

УДК: 534.836.2  
ОЕСД: 1.03. АА

## Рекомендации по выбору шумозащитных мероприятий для защиты от шума железной дороги

Шабарова А.В.<sup>1\*</sup>, Борцова С.С.<sup>2</sup>, Буторина М.В.<sup>3</sup>, Кондратьев С.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ассистент <sup>2</sup> Ст. преподаватель <sup>3</sup> Д.т.н., профессор <sup>4</sup> Преподаватель  
<sup>1,2,3</sup> Кафедра «Экология и производственная безопасность»

<sup>1,2,3,4</sup> Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

### Аннотация

Проблема снижения шума железных дорог на прилегающих жилых территориях является важной задачей, для решения которой было разработано большое количество различных способов. Правильный выбор подходящих шумозащитных мероприятий сложный и важный вопрос сферы проектирования. В данной статье рассматривается алгоритм выбора шумозащитных мероприятий в соответствии с различными критериями: эффективность мероприятия (обеспечение требуемого снижения шума), его технические характеристики (возможность монтажа конструкции, соответствие требованиям безопасности и пр.), экономическая эффективность. В работе представлена оценочная эффективность различных шумозащитных мероприятий, возможность их применения в различных условиях застройки, критерий принятия управленческого решения на основании оценки индекса WTI, матрица выбора шумозащитных мероприятий. Предложенные в работе алгоритмы позволяют выбрать наиболее рациональный вариант шумозащитного мероприятия или комплекса таких мероприятий.

**Ключевые слова:** шум железнодорожного транспорта, шумозащитные мероприятия, шумозащитные экраны, шумозащитное остекление, снижение шума на селитебной территории.

## *Recommendations for selection of sound protection measures to protect against railway noise*

*Shabarova A.V.<sup>1\*</sup>, Bortsova S.S.<sup>2</sup>, Butorina M.V.<sup>3</sup>, Kondratev S.A.<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup> Assistant <sup>2</sup> Senior lecturer <sup>3</sup> PhD, Professor <sup>4</sup> Lecturer*

*<sup>1,2,3</sup> Department of Ecology and Industrial Safety*

*<sup>1,2,3,4</sup> Baltic State Technical University 'VOENMEH', St. Petersburg, Russia*

### **Abstract**

*The problem of reducing railway noise in adjacent residential areas is an important task, for which a large number of different methods have been developed. The correct selection of suitable noise protection measures is a complex and important design issue. This article discusses the algorithm for selecting noise protection measures in accordance with various criteria: the effectiveness of the measure (ensuring the required noise reduction), its technical characteristics (the possibility of installing the structure, compliance with safety requirements, etc.), economic efficiency. The paper presents the estimated effectiveness of various noise protection measures, the possibility of application in various building conditions, a criterion for making management decisions based on the assessment of the WTI index, and a matrix for selecting noise protection*

---

\*E-mail: shabarova\_av@voenmeh.ru (Шабарова А.В.)

measures. The algorithms presented in the work allow you to choose the most rational option for noise protection measures.

**Keywords:** noise of railway transport, noise protection measures, noise protection screens, noise protection glazing, noise reduction in residential areas.

## Введение

Проблема снижения шума железных дорог на прилегающих жилых территориях является важной задачей, для решения которой было разработано большое количество различных способов. [1-4] Средства снижения шума железных дорог имеют разную эффективность, стоимость, одни из них возможно реализовать лишь на этапе строительства объекта, другие, напротив, применимы для существующих объектов и не требуют вмешательства в конструкцию железнодорожного пути. Целесообразность выбора шумозащитных мероприятий зависит также от типа защищаемой территории, вида ее застройки. Как правило, шумозащитные конструкции реализуются не отдельно, а в составе комплекса, который может включать в себя несколько различных видов мероприятий.

При подборе шумозащитных мероприятий следует руководствоваться как их эффективностью и технической возможностью реализации, так и экономической выгодой.

В данной работе описаны алгоритмы, позволяющие выбирать подходящие варианты шумозащиты и комбинировать их между собой в зависимости от различных условий.

## 1. Алгоритм выбора шумозащитных мероприятий

Алгоритм выбора шумозащитных мероприятий состоит из четырёх этапов. На первом этапе на основании акустических расчетов определяется требуемое снижение шума, после чего выбираются мероприятия, способные обеспечить данное снижение. На втором определяется возможность реализации выбранных мероприятий на основании результатов инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий, а также анализа данных о строении железнодорожного пути, на этом же этапе проводится детальный расчет параметров шумозащитных конструкций, в т.ч. технических. На третьем этапе производится расчет затрат на данные мероприятия, который позволяет выбрать наиболее экономически выгодное решение [5, 6]. На последнем этапе осуществляется выбор оптимального варианта шумозащиты по заданным проектировщиком критериям (акустическим, экономическим, техническим).

СанПиН 1.2.3685-21 регламентирует допустимые уровни шума на различных территориях, эффективность шумозащитных мероприятий должна быть не ниже требуемого, до указанных в данном документе уровней, снижения. Требования, которым должны соответствовать шумозащитные мероприятия в части механической прочности и устойчивости шумозащитных конструкций, конфигурации шумозащитных сооружений с учетом ограничений, связанных с параметрами полосы отвода железной дороги, пожарной безопасности, водоотвода, обеспечения безопасности движения и беспрепятственного доступа к пассажирам в случае происшествия, простоты монтажа, эстетического вида и пр. предусмотрены ГОСТ 33325-2015, ГОСТ 33329-2015, СП 51.13330.2011, СП 119.13330.2017, СП 276.1325800.2016. Эти и многие другие параметры должны быть учтены при разработке и выборе шумозащитных мероприятий.

Выбор шумозащитных мероприятий на первом этапе (выбор исходя из

эффективности) обязательно должен быть подтвержден акустическими расчетами, однако до проведения итоговых расчетов можно руководствоваться их оценочной эффективностью, представленной в таблице 1. [5, 7-10]

Таблица 1

Максимальная акустическая эффективность шумозащитных мероприятий (при обеспечении требуемых конструктивных параметров)

№ п/п	Наименование мероприятия	Акустическая эффективность, дБА
1	Шумозащитные экраны	19
2	Шумозащитное остекление	10 дБА (на территории) до допустимых уровней (внутри помещений)
3	Земляные грунтовые валы	15
4	Шумозащитные выемки	15
5	Шумозащитные зеленые насаждения (в зависимости от вида посадки)	5-10
6	Шумозащитная галерея	30
7	Малые шумозащитные экраны	5
8	Ограничение скорости движения	3
9	Вибродемпфирующие накладки на шейку рельса	3
10	Подбалластные маты	2
11	Бесстыковый путь	2
12	Шлифование рельсов	2

Как было сказано выше, выбор шумозащитного мероприятия зависит также от типа застройки, расположенной на защищаемой территории. Можно выделить четыре типа территории:

- сельская малоэтажная застройка;
- городская многоэтажная застройка;
- городская среднеэтажная застройка;
- застройка, расположенная ближе 50 м к железной дороге.

Для каждой территории можно выделить мероприятия, которые являются наиболее эффективными. Для сельской местности с малоэтажной застройкой наилучшим образом подходят шумозащитные экраны, малые шумозащитные экраны, шумозащитные насыпи, шумозащитные зеленые насаждения. Для среднеэтажной застройки помимо мероприятий, подходящих для сельской местности может быть использовано шумозащитное остекление, а для многоэтажной застройки и шумозащитные галереи. Для застройки, расположенной ближе 50 м от железной дороги, не следует использовать зеленые насаждения, так как ширина лесополосы не обеспечит требуемого снижения шума. Малые шумозащитные экраны также не рекомендуются в условиях многоэтажной или близко расположенной застройки из-за низкой эффективности, в данном случае лучше использовать полноразмерные экраны. Мероприятия, снижающие непосредственно уровень шума источника (мероприятия 8-12 таблицы 1) не зависят от типа защищаемой застройки, однако следует учитывать невозможность/ограниченность их совместного применения. Шумозащитные выемки, подбалластные маты и бесстыковой

путь применимы на стадии проектирования или капитального ремонта объекта, т.к. требуют вмешательства в конструкцию пути. В таблице 2 представлены мероприятия, целесообразные к применению в зависимости от типа защищаемых территорий. [7, 11, 12]

Таблица 2

Рекомендуемые мероприятия по типу защищаемой от шума территории

№ п/п	Тип защищаемой территории	Рекомендуемые мероприятия											
		шумозащитные зеленые насаждения	земляные грунтовые валы	шумозащитные экраны	шумозащитные галереи	шумозащитное остекление	накладки на шейку рельса	малые шумозащитные экраны	ограничение скорости движения транс.	шумозащитные выемки *	подбалластные маты *	бесстыковой путь *	
1	Садоводческие товарищества, малые жилые массивы	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
2	Среднеэтажная городская застройка	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Многоэтажная застройка	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+
4	Близко расположенная застройка (до 50 м)	-	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+

Примечание: \* – данные мероприятия требуют вмешательства в конструкцию пути.

При выборе шумозащиты возможно применение комплекса мероприятий, однако предпочтение следует отдавать тем мероприятиям, которые самостоятельно могут обеспечивать необходимое снижение шума и не нуждаются в комбинировании с другими. Если в качестве шумозащитного мероприятия предполагается устройство шумозащитной галереи (эффективность данного мероприятий должна быть более 25 дБА), то рекомендуется сначала рассчитать комплекс шумозащитных мероприятий (например, устройство шумозащитного экрана и шумозащитного остекления). Если для достижения санитарных норм расчётом предусматривается устройство в комплексе более трёх различных шумозащитных конструкций, в таком случае применение шумозащитной галереи неизбежно. Для нового железнодорожного пути рекомендуется использовать мероприятия, обеспечивающие снижение шума в источнике (например, подбалластные маты, бесстыковой путь). [5]

## 2. Экономические критерии принятия решения

Принятие решения о выборе шумозащитных мероприятий с экономической точки зрения может быть основано на следующих критериях:

- оценка расселения жилых домов как альтернатива шумозащиты;
- оценка экономической эффективности шумозащиты в течение жизненного цикла дороги, долговечности шумозащитной конструкции, а также дисконтирования;
- оценка проекта шумозащиты по индексу WTI.

Расселение жилых домов, как правило, применяется для малоэтажной сельской застройки. Обеспечить требуемое снижение шума для близко расположенных к железнодорожным путям зданий указанной территории способен только комплекс шумозащитных мероприятий, с более высокой стоимостью. Оценка альтернативного решения по расселению жилых домов проводится на основании информации о кадастровой стоимости жилья, попадающего в зону повышенных уровней шума. На рисунке 1 показана карта шума с оценкой зон в соответствии с Директивой ЕС 2002/49/ЕС. Она отражает область повышенных уровней шума с указанием количества домов, попавших в эту область, и количество человек, проживающих в этой области. Данный тип карт шума очень удобен в использовании при проведении оценки влияния повышенных уровней шума на население и при проведении оценки затрат на расселение жилых домов [13].

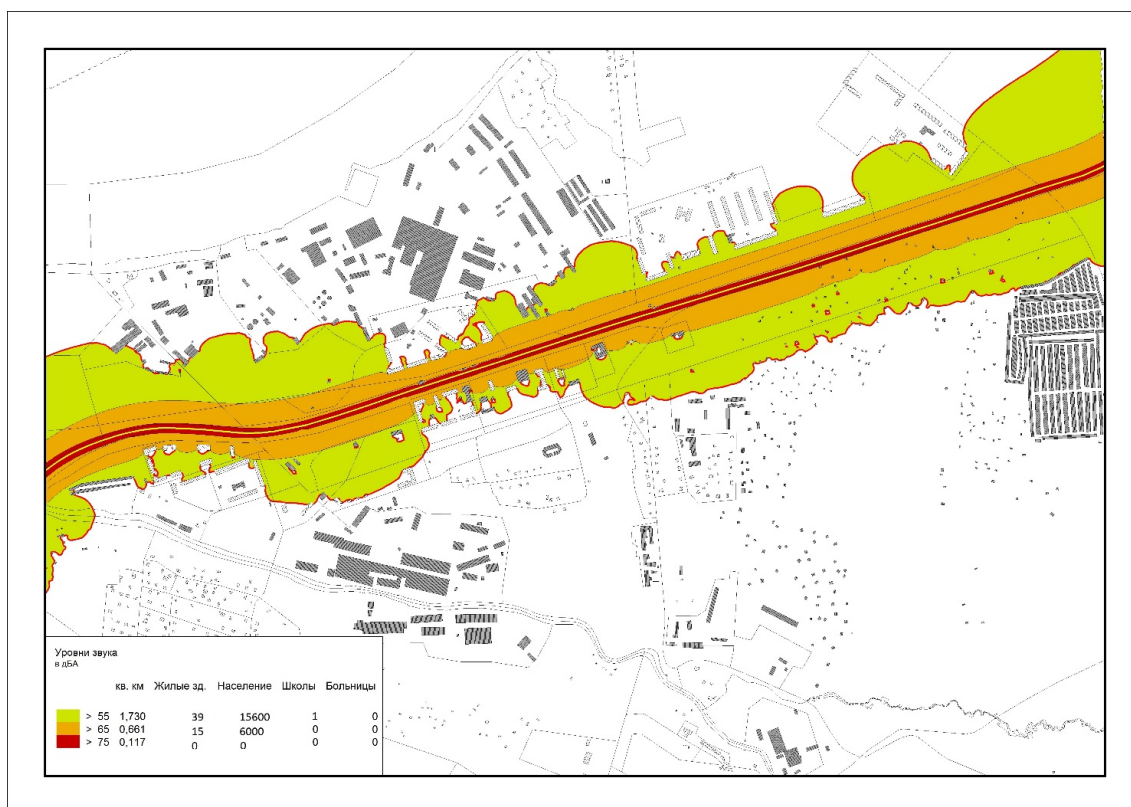


Рис. 1. Карта шума с оценкой зон по Директиве 2002/49/ЕС

В качестве показателей экономической эффективности шумозащиты рассматривают чистый дисконтируемый доход, ЧДД (или чистую приведённую стоимость, ЧПС) и индекс доходности, ИД. Они основаны на сопоставлении затрат на шумозащиту с предотвращаемым за счёт их применения ущербом [6]. Расчет ущерба здоровью населения в результате воздействия повышенных уровней транспортного шума может быть выполнен в соответствии с [14, 15]. При этом рассматриваются экономические

подходы к стоимости болезни, инвалидизации и смертности населения, снижению работоспособности людей под действием шума [16]. Оценка стоимости болезни позволяет учесть часто упускаемые из расчёта косвенные затраты и упущенную выгоду, моральный ущерб. Прямые затраты оценивают полный цикл лечения (диагностику, амбулаторно-поликлиническое или стационарное обслуживание, реабилитацию); дифференцируются в зависимости от пола и возраста пациента, вида и стадии заболевания, группы инвалидности и др.; учитывают временной период лечения и дисконтирование. Выделенные элементы затрат умножаются на количество попадающих в зону действия дороги человек.

Затраты на шумозащиту помимо капитальных вложений в строительство и текущих затрат по их содержанию и эксплуатации включают расходы на проектирование, реконструкцию (или замену) и ликвидацию. Элементы затрат, распределённые во времени, дисконтируются.

Wirtschaftlichen Tragbarkeitsindex (или критерий WTI) – индекс экономической устойчивости, определяется как произведение экологической эффективности мероприятия (обеспечение ПДУ на нормируемых объектах или достижение цели в %) и его экономической рентабельности (выгода/затраты), поделенное на 25 (формула 1) [17].

$$WTI = \text{Эффективность} \times \text{Рентабельность} / 25 \quad (1)$$

Экологическая эффективность оценивается как процент зданий, для которых достигнуты ПДУ в результате применения шумозащитных мероприятий, от всех зданий, подверженных повышенному воздействию уровней шума до применения мероприятий. Рентабельность оценивается как отношение выгод, полученных в результате применения мероприятий, которые могут быть оценены через затраты на расселение зданий, к сумме затрат на шумозащитные мероприятия. Комбинации эффективности и рентабельности приведены на рисунке 2. Критерии принятия управленческого решения представлены в таблице 3.

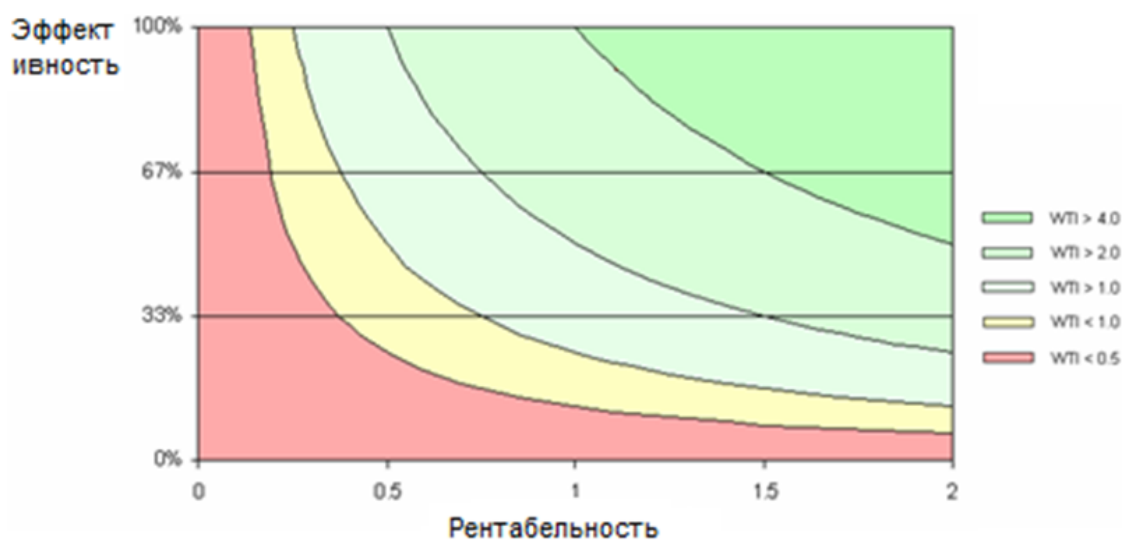


Рис. 2. Оценка индекса WTI

Таблица 3

Критерий принятия управленческого решения

Значение WTI	Оценка	Принятие управленческого решения
WTI > 4	отлично	решение о применении мероприятия принимается
WTI > 2	хорошо	решение о применении мероприятия принимается
WTI > 1	удовлетворительно	для принятия решения необходимы дополнительные исследования
WTI < 1	неудовлетворительно	поиск альтернативных вариантов мероприятий
WTI < 0,5	плохо	поиск альтернативных вариантов дороги

### 3. Матрица выбора шумозащитных мероприятий

В таблице 4 представлена матрица выбора шумозащитных мероприятий. Данная таблица помогает определить соответствие выбираемой шумозащитной конструкции различным требованиям, как акустическим, так и техническим.

В зависимости от значения критерия каждой шумозащитной конструкции рекомендуется присваивать определённое количество баллов от 1 до 5 согласно таблице 4. Для определения оптимальности устройства каждой шумозащитной конструкции баллы суммируются, оптимальной рекомендуется считать ту конструкция, которая имеет наибольшее число баллов [5].

Таблица 4

Матрица выбора различных шумозащитных конструкций

Критерий (требование)	Шумозащитные мероприятия и количество присваиваемых баллов								
	шумозащитные зеленые насаждения	земляные грунтовые валы	шумозащитные выемки	шумозащитные экраны	шумозащитные галереи	шумозащитное остекление	накладки на шейку рельса	малые шумозащитные экраны	ограничение скорости движения
Максимальная акустическая эффективность, дБА	< 5 1	< 15 2	< 15 2	< 19 3	> 30 4	< 10 (+30 в помещении) 5	< 3 1	< 5 1	< 5 5
Конструктивная ширина видимой части,	>10	>5	<0,5	<1	>12	н.п.	н.п.	<1 м	-





Критерий (требование)	Шумозащитные мероприятия и количество присваиваемых баллов								
	шумозащитные зеленые насаждения	земляные грунтовые валы	шумозащитные выемки	шумозащитные экраны	шумозащитные галереи	шумозащитное остекление	накладки на шейку рельса	малые шумозащитные экраны	ограничение скорости движения
Выполнение требований пожарной безопасности конструкции	-	+	+	+	±	+	+	+	+
	1	5	5	5	3	5	5	5	5
Простота конструкции	±	±	-	±	-	+	±	±	+
	3	3	1	3	1	5	2	3	5
Транспортабельность, ремонтпригодность и удобство монтажа	-	-	-	+	±	+	±	±	+
	1	1	1	5	3	5	3	4	3
Экономический критерий	±	+	+	+	±	+	±	+	+
	3	5	5	5	3	5	3	5	5
Эстетичный вид готовой конструкции	+	+	±	+	+	+	+	+	+
	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Общее кол-во баллов	47	47	53	55	45	55	44	47	50
Примечание – Критерии назначения максимального и минимального балла: 0 – конструкция по данному критерию не характеризуется (н.п. – не применяется); 1 – конструкция заданному критерию полностью не соответствует. . . . 5 – конструкция заданному критерию полностью соответствует.									

## Заключение

Грамотный выбор шумозащитных мероприятий сложная и важная задача. Шумозащитные конструкции должны не только обладать достаточной эффективностью, но и быть экономически целесообразными, иметь требуемые технические характеристики, подходить для использования в условиях конкретного участка железной дороги. При выборе шумозащитных мероприятий рекомендован следующий алгоритм:

- на основании акустических расчетов определить требуемую акустическая эффективность шумозащитных мероприятий и произвести выбор типа и параметров мероприятий;
- на основании результатов инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий, а также анализа данных о строении и конструктивных параметрах элементов железнодорожного пути выполнить обоснование возможности устройства выбранных шумозащитных конструкций и детальный расчет их параметров;

• оценить выбранные конструкции в соответствии с критериями (таблица 4) для обоснования оптимальных шумозащитных свойств, обеспечивающих нормируемые уровни шума, экономических и технических показателей.

Выбор шумозащитного мероприятия зависит от типа застройки защищаемой территории, поэтому для подбора соответствующего мероприятия рекомендуется использовать таблицу 2.

В качестве экономического критерия оценки шумозащитного мероприятия рекомендованы ЧДД и ИД, ЧПС или индекс WTI. При этом полная стоимость шумозащиты не должна превышать затраты на расселение жилых домов.

### Список литературы

1. Иванов, Н. И. Проблема шума железнодорожного транспорта и пути ее решения / Н. И. Иванов, Д. А. Куклин // Защита населения от повышенного шумового воздействия: Сборник докладов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 22–24 марта 2011 года / Под редакцией Н.И. Иванова. – Санкт-Петербург: ИННОВА, 2011. – С. 108-123.

2. Оценка шума железнодорожного транспорта и разработка шумозащитных мероприятий / М. В. Буторина, Д. А. Куклин, П. В. Матвеев, А. Ю. Олейников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 2(74). – С. 57-65.

3. Шашурин А.Е. A refined theory of traffic and technological barriers // В сборнике: 25th International Congress on Sound and Vibration 2018, ICSV 2018: Hiroshima Calling : 25, Hiroshima Calling, Hiroshima. -2018. -Т. 7. -С. 4086-4090

4. Иванов Н.И., Шашурин А.Е. Учебное пособие «Защита от шума и вибрации», издание второе - дополненное и переработанное / СПб.: Печатный Цех, 2019. - 284с.

5. Методические указания по выбору шумозащитных мероприятий при выявлении сверхнормативного акустического воздействия от объектов железнодорожного транспорта (утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 12.10.2022 N 2638/р).

6. Борцова С.С. Экономическая эффективность шумозащитных конструкций // Noise Theory and Practice. – 2022. – Том 8, № 2. – С. 45-55.

7. Борцова С.С. Комплексное решение проблемы снижения шума железнодорожного транспорта // Noise Theory and Practice. 2021. №5 (27) – С. 33-47.

8. Шашурин А.Е. Определение эффективной высоты и акустических характеристик шумозащитного экрана // Noise Theory and Practice. 2018. №2.

9. Инновационные методы снижения уровня шума // Железные дороги мира. – 2011. – № 10. – С. 66-71. – EDN OKHWER.

10. Маэкава З. Экологическая и архитектурная акустика / З. Маэкава, Дж. Х. Риндел, П. Лорд / Spon Press. - Второе издание. – 2011. – 371 с.

11. Воронова, А. А. Выбор мероприятий для защиты от железнодорожного шума в городской и сельской застройке / А. А. Воронова, А. В. Шабарова, М. В. Буторина // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник трудов конференции IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 26–28 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Институт акустических конструкций, 2023. – С. 272-279.

12. Шабарова, А. В. Сравнение методов расчета распространения шума железнодорожного транспорта в различных типах застройки / А. В. Шабарова, М. В. Буторина, Д. А. Куклин // Noise Theory and Practice. – 2022. – Т. 8, № 3. – С. 16-33.

13. Риск-ориентированный подход к оценке шума железнодорожного транспорта / М. В. Буторина, Д. А. Куклин, А. П. Васильев, А. В. Шабарова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1. – С. 28-33.
14. МР 2.1.10.0059–12 «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации» (утв. Роспотребнадзором 23.03.2012).
15. Борцова С.С. К оценке ущерба от транспортного шума // Noise Theory and Practice, – 2021. – Том 7, № 3. – С. 42-49.
16. Приказ Минэкономразвития России N 192, Минздравсоцразвития России N 323н, Минфина России N 45н, Росстата N 113 от 10.04.2012 «Об утверждении Методологии расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.04.2012 N 23983).
17. Bundesamt für Umwelt (BAFU) «Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhaeltnismaessigkeit von Laermschutzmassnahmen», Bern 2006.

### References

1. Ivanov, N. I. The problem of railway transport noise and ways to solve it / N. I. Ivanov, D. A. Kuklin // Protection of the population from increased noise exposure: Collection of reports of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation, St. -Petersburg, March 22–24, 2011 / Edited by N.I. Ivanova. – St. Petersburg: INNOVA, 2011. – P. 108-123.
2. Assessing the noise of railway transport and developing noise protection measures / M. V. Butorina, D. A. Kuklin, P. V. Matveev, A. Yu. Oleinikov // Bulletin of the Rostov State Transport University. – 2019. – No. 2(74). – P. 57-65.
3. Shashurin, A. E. A refined theory of traffic and technological barriers / A. E. Shashurin // 25th International Congress on Sound and Vibration 2018, ICSV 2018: Hiroshima Calling : 25, Hiroshima Calling, Hiroshima. – Hiroshima, 2018. -Vol. 7. – P. 4086-4090
4. Ivanov N.I., Shashurin A.E. Textbook 'Protection from noise and vibration', second edition - expanded and revised / St. Petersburg: Printing Shop, 2019. - 284 p.
5. Guidelines for the selection of noise protection measures when identifying excess acoustic impact from railway transport facilities (approved by Order of JSC Russian Railways dated October 12, 2022 N 2638/r).
6. Bortsova S.S. Economic efficiency of the noise protection. // Noise Theory and Practice. – 2022. – Vol. 8, N 2. – P. 45-55.
7. Bortsova S.S. A comprehensive solution to the problem of reducing railway noise // Noise Theory and Practice. 2021. No. 5 (27) – P. 33-47.
8. Shashurin A.E. Determination of the effective height and acoustic characteristics of a noise barrier // Noise Theory and Practice. 2018. No. 2.
9. Innovative methods for reducing noise levels // World Railways. – 2011. – No. 10. – P. 66-71. – EDN OKHWER.
10. Maekawa Z. Environmental and Architectural Acoustics / Z. Maekawa, J. H. Rindel, P. Lord / Spon Press. - Second edition. – 2011. – 371 p.
11. Voronova, A. A. Selection of measures for protection from railway noise in urban and rural areas / A. A. Voronova, A. V. Shabarova, M. V. Butorina // Protection from increased noise and vibration: collection of conference proceedings IX All-Russian scientific and practical conference with international participation, St. Petersburg, April 26–28, 2023. – St. Petersburg: Institute of Acoustic Designs, 2023. – P. 272-279.

12. Shabarova, A. V. Comparison of methods for calculating the propagation of railway transport noise in various types of development / A. V. Shabarova, M. V. Butorina, D. A. Kuklin // Noise Theory and Practice. – 2022. – Т. 8, No. 3(30). – P. 16-33.

13. Risk-based approach to assessing the noise of railway transport / M. V. Butorina, D. A. Kuklin, A. P. Vasiliev, A. V. Shabarova // Bulletin of the Rostov State Transport University. – 2019. – No. 1(73). – P. 28-33.

14. MR 2.1.10.0059–12 'State of public health in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Assessing the risk to public health from exposure to traffic noise. Methodological recommendations' (approved by Rospotrebnadzor on March 23, 2012).

15. Bortsova S.S. To assess damage from traffic noise// Noise Theory and Practice. – 2021. – Vol. 7, N 3. – P. 42-49.

16. Order of the Ministry of Economic Development of Russia N 192, Ministry of Health and Social Development of Russia N 323n, Ministry of Finance of Russia N 45n, Rosstat N 113 dated 04/10/2012 'On approval of the Methodology for calculating economic losses from mortality, morbidity and disability of the population' (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 04/28/2012 N 23983).

17. Bundesamt für Umwelt (BAFU) 'Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhaeltnismaessigkeit von Laermschutzmassnahmen', Bern 2006.