

УДК: 534.28
OECD: 01.03.AA

Анализ оптимального решения по выбору шумозащитных экранов

Борцова С.С.

Старший преподаватель кафедры «Экология и производственная безопасность»,
Балтийский государственный технический университет им. Д.Ф. Устинова
«ВОЕНМЕХ», г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Для снижения шума от линейных источников (автомобильных и железных дорог) расходуются немалые деньги. Для примера, стоимость конструкций шумозащиты зачастую достигает цифры 25% от стоимости всего объекта. В странах Европейского Союза затраты на шумозащитные экраны (ШЭ), остекление и пр. составляют десятки миллиардов Евро в год. Одним из эффективных средств для снижения от транспортного шума являются ШЭ. За последние двадцать лет во всем мире установлены тысячи километров таких конструкций. Как показывает опыт, зачастую конструкции экранов имеют малую долговечность, вандалонезащищенность и со временем теряют свои акустические свойства. В статье производится анализ решения по выбору ШЭ. Предлагается методика выбора экранов основанная на управленческих решениях.

Ключевые слова: шум, шумозащитный экран, звукоизоляция, звукопоглощение, долговечность.

Analysis of the optimal solution for selecting the noise barriers

Bortsova S.S.

*Senior Lecturer of the department of Ecology and Industrial Safety, Baltic State Technical University
'VOENMEH' named after D. F. Ustinov, St. Petersburg, Russia*

Abstract

Large sums of money are spent to reduce noise from linear sources (roads and railways). For example, the cost of noise protection structures often amounts to 25% of the cost of the entire object. In the countries of the European Union, the cost of noise barriers (NB), glazing, etc., amounts to tens of billions of euros per year. NB is one of the most effective means of traffic noise reduction. Over the past twenty years, thousands of kilometers of such structures have been installed all over the world. The article analyzes the solution of choosing the NB. A method of selecting noise barriers based on managerial solutions is proposed.

Keywords: *noise, noise barrier, sound insulation, sound absorption, durability.*

Введение

Шумозащитные экраны – наиболее широко используемая форма снижения воздействия шума на дорогах. По существующей политике для планирования и строительства новых крупных автомагистралей, шумозащитные экраны возводятся в том

случае, если уровень шума превышает установленные стандарты даже при оптимальном выравнивании дорог и материале дорожного покрытия с пониженным уровнем шума. Помимо этого, для дорог, построенных некоторое время назад, где возникающий шум превышает стандарты, шумозащитные экраны также являются практичным решением [1-3].

В связи с тем, что шумозащитные экраны являются дорогостоящим мероприятием (в странах Европы цена одного километра ШЭ составляет примерно 1,2-1,5 млн. евро), они должны быть долговечными (сохранять свои характеристики акустической производительности не менее 25 лет [4] с минимальным техническим обслуживанием) и рентабельными, что определяет их пригодность для целевого назначения.

Ключевым параметром в достижении такого представления является акустическая долговечность, которая определяет, будет ли поддерживать шумозащитный экран требуемый уровень шума в чувствительных к шуму объектах в течение срока эксплуатации.

В наши дни слишком часто сооружаются шумозащитные экраны, которые не обеспечивают практически никакой защиты и нуждаются в полной замене уже через 7-8 лет после установки.

1. Транспортные ШЭ

Экраны могут быть глухие, прозрачные или комбинированные в соответствии с рис. 1.

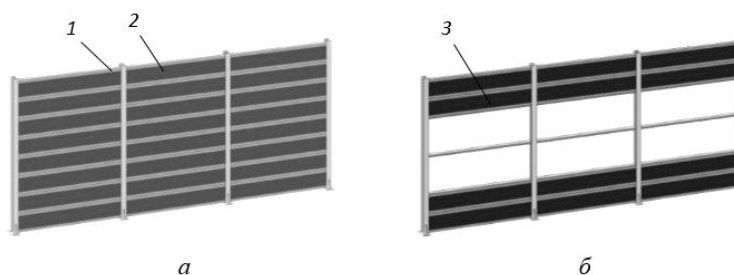


Рис. 1. Глухой (а) и комбинированный (б) шумозащитные экраны:

1 – несущая стойка; 2 – звукопоглощающая панель; 3 – прозрачная отражающая панель

Транспортные ШЭ являются в основном сборно-разборными. Основные элементы их — шумозащитные панели в соответствии с рисунком 2, вертикальные стойки в соответствии с рисунком 3 и фундамент. В зависимости от конструкции ШЭ применяются различные виды стоек.

В технических условиях на экран указываются показатели акустических характеристик, стойкость к коррозии, механическая прочность, вандалозащищенность, ремонтнопригодность.

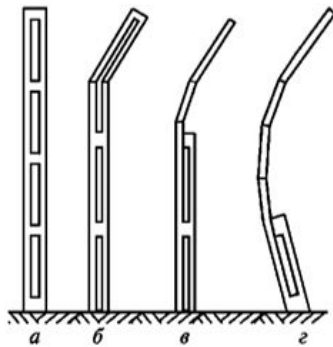


Рис. 2. Стойки экрана: прямая (а), Г-образная (б) и изогнутая (в, г)

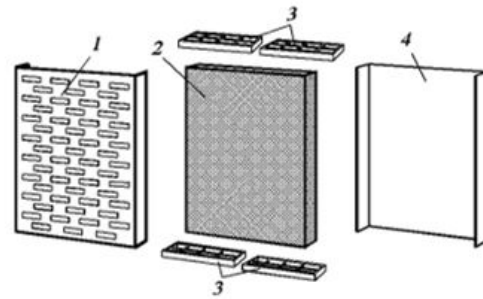


Рис. 3. Пример панели ШЭ:
1 – передняя перфорированная стенка; 2 – звукопоглощающий элемент; 3 – крышка-демпфер; 4 – задняя звукоизолирующая стенка

Анализируя отчеты по применению экранов в разных странах [5] можно видеть сведения о применимости различных материалов из которых изготавливаются панели. Рисунок 4.

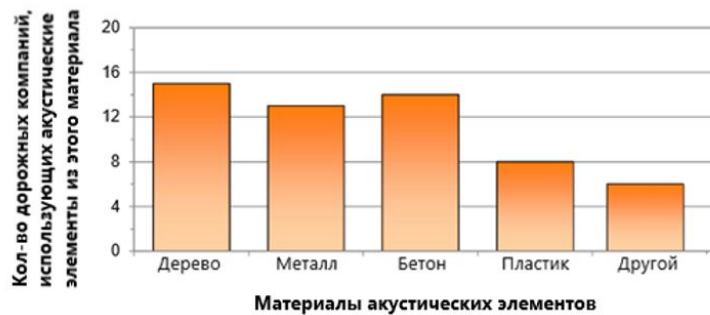


Рис. 4. Различные виды материалов используемые в шумозащитных экранах в разных странах

Распределение применимости различных материалов для экранов в Америке приведено в табл. 1 [4-5].

Таблица 1

Распределение применимости различных материалов для экранов в Америке

Материал и которого изготовлена панель	Процент (%) применимости материала
Бетонные	47
Кирпичные	25
Деревянные	10
Комбинация материалов	12
Металлические, насыпи	6

Как видно из таблицы в Северной Америке чаще применяются тяжелые отражающие панели, которые обладают высокой долговечностью.

В Японии, Южной Кореи с 90-х годов устанавливаются панели из алюминия и нержавеющей стали, обладающие повышенной долговечностью. В Европейских странах нашли широкое применение панели из импрегнированной древесины. А для высокоскоростных железных дорог и для автобанов зачастую применяются долговечные экраны на основе щепо или керамзитобетона.

В России панели для экранов применяют чаще из оцинкованной стали, реже из алюминия, импрегнированной древесины и др. материалов.

В нашей стране ШЭ изготавливаются из металла (сталь, алюминий), дерева и щепобетона. В России сложился тренд в сторону экранов с металлическими панелями из оцинкованной стали, которые часто приходят в негодность после 3-5 лет эксплуатации. Процентное соотношение использования материалов в ШЭ в России представлено в таблице 2.

Таблица 2

Процентное соотношение использования материала в России

Материал	Процент (%) применения ШЭ из материалов
Оцинкованная сталь	85
Алюминий и нержавеющая сталь	10
Бетон, щепобетон	3
Дерево	1
Другие материалы	1

2. Выбор конструкции ШЭ

С учетом стоимости экрана и его долговечности возникает вопрос выбора методики для определения материала панели и изготовителя. Зачастую изготовители дают ложную информацию (включая сертификаты) о своих конструкциях. И у заказчика возникает вопрос экономической выгоды применения того или иного материала с учетом долгосрочной перспективы обслуживания.

Эта проблема обусловлена большим числом предложений на рынке. Предлагаемые варианты ШЭ отличаются как значительным разбросом по показателям качества, так и по стоимости. Например, на рынке можно найти варианты шумозащитных экранов стоимостью только самого материала (без фундамента и монтажа) от 2,2 тыс. рублей до 12 тыс. рублей за квадратный метр.

Стоимость фундамента и монтажа экрана варьируется от 15 тыс. рублей до 25 тыс. рублей за погонный метр для комбинированных экранов в ценах на 2021 год.

Для примера рассмотрена стоимость объема экранов установленных ФДА Росавтодор в 2019 году. Согласно докладу руководителя ФДА Росавтодор в 2019 году отремонтировано и построено свыше 100 км экранов при средней высоте 5 м вдоль автомобильных дорог России. Разница цен при заявленной протяженности экранов в пределах нашей страны, обуславливает максимально возможную разницу стоимости при принятии крайних по цене решений о выборе вариантов различных материалов панелей около 4,9 млрд. рублей.

Риск ошибки при выборе материала ШЭ на 1 % оценивается величиной около 85 млн. рублей при максимальных ценах экрана и соответственно полной стоимости

монтажа (с материалами и фундаментом).

Размер ошибки в 10 % при указанных выше средних ценах на ШЭ может привести к переплате за несоответствие по качеству около 850 млн. рублей. При большей стоимости или объемах ШЭ потери соответственно пропорционально возрастают.

Сложность проблемы обусловлена тем, что она относится к классу многокритериальных задач, которая в свою очередь появляется из-за параметра «качество». Во-первых, описать одним показателем качество сложной технической системы – невозможно. Во-вторых, различные свойства, которые описываются показателями качества, являются независимыми друг от друга. Таким образом, полная номенклатура показателей качества, описывающая конкретный вид продукции, образует многомерную и ортогональную систему координат, в которой и задаются свойства каждого конкретного изделия, относящихся к данному виду продукции. Перечень требуемых показателей качества и допустимые интервалы их значений задаются Заказчиком. Таким образом, каждый вид изделия в данной, установленной Заказчиком системе координат, задается своим вектором. Именно это обстоятельство - векторный характер описания качества любого изделия - не позволяет «напрямую» сравнивать различные изделия друг с другом. Для этого применяются различные инструменты приведения векторов качества каждого изделия к сравнимому виду:

- наиболее популярные – экспертные оценки интегрального уровня качества;
- значительно меньше представлены расчетные алгоритмы, построенные на скалярном представлении интегрального уровня качества изделия (рейтинг качества изделия).

Первые – проще, но не однозначны (вплоть до прямо противоположных мнений экспертов об одном и том же изделии), т.к. построены на субъективных оценках экспертов.

Вторые – сложнее, но и более объективны, хотя на одном из этапов также привлекаются эксперты для проведения процедуры взвешивания и сравнения показателей качества между собой. При этом эксперты не делают заключения о качестве конкретных изделий и не сравнивают их между собой. Рейтинг качества каждого из сравниваемых изделий получается расчетным методом и с учетом того, что веса показателей определяются как средняя величина по результатам оценки каждого из привлеченных экспертов, то этот итоговый рассчитанный рейтинг как бы учитывает средневзвешенное мнение каждого эксперта. Именно это обстоятельство обеспечивает высокую объективность и точность данного метода.

Если в координатах «Рейтинг качества ШЭ» - «Цена ШЭ» нанести все полученные результаты по каждой имеющейся альтернативе и построить линию регрессии, которая будет показывать среднерыночную зависимость качества ШЭ от цены для выборки, построенной на предоставленных альтернативных вариантах ШЭ и наиболее адекватно описывающую всю совокупность результатов, то можно увидеть те альтернативы, у которых имеются отклонения по качеству / цене ниже и выше среднерыночных.

Также для исключения из рассмотрения низкокачественных альтернатив, можно установить минимальный уровень рейтинга качества и те варианты ШЭ, у которых фактический рейтинг оказался ниже допустимого минимального, исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Поэтому для выбора варианта экрана необходимо применять специальную методику, которая должна включать в себя:

- в аккредитованной испытательной лаборатории провести сравнительные испытания всех отобранных альтернативных вариантов, предлагаемых на рынке шумопоглощающих экранов по показателям акустической эффективности в натурных условиях;

- провести процедуру расчета рейтингов качества каждой из предоставленных альтернатив, установить предельно допустимый нижний уровень рейтинга (например, 60 %) и по результатам расчетов исключить из дальнейшего исследования и анализа все альтернативы, у которых интегральный рейтинг оказался ниже допустимого;
- провести анализ полной стоимости жизненного цикла каждого из оставшихся вариантов, включающей стоимость покупки, монтажа, эксплуатации и утилизации по окончании гарантийного срока эксплуатации;
- разработать алгоритмы расчетов индексов «качество-цена» и провести по ним расчеты и сравнения предложенных рыночных альтернатив;
- если нет явных лидеров, то можно разделить все оставшиеся альтернативы, например, на 3 категории по цене: «дешевые», «средние», «дорогие». И провести сравнительный анализ между лидерами из каждой категории с учетом имеющегося задела (анализ надежности установленных уже экранов);
- если есть явные лидеры, то выбрать наиболее оптимальные по указанному соотношению «качество – цена» и предоставить их заказчику для принятия окончательного решения.

Такой подход на примере показанного объема экранов установленных в 2019 году позволит сократить затраты на установку шумозащитных экранов на несколько миллиардов рублей даже без учета 20-летней перспективы.

Поэтому использование инструмента, который позволяет перевести векторную величину, характеризующую качество изделия, к скалярному виду (числу), открывает широкие возможности по анализу и оценке всех предложенных альтернатив и обоснованному принятию оптимального по критерию «качество-цена» решения.

Заключение

Осознанный подход по четкой методике даст грамотный подход к выбору конструкции. Позволит сократить экономические затраты на долгосрочный период. Позволит проводить сравнительный анализ и делать обоснованный выбор конструкций.

Такой инструмент позволяет свести к минимуму коррупционность процедур закупок, поскольку выбор Поставщика зависит только от показателей его продукции (качественных и ценовых), а не от решения конкретных должностных лиц Закупщика.

Данный подход позволит Заказчику принимать обоснованные решения по выбору материала шумозащитного экрана с учетом практики применения того или иного материала, как у нас в стране, так и на зарубежном рынке.

Список литературы

1. Шумозащитные стенки в США. A sound solution. Sorvig Kim. Planning (VS A Schallschutzwand fur Verkehrswege: Заявка 19938676. Т 2001. 67, №4, с. 10-15, (Английский).
2. Benz Kotzen., Colin English. Environmental Noise Barriers. A guide to their acoustic and visual design. Second edition. 1999, 2009. – 10-197 pp.
3. Conference of European Directors of Roads (CEDR). Technical Report 2017-02 State of the art in managing road traffic noise: noise barriers. December 2016.-8-28 pp.
4. Шашурин А.Е. Акустическая надежность шумозащитных экранов (Acoustic reliability of the noise barriers). АКУСТИКА, Volume 32, 2019, с. 251-255 ISSN 1801-9064.
5. Шашурин А.Е., Новые технические и технологические решения для снижения акустического загрязнения шумозащитными экранами. Монография / А. Е. Шашурин

(лва 100%). – СПб.: Изд-во Балт. гос. техн. ун-та, 2018. – 134 с.

6. Daigle Grilles A. Report by the International Institute of Noise Control Engineering Working Party of the Effectiveness of Noise Walls, Noise/ News, vol. 7, N3, 1999, pp 139-160.

References

1. Noise protection walls in the USA. A sound solution. Sorvig Kim. Planning (VS A Schallschutzwand fur Verkehrswege: Application 19938676. T 2001. 67, №4, с. 10-15.

2. Benz Kotzen., Colin English. Environmental Noise Barriers. A guide to their acoustic and visual design. Second edition. 1999, 2009. – 10-197 pp.

3. Conference of European Directors of Roads (CEDR). Technical Report 2017-02 State of the art in managing road traffic noise: noise barriers. December 2016.-8-28 pp.

4. Shashurin A.E. , Acoustic reliability of the noise barriers. AKUSTIKA, Volume 32, 2019, с. 251-255

5. Shashurin A.E. , New technical and technological solutions to reduce acoustic pollution by noise barriers. Monograph / Shashurin A.E. (lva 100%) – SPB.: Publisher BGTU, 2018 – 134p.

6. Daigle Grilles A. Report by the International Institute of Noise Control Engineering Working Party of the Effectiveness of Noise Walls, Noise/ News, vol. 7, N3, 1999, pp 139-160.