

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Романов Никита Викторович, магистрант

кафедры «Строительство дорог транспортного комплекса»

Петербургский государственный университет путей сообщений Императора

Александра I, г. Санкт-Петербург

(Научный руководитель – Колос А.Ф., канд. техн. наук, доцент)

К экологически значимому параметру на селитебной территории относят, такой параметр как шумовое загрязнение (ШЗ); проектирование новых объектов не обходится без учета этого параметра. ШЗ контролируется в течение всего срока службы и эксплуатации объекта.

К одному из самых распространенных и интенсивных источников шума на сегодняшний день, многие эксперты относят шум создаваемый проезжающими автомобилями по дорогам общего пользования. Вклад потоков легковых и грузовых автомобилей в акустическое загрязнение составляет от 55 до 75%. Этот показатель напрямую зависит от скорости движения, интенсивности и состава потоков. Территория, на которой уровни шума автотранспорта многократно превышают допустимые значения, может простирается вглубь застройки на расстояние более чем на 300м от внутриквартальных улиц и до 1км от автомагистралей.

Негативное действие шума обусловлено его физическими свойствами: уровнем и спектральным составом, длительностью и интенсивностью, частотой повторяемости, превышением привычного шумового фона.

Шум вызывает отрицательные явления, например такие как:

- **нарушения сна;**
- **создает неудобство при разговоре;**
- **мешает при решении сложных задач, требующих внимания и концентрации, и так далее.**

На основе изученных шумовых характеристик разработаны мероприятия, которые позволяют, если не полностью снизить шумовое и вибрационное воздействие на организм человека, но уменьшить его до нормативных значений, установленных санитарными нормами.

К таким мероприятиям относятся: установка транспортных шумозащитных экранов (ТШЭ) вдоль участка дороги, проходящего вблизи селитебных территорий, высадка кустарника, земляной вал и др.

Поскольку звук (шум) представляет собой колебания, то есть упругую волну, то можно говорить о такой характеристике звука как дифракция. Дифракция является уникальным явлением, так как звуковая волна, встречая на своем пути препятствие, не только отражается и поглощается, но также и огибает само препятствие.

В основу теоретического описания явления дифракции положен принцип Гюйгенса-Френеля, который гласит: « Каждая точка фронта бегущей волны является точечным источником новой элементарной волны; огибающая этих элементарных волн образует следующий фронт волны». В результате, в расчетных моделях, рассматриваемые края акустического экрана (АЭ) моделируются совокупностью точечных источников, звуковая мощность которых определяется полем падающих на экран звуковых волн, а поле за экраном представляется полем элементарных волн, излучаемых этими точечными источниками звука. На рис. 1 показана форма фронта звуковой волны за полубесконечным плоским АЭ.

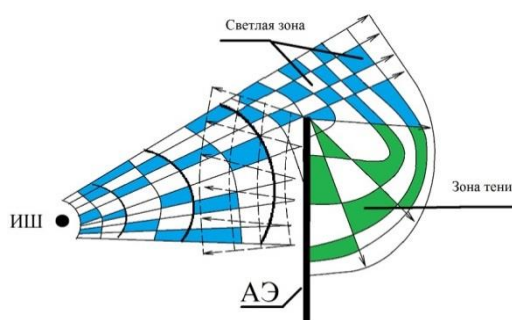


Рисунок 1 – Фронты звуковых волн в окрестности полубесконечного АЭ

При прохождении волны, через верхнюю точку экрана, возникает цилиндрическая волна в зоне тени за экраном, несмотря на то, что падающая от источника волна перекрывается самим сооружением. При интегрировании энергии, излучаемой каждым элементарным объемом в точках фронта волны, действующим в свободном пространстве над экраном, получаем звуковое давление в зоне тени за экраном.

Говоря о звуковом давлении в зоне тени за экраном, стоит учитывать также и то, что дифрагирующая волна распространяется дальше и встречает следующее препятствие в виде жилой (нежилой) застройки. Созданию сложного звукового поля, за экраном, способствует достаточно близкое расположение зданий и АЭ, что ведет к переотражению звука и усилению его. В общем случае следует учитывать, что АЭ обладает конечной звукопроводностью, имеет определенную длину, звук дифрагирует через три свободных ребра (верхнее и боковое) и за АЭ

образуется звуковое поле, схема которого показана на рис. 2. В нем присутствуют также отражения от здания, земной поверхности и АЭ.

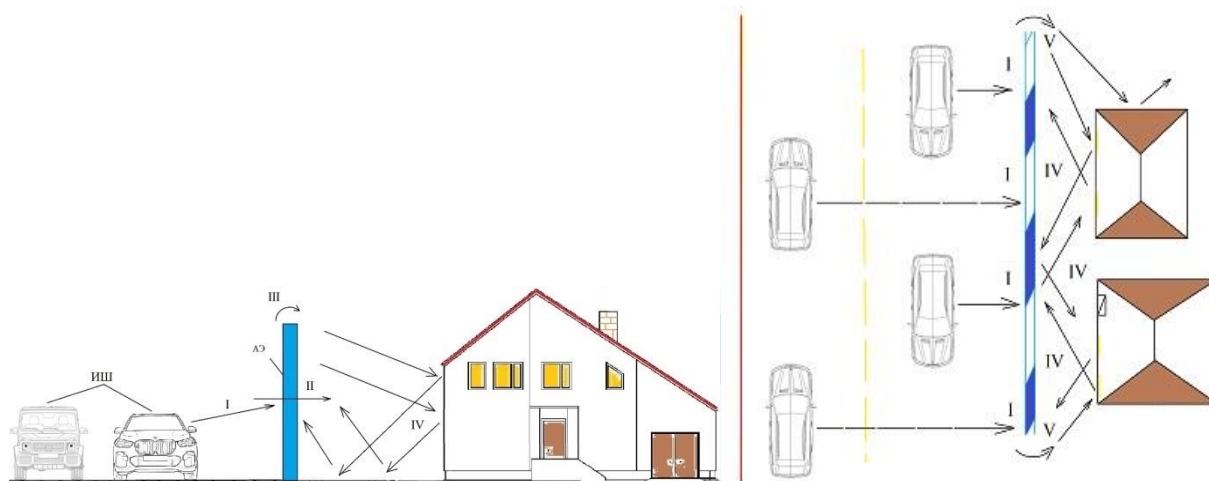


Рисунок 2 – Проникновение звука за АЭ и образование сложных звуковых полей:

I – падающий на АЭ звук со стороны ИШ; II – прямое прохождение звука через экран; III – звук, дифрагирующий через верхнее свободное ребро АЭ; IV – переотражение звука между зданиями и АЭ; V – звук, дифрагирующий через боковые свободные ребра АЭ

Существенное влияние на эффективность ТШЭ оказывает отраженное звуковое поле, которое образуется между ТШЭ и зданием. Это происходит за счет увеличения уровней шума за АЭ. Такой эффект наблюдается в результате многократного отражения от поверхностей АЭ, фасадов зданий и земли.

В практике используются следующие методы для повышения акустической эффективности экрана:

1. изменение поперечного профиля акустического экрана;
2. расположения самого экрана;
3. применяемого материала в конструкции экрана.

Применяемые типы профилей конструкций транспортных шумозащитных экранов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные типы профилей конструкций ТШЭ

№ п/п	Вид профиля ТШЭ
1	Классический вертикальный экран-стенка без звукопоглощения
2	Вертикальный экран-стенка со звукопоглощением
3	Наклонный экран
4	Экран с дифракционным элементом
5	Экран с Г-образной консолью
6	Экран с дифракционным элементом в виде кругового (эллипсоидального) цилиндра
7	Экран с дугообразной консолью
8	Дугообразный экран

Схемы зон звуковой тени разных типов экранов представлены на рисунках 3-6.

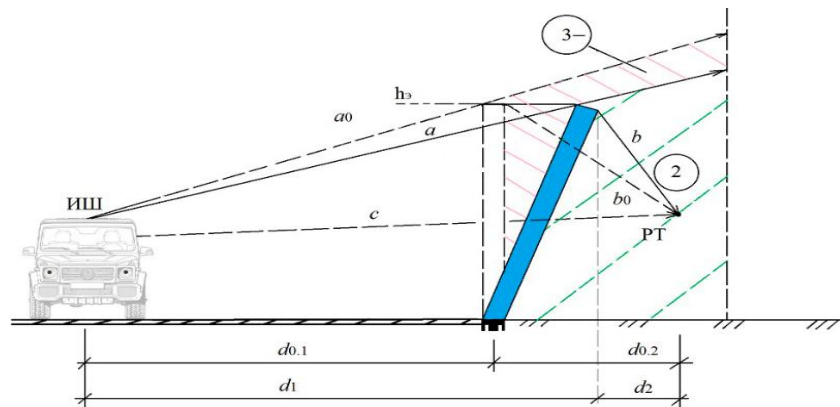


Рисунок 3 – Зоны звуковой тени наклонного экрана: a_0, b_0 – расстояние от ИШ до ребра эталонного экрана и от этого же ребра до РГ; a, b – измененные расстояния от ИШ до ребра рассматриваемого типа экрана и от этого же ребра до РГ; c – расстояние от ИШ до точки расчета; $d_{0.1}, d_{0.2}$ – горизонтальные расстояния от ИШ до оси эталонного экрана и от нее до РГ; d_1, d_2 – измененные горизонтальные расстояния от ИШ до оси рассматриваемого типа экрана и от нее до РГ; ② – зона звуковой тени при единичной дифракции; ③ – зона уменьшения (-), области звуковой тени относительно эталонного экрана

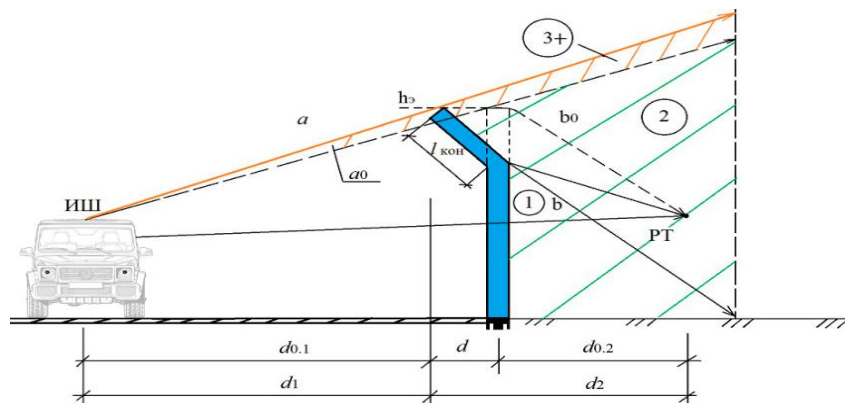


Рисунок 4 – Зоны звуковой тени экрана с консолью: ① – зона звуковой тени при наличии двойной дифракции. Остальные обозначения см. рис.4.

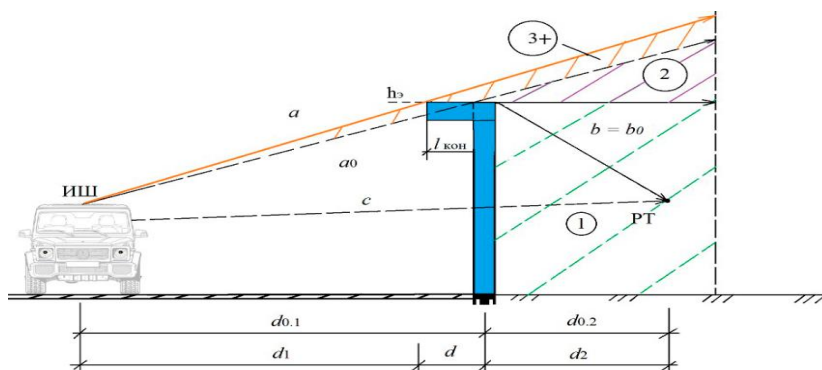


Рисунок 5 – Зоны звуковой тени экрана с Г-образной консолью

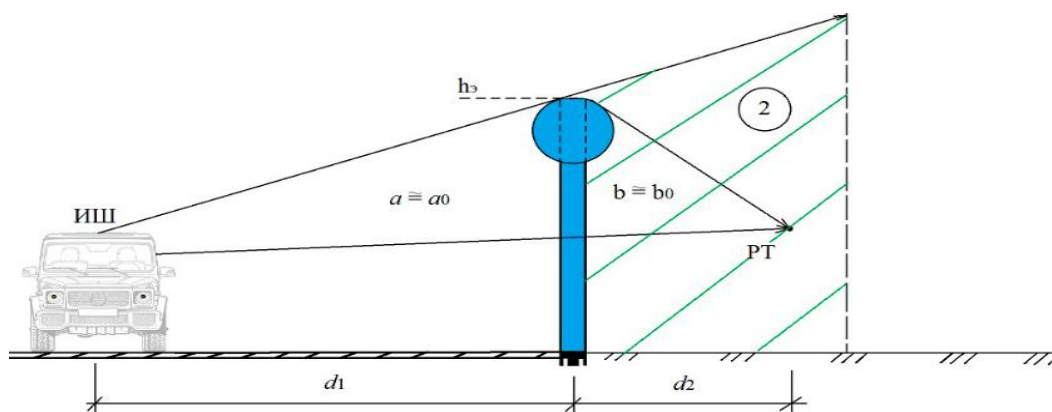


Рисунок 6 – Зоны звуковой тени с резонансными дифракционными элементами

Эффективность экрана определяется исходя из конструкции, наличия дифракционных элементов, а также наличие звукопоглощающих материалов применяемых в самой конструкции. Выбор материала для ТШЭ влияет на его экономическую и эксплуатационную составляющие. Все ТШЭ, в зависимости от используемого материала и его отражающих или поглощающих свойств, делятся на три группы:

1. однослойные (отражающие). Как правило в практике применяют материалы: дерево, керамика, спец.стекло, полимер, бетон с добавками, фибробетон;
2. многослойные (двух- или трехслойные, как правило, отражающе-поглощающие). На практике к ним относят: металл, звукопоглощающий материал, перфорированный лист;
3. комбинированные (сочетание многослойных с однослойными). Чаще всего используются в настоящее время: металлические многослойные с прозрачным материалом.

Отмечу, что в проектировании и строительстве ТШЭ, многие сразу предпочитают закладывать в проект комбинацию из трехслойной звукопоглощающей панели со вставками прозрачного материала. Такое конструктивное решение позволяет увеличить видимость и улучшить эстетический облик АЭ. Эффективность конструкции, цена, внешний вид и традиции, являются базисом при выборе материала для ТШЭ.

Были проведены испытания не только применяемых материалов в шумозащитных экранах, а так же и тех (перспективных), которые только начинают появляться на рынке в 2019 году. В практике акустических измерений различают: измерение коэффициентов звукопоглощения материала и определение коэффициента звукопоглощения в помещении.

Измерение коэффициента звукопоглощения материала ($\alpha_{\text{мат}}$) проводится путем нахождения максимальных и минимальных значений амплитуд стоячих волн (Рис.7). Испытания проводятся в акустической передаточной линии,

называемой **трубой Кундта**, когда в ее конце помещен небольшой образец испытываемого материала. Схема измерительного тракта включает в себя ряд приборов со шкалами, позволяющими без труда определить измеряемую величину.

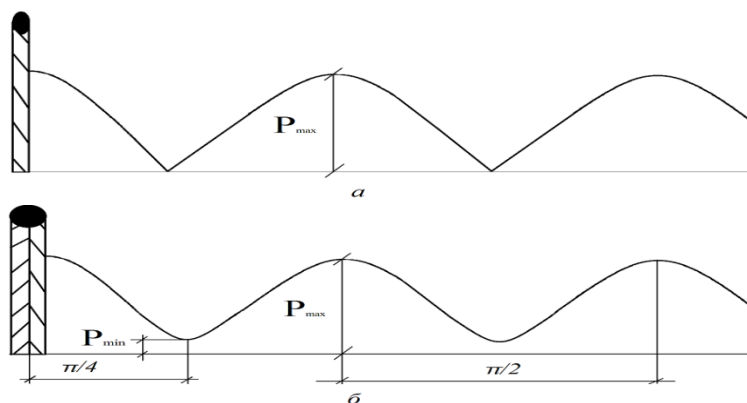


Рисунок – 7 Характер образующихся в измерительном тракте стоячих волн: в конце трубы помещается идеальная звукоотражающая преграда (а) или звукопоглощающий материал (б)

Примеры значений $\alpha_{\text{мат}}$, полученных в трубе Кундта, приведены в таблице 2. Отмечу, что эти значения определены на малых образцах и имеют приближенный характер; более точно $\alpha_{\text{мат}}$ можно определить при испытаниях в реверберационных камерах на больших образцах.

Таблица 2 – Значения коэффициента звукопоглощения материалов $\alpha_{\text{мат}}$, полученных в трубе Кундта

Испытываемый материал	Значения $\alpha_{\text{мат}}$ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Дерево	-	0,30	0,32	0,19	0,13	0,11	0,11	0,11
Стальной лист	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Стеклопластик	0,01	0,01	0,12	0,014	0,015	0,016	0,017	0,016
Поролон (пенополиуретан)	0,08	0,20	0,41	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0
Супертонкое стекловолокно	0,06	0,11	0,34	0,83	0,91	0,98	0,98	0,99
Пенобетон	0,30	0,21	0,15	0,11	0,11	0,22	0,26	0,40
Супертонкое базальтовое волокно	0,1	0,25	0,7	0,98	1,0	1,0	1,0	0,95
Отходы капронового волокна	0,02	0,15	0,46	0,82	0,92	0,93	0,93	0,93
Войлок строительный	0,05	0,15	0,22	0,54	0,63	0,57	0,52	0,45

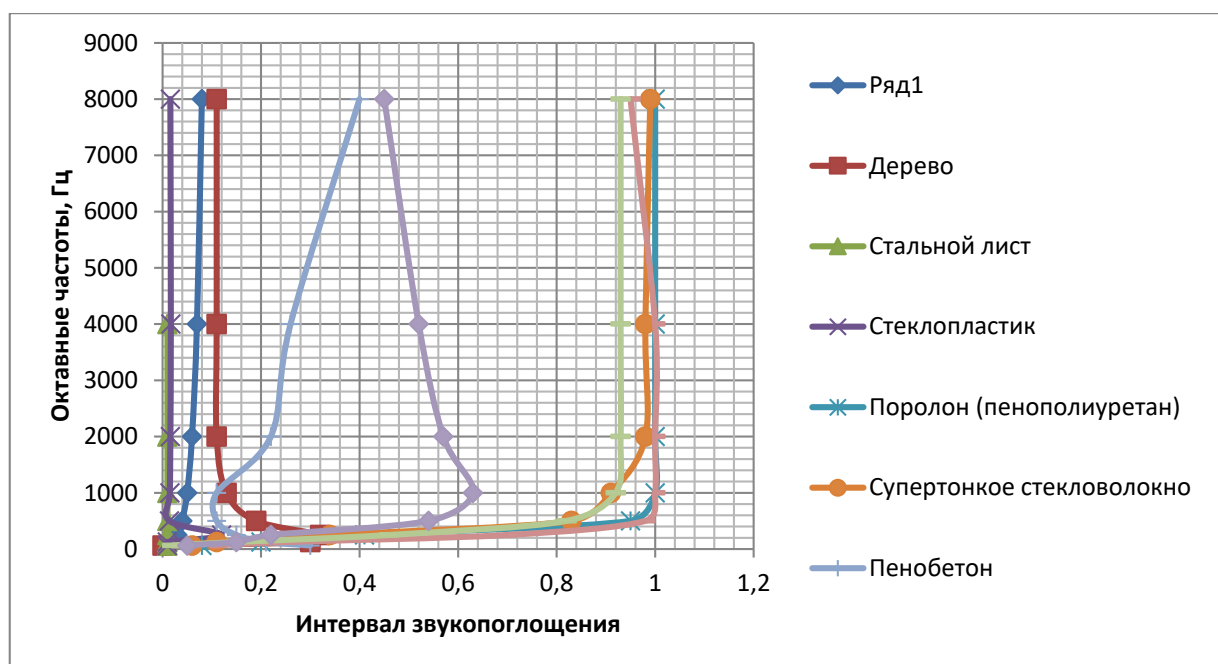


Рисунок – 8 График эффективности звукопоглощающих свойств испытанных материалов

Выводы: После проведения испытаний в трубе Кундта, из рисунка 8 наглядно видно как изменяются значения в различных октавных полосах. Для применения того или иного материала в качестве звукопоглощающего, следует рассчитать экономическую составляющую, учесть нормативные требования предъявляемые к акустическим экранам, а так же не забыть про архитектурно-эстетические особенности, расположение и местонахождение участка дороги.

Архитектурно-эстетические особенности в первую очередь направлены на учет особенностей зрительного восприятия.

Учет особенностей зрительного восприятия играет не последнюю роль в достижении гармоничного решения ШЭ и его архитектурно-эстетической интеграции в окружающую среду. Большое значение предается протяженности инженерного сооружения, возможности его визуального обхвата. Восприятие экрана в среде условно разделяют:

1. на восприятие целиком с близкого расстояния;
2. ограничено с одной стороны;
3. “бескрайнее”, с концами, расположенными вне обхвата видимости.

Последний вариант характеризуется наиболее явным присутствием сооружения в среде.

Первостепенная задача архитектурно-эстетической интеграции – это смягчение эффекта непрерывной и жесткой “визуальной преграды”. Такой результат достигается подходящим расположением экрана в среде. Одним из возможных решений – предвидеть участки в ШЭ, через которые может проникать взгляд: участки с использованием светопроницаемых ограждающих материалов. При проектировании экрана расположенного в красивом

природном ландшафте, стоит максимально не перекрывать этот ландшафт: используя в конструкции сооружения вставки из прозрачного материала. Восприятие сквозь прозрачные участки элементов или объектов окружающей среды позволяет сохранить чувство ориентации и связи со средой. АЭ должен сохранять специфичный характер окрестностей, а иногда и привносить в них новый элемент (Рис.9).



Рисунок – 9 ШЭ с использованием в конструкции прозрачных ограждающих материалов

Форма начала и окончания ШЭ имеет важное значение для интеграции его в среду. В композиционном отношении, это переход от окружающей среды к сооружению и обратно к окружающей среде. Максимальной интеграции экрана в среду добиваются, если начало и окончание экрана проектируют не сплошной конструкцией с одной высотой, а используют конструкции с постепенно уменьшающейся или возрастающей высотой.

Восприятие со стороны источника шума. Со стороны ИШ окружение воспринимается в движении, что сильно влияет на зрительное восприятие, так как оно имеет динамичный характер. Исходя из этого факта, решающую роль в восприятии играют такие характеристики ШЭ как: форма и силуэт, метрический ряд, общий цветовой характер. При принятии формы и силуэта экрана самым логичным является подход подчеркивания динамики горизонтального развития форм. Этот подход соответствует как характеру восприятия, так и сущности сооружения. Такого эффекта можно добиться, используя продольное членения элементов конструкции: разный угол ориентации структурных элементов, комбинацию цветов. Все это дополнительно подчеркивает динамику линейного развития формы, а также повышает эффективность снижения шума (Рис.10).



Рисунок – 10 ШЭ с разным углом ориентации структурных элементов

Восприятие со стороны прилегающей территории. Зрительное восприятие АЭ со стороны прилегающей территории, носит статичный характер. В большинстве своем конструкция экрана воспринимается с близкого расстояния. Таким образом, наблюдатель воспринимает только отдельные части конструкции. Поэтому, кроме общего пластичного решения, существенное значение для восприятия имеют и другие характеристики ШЭ, например: интересные цветовые решения, фактура, текстура материала (Рис.11).



Рисунок – 11 Текстурированный АЭ

При их выборе стоит учитывать атмосферу среды для достижения гармоничной интеграции сооружения в нее.

Также, при проектировании АЭ не стоит забывать про меры по сохранению и поддержанию нормального функционирования конструкции в период эксплуатации. Для сохранения эстетического и функционального облика сооружения следует применять следующие меры:

1. уход прилегающей к сооружению территории, особенно при активном использовании зеленых насаждений как средств, для улучшения связи с окружающей средой;
2. ремонт и замена поврежденных элементов. Так как нарушенная целостность конструкции не только портит внешний вид, но и в значительной степени снижает шумозащитную характеристику;
3. восстановление антикоррозийного покрытия панелей;
4. перекрашивание отдельных элементов для придания новизны конструкции;
5. замена отдельных элементов АЭ по истечении срока годности.

Выводы: При проектировании защиты от транспортного шума следует учитывать множество факторов, которые помогут максимально правильно выполнить поставленную задачу и добиться максимального результата. Применение новейших материалов вместе с конструктивными решениями, анализом полученных данных в ходе эксплуатации такого рода сооружений, помогут в будущем более эффективно бороться с шумовым загрязнением на селитебных территориях.

Литература:

1. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева, Л.А. Борисов и др.; Под ред. Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2004. – 450 с.
2. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.
3. Санитарная акустика. Сборник нормативно-правовых документов. М.: ООО «Экопроект»; СПб.: ООО Фирма «Интеграл», 2002. – 127 с.
4. Щевьев Ю.П., Белоус А.А. Аналитические методы расчета шумозащитных конструкций. СПб.: Политехника, 2002. – 385 с.
5. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1987. – 416 с.
6. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: Учебник. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424 с.
7. Тупов В.Б. Снижение шума от энергетического оборудования: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 232 с.
8. Handbook of noise and vibration control / edited by Malcolm J. Crocker. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007. – 1569 p.
9. Николов Н. Градоустройствена акустика. – София: Университетское издательство «Св. Климент Охридски», 2006. – 236 с.
10. ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
11. ГОСТ 20444–85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерений шумовой характеристики.
12. ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996-2:2007). Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления.
13. СНиП 23–03–03. Строительные нормы и правила. Защита от шума.
14. МУК 4.3.2194–07. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания.
15. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума.
16. Шелковников Д.Ю., Антонов А.И., Шубин И.Л. Оценка факторов, снижающих эффективность экранирования транспортного шума // Жилищное строительство. 2004. №9. С. 15-17.
17. Handbook of acoustical measurements and noise control/ edited Cyril M. Harris. – NY.: ASA, 1998.