (RU)*

Авторы: *Копытенкова Ольга Ивановна (RU), Бурнашов Леонид
Борисович (RU), Афанасьева Татьяна Анатольевна (RU), Ерёмин
Геннадий Борисович (RU)*

Заявка № 2019663282

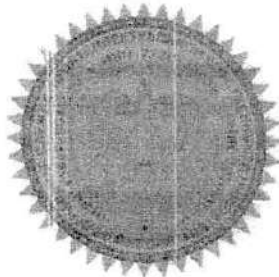
Дата поступления 23 октября 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 07 ноября 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**
Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21
E-mail: dou@pgups.ru; http://www.pgups.ru
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

В диссертационный совет Д 40.2.002.08
на базе федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Российский
университет транспорта»

12.04.2022 № 005.02.4-57/38
На № _____ от _____
Г _____ Г

СПРАВКА

**о внедрении результатов исследования
Афанасьевой Татьяны Анатольевны по теме диссертации «Обоснование комплекса
мероприятий для обеспечения комфортной и безопасной для человека среды
обитания в условиях функционирования транспортных систем»**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» при реализации основной образовательной программы высшего образования направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» по профилю «Безопасность технологических процессов и производств» по кафедре «Техносферная и экологическая безопасность» при чтении курса дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» использует следующие материалы диссертационного исследования Афанасьевой Т.А.:

- Программа расчета рисков здоровью населения при акустическом воздействии. Свидетельство о государственной регистрации № RU2019664495 от 07.11.2019;
- База данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта. Свидетельство о государственной регистрации № 2017620441 от 18.04.2017;
- База данных показателей шумоизоляции строительных материалов. Свидетельство о государственной регистрации № 2017620442 от 18.04.2017;
- База данных величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков. Свидетельство о государственной регистрации № RU2019622091 от 15.11.2019;
- База данных величина риска негативных реакций населения на воздействие шума

транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб.
Свидетельство о государственной регистрации № RU2019622092 от 15.11.2019.

Первый проректор проректор
По учебной работе



Заведующий кафедрой
«Техносферная и экологическая безопасность»

Л.С. Блажко

Т.С. Титова



Федеральное государственное унитарное предприятие
 «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ИНСТИТУТ ГИГИЕНЫ ТРАНСПОРТА
 ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
 И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА»
 (ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора)

Акт
о внедрении результатов исследования, разработанных Афанасьевой Татьяной
Анатольевной в научную деятельность лаборатории

Комиссия в составе:

Председателя комиссии – заведующая лабораторией коммунальной гигиены и эпидемиологии отдела медико-биологических исследований, доктор медицинских наук Овечкина Жанна Васильевна;

члена комиссии – ведущий научный сотрудник лаборатории коммунальной гигиены и эпидемиологии отдела медико-биологических исследований, доктор технических наук Сачкова Оксана Сергеевна.

Комиссия составила настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы, посвященной обоснованию мероприятий для обеспечения комфортной и безопасной для человека среды обитания в условиях функционирования транспортных систем, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в деятельности лаборатории коммунальной гигиены и эпидемиологии в виде:

- программы для ЭВМ по расчету рисков здоровью населения при акустическом воздействии, для определения показателя характеристики безопасности;
- базы данных спектральных характеристик источников шума железнодорожного транспорта, в качестве источника информации при моделировании в ПК АРМ «АКУСТИКА»;
- базы данных показателей шумоизоляции строительных материалов, которая используется при моделировании акустической нагрузки в жилых помещениях;
- базы данных величина риска утраты здоровья населением при воздействии шума транспортных потоков, позволяет автоматизировать расчеты и анализ риска;
- базы данных величина риска негативных реакций населения на воздействие шума транспортных потоков по показателям раздражения и вероятности предъявления жалоб, позволяет автоматизировать расчеты и анализ риска.

Председатель комиссии:

Ж.В. Овечкина

Член комиссии:

О.С. Сачкова

