

УДК: 628.517.2
OECD: 01.03.AA

Стоимостная оценка шумозащитной конструкции

Борцова С.С.

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

Аннотация

Расходы на защиту от транспортного шума составляют значительную долю затрат транспортных объектов (автомобильных и железных дорог). При этом в каждом конкретном случае проектировщик может подобрать несколько вариантов шумозащитных конструкций (ШЗК) и (или) их комбинаций (для защиты высокоэтажной застройки), которые будут в состоянии обеспечить требуемое снижение шума. Варианты могут отличаться как параметрами ШЗК, влияющими на её акустическую эффективность, так и составом всего шумозащитного комплекса. Выбор оптимальной шумозащиты должен быть произведен с учётом её стоимости. Сметные расчеты необходимы практически всем участникам проекта. Однако составление сметы для каждого варианта шумозащиты может потребовать значительного времени. Избежать этого процесса, но вместе с тем представить данные о стоимости проектируемой шумозащиты возможно, если будет установлена зависимость стоимости ШЗК от ключевых конструктивных параметров: высота, форма и материал. Для этого автор проанализировал структуру и состав сметной стоимости основных ШЗК и представил в статье её параметрическую функцию в зависимости от тех же параметров, которые интересуют проектировщика акустика.

Ключевые слова: стоимость шумозащитных конструкций, экономическая оценка шумозащиты, параметрическая функция сметной стоимости, экономика шумозащиты, затраты на снижение шума.

Cost estimation of noise protection structures

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

The costs of protection from transport noise account for a significant proportion of the costs of transport infrastructure (roads and railways). At the same time, in each specific case, the designer can choose several options for noise protection structures and (or) their combinations (to protect high-rise buildings), which will be able to provide the required noise reduction. The variants may differ both in the parameters of the noise protection structures, which affect its acoustic efficiency, and in the composition of the entire noise protection complex. The choice of optimal noise protection should be made taking into account its cost. Estimates are necessary for almost all project participants. However, making an estimate for each noise protection option may take considerable time. It is possible to avoid this process, but at the same time to provide data on the cost of the projected noise protection, if the dependence of the cost of the noise protection structures on key design parameters is established: height, shape and material. To do this, the author analyzed the structure

and composition of the estimated cost of the main noise protection structures and presented in the article its parametric function depending on the same parameters that interest the acoustics designer.

Keywords: cost of noise protection structures, economic assessment of noise protection, parametric function of the estimated cost, economics of noise protection, cost of noise reduction.

Введение

Защита от шума очень дорого обходится обществу, от 0,2 до 2% внутреннего валового продукта страны. Самым распространенным источником шума и главной причиной слухового раздражения и беспокойства людей во всех странах мира является шум транспорта. При этом затраты на шумозащиту при проектировании автомобильной дороги в городской черте могут достигать 25% от её сметной стоимости. Стоимость мероприятий, направленных на снижение шума железной дороги вблизи городской застройки сравнима со стоимостью железнодорожных путей [1].

Несмотря на то, что современный транспорт стал «тише» выпускаемого десять лет назад, возросшее число перевозок приводит к увеличению уровня шума. Поэтому наибольшее внимание уделяется разработке мер по снижению акустического воздействия автомобильных и железных дорог, ключевыми из которых являются шумозащитные конструкции (ШЗК): экраны (ШЭ), насыпи (ШН), зелёные насаждения (ШЗН) или проложение дороги в выемке (ШВ). ШЗК дают наибольшее снижение шума, к тому же являются более пригодными в эксплуатационном плане.

Зачастую для нормализации вредного влияния транспорта проектируется целый комплекс шумозащитных конструкций, дополнительно используют шумозащитное остекление защищаемых зданий и снижение шума источника (пористый асфальт, вибродемпфирующие накладки и др.). Выбор состава такого комплекса осуществляется интуитивно, на основании данных об акустической эффективности применяемых средств защиты. Проектировщик не имеет представления, как изменение акустических параметров ШЗК повлияет на её стоимость, а составление сметы для каждого варианта шумозащиты может потребовать значительного времени. Это приводит к неоправданно высоким затратам, их снижение лежит на пути оптимизации шумозащиты по стоимостному критерию.

Для решения этой задачи изначально устанавливается связь эффективности каждой шумозащитной конструкции с основным(и) конструктивным(и) параметром(ами), что было предпринято автором в статье [2], а затем выявляется связь между этим(и) параметром(ами) и её стоимостью.

Анализ состава и структуры сметной стоимости строительства ШЗК позволит связать основные конструктивные параметры, а, следовательно, и акустическую эффективность ШЗК, с её сметной стоимостью.

1. Параметрическая функция акустической эффективности

Основными параметрами ШЗК, влияющими на её акустическую эффективность, являются высота (Н); материал, определяющий шумопоглощающие и шумоотражающие свойства конструкции; и форма.

Материалом ШВ и ШН является шумопоглощающий грунт, как правило, с растительностью: травы, низкий кустарник; реже применяются каменные материалы, габионы, армированный грунт для устойчивости откосов, эти материалы – шумоотражающие.

По материалу панелей шумозащитные экраны также можно разделить на:

- шумопоглощающие: металл при наличии перфорации не ниже 30% и звукопоглощающего материала, импрегнированная древесина и др.
- шумоотражающие: бетон, панели из пластиков и стекла.

Согласно [2] шумопоглощающие материалы на 3 дБА эффективнее шумоотражающих.

Для использования ШЭ совместно с другими ШЗК следует учитывать следующие их типы:

- облегченные панели (массой ниже 20 кг): панели из алюминия (до 1,2 мм), композитные панели.
- легкие панели: из оцинкованной или нержавеющей стали, импрегнированной древесины со звукопоглощением, стекла, ПММА и монолитных поликарбонатов (при толщине свыше 10 мм).
- тяжелые панели: из бетона или с наполнением бетона щепой, керамзитом и пр. Последние не устанавливаются на искусственных сооружениях.

Характеристиками формы ШН и ШВ являются уклон (y) и размер площадки (e) (верхней и нижней соответственно). В [2] представлена зависимость эффективности ШН и ШВ от этих параметров. Причём зависимость для защиты низкоэтажной и высокоэтажной застройки отличается. В случае применения ШН за счёт «двойной дифракции», а ШВ – дополнительного влияния склонов эффективность этих ШЗК для малоэтажной застройки оказывается выше.

Для ШЭ возможно изменение формы верхней граничной поверхности экрана на Г, Т или Y-образную, в т. ч. с добавлением абсорбирующего материала. Эффективность таких экранов может возрасти на 2-3 дБА.

Эффективность шумозащитных насаждений зависит от ширины лесопосадки (ЛП), а в случае использования шумозащитного озеленения (ШЗ) увеличивается за счёт добавления высокой древесной породы.

Также стоит отметить, что на эффективность ШЗК влияет её длина.

Построение функции эффективности неразрывно связано с координатами источника шума (ИШ), расчётной точки (РТ) и положением ШЗК. При неизменном расположении высот ИШ и РТ; расстояний ИШ-РТ и ИШ-ШЗК (с учётом того, что расстояние ИШ-ШЭ меньше ИШ-ШН(В)) проектировщик может подобрать немалое количество вариантов ШЗК и их комбинаций (для высокоэтажной застройки), способных обеспечить требуемое снижение шума, варьируя представленными в таблице 1 параметрами. Выбор оптимальной шумозащиты должен быть произведен с учётом её стоимости.

Таблица 1

Параметры, влияющие на акустическую эффективность ШЗК [2]

Защита малоэтажной застройки	Защита высокоэтажной застройки
$\Delta L^{\text{ШЭ}} = f(H; K_{\text{м}}; K_{\text{ф}}; K_{\text{д}})$	$\Delta L^{\text{ШЗН}} = f(b_{\text{лп}}; K_{\text{м}}; K_{\text{д}})$
$\Delta L^{\text{ШН}} = f(H; K_{\text{м}}; y; e; K_{\text{д}})$	$\Delta L^{\text{ШН}} = f(H; K_{\text{м}}; y; K_{\text{д}})$
$\Delta L^{\text{ШВ}} = f(H; K_{\text{м}}; y; e; K_{\text{скл}}; K_{\text{д}})$	$\Delta L^{\text{ШВ}} = f(H; K_{\text{м}}; y; e; K_{\text{д}})$
	$\Delta L^{\text{ШН+ШЭ}} = f(H^{\text{н}}; H^{\text{э}}; K_{\text{м}}; y; K_{\text{д}})$
	$\Delta L^{\text{ШВ+ШЭ}} = f(H^{\text{в}}; H^{\text{э}}; K_{\text{м}}; y; e; K_{\text{д}})$

$\Delta L^{\text{ШЭ}}, \Delta L^{\text{ШЗН}}, \Delta L^{\text{ШН}}, \Delta L^{\text{ШВ}}$ - эффективность ШЭ, ШЗН, ШН и ШВ

соответственно; H - высота ШЗК; $b_{лп}$ - ширина лесопосадки; y и e - уклон и размер площадки ШН и ШВ; $K_m, K_f, K_{скл}, K_d$ - поправки на материал, форму, склон ШВ и длину ШЗК соответственно.

K_m отражает зависимость эффективности от материала. Для ШЭ, ШН и ШВ упрощённо $K_m = K_{отр}$, для шумоотражающих материалов $K_{отр} = 0$ дБА, для шумопоглощающих $K_{отр} = -3$ дБА. Указанные коэффициенты или поправки введены в [2] на основании ГОСТ 31295.2-2005 и ГОСТ 33325-2015. Для ШЗН $K_m = 5$ дБА для шумозащитного озеленения, $K_m = 0$ дБА для лесопосадки – это допущение автора.

Влияние длины ШЗК (K_d) на её эффективность вынесем за рамки настоящего исследования, будем полагать ШЗК протяжённой длины, и проводить сравнения в отношении одного метра длины конструкции (попикетажный подбор).

2. Параметрическая функция сметной стоимости строительства шумозащитных сооружений

Сметная стоимость шумозащитных сооружений, как и стоимость любых строительных работ, включает сметные прямые затраты, накладные расходы и сметную прибыль, а также отдельные виды затрат, относимые на стоимость строительно-монтажных работ.

Сметные прямые затраты учитывают сметную стоимость материалов, изделий, конструкций, средства на оплату труда рабочих, стоимость эксплуатации машин и механизмов, включая оплату труда рабочих, управляющих машинами (машинистов) по каждому виду работ и затрат.

Накладные расходы и сметная прибыль определяются в соответствии со сметными нормативами, сведения о которых включены в федеральный реестр сметных нормативов (ФРСН), формируемый в установленном порядке. Они начисляются в процентах от фонда оплаты труда (ФОТ) в зависимости от вида работ.

Смета на строительство разрабатывается с использованием сметных нормативов, а также единичных расценок и составляющих единичных расценок к сметным нормам, сведения о которых включены в ФРСН [3].

Для того, чтобы каждый раз не разрабатывать новую смету (для аналогичного строительства или аналогичных ШЗК), для каждого вида ШЗК предлагается использовать так называемый параметрический метод оценки стоимости строительства.

Суть метода – т.к. стоимость строительства складывается из затрат (по наименованию работ), определяемых произведением суммы единичных расценок, стоимости материалов и начисленных на ФОТ накладных расходов и сметной прибыли на «объем» работ (параметр, измеряемый в единицах объёма, площади, массы, длины, количества и т.д.), она (стоимость) представляется в виде функции зависимости от выбранных параметров ШЗК (высота, уклон и ширина верхней/нижней площадки насыпи/выемки, ширина посадки):

$$K = \sum_{i=1}^n (P + M + \text{ФОТ} \cdot (HP + СП)) \cdot \Pi_i, \quad (1)$$

где Π_i – параметр, в отношении которого выполняется работа (осуществляются затраты), выражаемый через параметры ШЗК; P - расценки на выполнение работ за единицу; M – стоимость материалов для выполнения работ; ФОТ - фонд оплаты труда; HP и $СП$ - накладные расходы и сметная прибыль по каждому виду работ; n – количество выполняемых работ.

Самой весомой составляющей формулы (1) является стоимость материалов.

2.1. Функция стоимости грунтовых ШН и ШВ

При проведении земляных работ по возведению насыпи и выемки имеют место схожие позиции по наименованию работ и затрат:

- разработка выемки или возведение насыпи и уплотнение грунта, зависящие от параметра – объем земляных работ (V , м³);
- затраты на планирование и укрепление откосов посевом многолетних трав, полив посевов трав (параметр – площадь откосов S , м²),
- материальные затраты на покупку земли, песка, семян, удобрений (параметры их количества взаимосвязаны с V или S).

При этом V и S могут быть выражены через ключевые параметры ШВ и ШН: H , e и y . При равных уклонах откосов ШВ и ШН объём земляных работ для их возведения можно рассчитывается как:

$$V = (e + y \cdot H) \cdot H \cdot L, \quad (2)$$

где L - длина шумозащитного сооружения, полагая $L = 1$ м, получаем:

$$V = y \cdot H^2 + e \cdot H. \quad (3)$$

Аналогичным образом получен параметр S :

$$S^b = 2 \cdot \sqrt{H^2 + (y \cdot H)^2} + e. \quad (4)$$

Если нижняя площадка выемки не «обрабатывается», e в формуле (4) не прибавляется.

V и S подставляются в формулу (1) в качестве параметра Π_i .

Материальные затраты на землю (M_z), семена (M_c), песок (M_n), удобрения (M_y) выражаются как:

$$M_z = 15,8 \cdot S \cdot C_z; \quad M_c = 2,7 \cdot S \cdot C_c; \quad M_n = V \cdot C_n; \quad M_y = 0,0034 \cdot S \cdot C_y, \quad (5)$$

где C_z, C_c, C_n, C_y – стоимость единицы указанных материалов.

К ряду позиций допускается применение коэффициентов запаса (уплотнение грунта, например).

Расценки на работы (P) и фонд оплаты труда (ФОТ) будут зависеть от подвида работы (например, разработка ШВ и возведение ШН от вместительности ковша и группы грунта), накладные расходы и сметная прибыль от вида земляных работ.

2.2. Стоимость ШЭ

Стоимость строительства ШЭ складывается из стоимости работ (земляные работы, устройство фундамента, устройство шумозащитного полотна) и стоимости материалов для их выполнения. Выбор и устройство фундамента будет зависеть от веса шумозащитного полотна. Незначительное, но влияние на стоимость окажут расходы, связанные с архитектурой, декорированием или эстетической отделкой, нанесением абсорбирующего, влагостойкого, антикоррозийного, антивандального покрытия. По опыту использования экранов на Московской кольцевой автомобильной дороге, в таблице 2 приведена структура затрат на их строительство.

Таблица 2

Структура затрат на строительство шумозащитных экранов [4]

Материал экрана	Стоимость строительно-монтажных работ по элементам экрана, %		
	Фундамент со стойками	Панели	Благоустройство, ограждение
Асбоцементные экструзионные панели	36	57	7
Перфорированные металлические панели	18	78	4
Прозрачный поликарбонат	13	89	3
Монолитный бетон	46	35	19

Вследствие особенности производства шумозащитный экран может иметь шаг по высоте 0,5 м или 1 м, поэтому построение непрерывной функции стоимости не представляется возможным. На данном этапе исследования для получения ориентировочной оценки стоимости ШЭ автор ограничился составлением смет на возведение экранов высотой 4, 6, 8 метров, а стоимость промежуточных высот получением аппроксимированием.

В отличие от ШН и ШВ, представленных в основном грунтами, на рынке представлен широкий выбор материалов акустических экранов. Проанализировав их сметную стоимость, было получено её относительное значение для 10 различных материалов (таблица 3). Значение «1» соответствует стоимости 1 п.м. ШЭ с «панелью звукоизолирующей шумозащитной из оцинкованной стали, окрашенной полиэфирной порошковой краской, с глухой или перфорированной фасадной крышкой», сборник базовых цен ОЕРЖ-2001.

Стоит отметить, что:

1) для обеспечения требуемой защиты потребуется разная высота ШЭ, что в формуле эффективности ШЭ отражает поправка $K_{отр}$,

2) с целью сравнения ШЭ с другими ШЗК условная единица должна иметь значение из сметной стоимости, составленной сопоставимым образом,

3) в отличие от ШН и ШВ, способных обеспечить неизменное снижение шума в течение длительного срока, ряд ШЭ по истечению непродолжительного времени теряют акустическую эффективность и, рассматривая применение экрана на перспективу, должен учитываться его срок службы, что также отражено в таблице 3.

Таблица 3

Стоимость и срок службы шумозащитного экрана

№	Материал панели	Приведенная стоимость конструкции	Срок службы до замены
1	Оцинкованная сталь <1мм	1	10
2	Оцинкованная сталь ≥1мм	1,8	15
3	Алюминий <1мм	1,1	15
4	Алюминий ≥1мм	1,3	25

Таблица 3 (Продолжение)

№	Материал панели	Приведенная стоимость конструкции	Срок службы до замены
5	Аустенитная нержавеющая сталь $\geq 0,7$ мм	1,7	25
6	Древобетон	0,8	25
7	Бетон	0,6	25
8	Композитные материалы, стеклопласты	1	15
9	Импрегнированная древесина	0,7	15
10	ПММА, монолитный поликарбонат	1,5	10

Для экранов высотой более 4 метров в качестве альтернативных также рассматриваются варианты с отличной от прямой формой конструкции. Относительное удорожание таких ШЭ представлено в таблице 4.

Таблица 4

Увеличение стоимости ШЭ с модифицированной конструкцией верхней части [5]

Тип экрана	"Т"-образный	"У"-образный	Наклонный	Абсорбирующие поверхности с одной стороны	Абсорбирующие поверхности с двух сторон
Дополнительное снижение шума, K_f , дБА	1,5-2,0	1,0-1,5	0,0-0,5	0,0-2,0	2,0-3,0
Относительное удорожание, %	10	10-20	10	20	25

2.3. Функция стоимости ШЗН

Как и в сборниках сметных нормативов (номер 47), шумозащитные насаждения представлены защитной лесопосадкой (лесонасаждением) и шумозащитным озеленением.

Работы и затраты на возведение ШЗН условно можно разделить на:

– относящееся к площади посадки: планировка, разбивка, очистка участка, внесение удобрений (с материальными затратами на удобрения) и зависящие от параметра – площадь посадки ($S_{лп}$);

– относящиеся к посадке непосредственно: подготовка посадочных мест, посадка деревьев и кустарников, уход за деревьями, материальные затраты - стоимость деревьев и кустарников с учётом отпада (10-15%). Их целесообразно выразить как полная стоимость деревьев и (или) кустарника, включающая материальные затраты и работы по посадке, умноженная на количество деревьев и (или) кустарника, приходящихся на единицу площади посадки ($S_{лп}$).

Стоимость шумозащитного озеленения будет выше стоимости лесопосадки (состоящей из кустарника и небольших деревьев) на стоимость главной древесной породы

(деревья 5 класса). Для круглогодичной защиты от шума целесообразнее использовать хвойные породы деревьев и кустарника. С учётом того, что длина шумозащитных сооружений принята как 1 м, $S_{\text{лп}} = b_{\text{лп}}$ и функция стоимости имеет вид:

$$K^{\text{лп}} = (P + M + \text{ФОТ} \cdot (HP + \text{СП})) \cdot b_{\text{лп}}$$

$$K^{\text{шз}} = (P + M + \text{ФОТ} \cdot (HP + \text{СП})) \cdot b_{\text{лп}} + C_{\text{гдп}} \quad (6)$$

$K^{\text{лп}}$ - сметная стоимость лесопосадки, $K^{\text{шз}}$ - сметная стоимость озеленения, $C_{\text{гдп}}$ - стоимость главной древесной породы.

3. Стоимость дБА снижения шума

На основе реальных локальных сметных расчётов (смет) основных ШЗК, составленных базисно-индексным методом в уровне цен на 01.01.2000, автором были разработаны формулы (функции) расчёта сметной стоимости их строительства:

$$K^{\text{шв}} = 5,5 \cdot (y \cdot H^2 + e \cdot H) + 31,9 \cdot (2 \cdot \sqrt{H^2 + (y \cdot H)^2} + e) \quad (7)$$

$$K^{\text{шн}} = 82,7 \cdot (y \cdot H^2 + e \cdot H) + 31,9 \cdot (2 \cdot \sqrt{H^2 + (y \cdot H)^2} + e) \quad (8)$$

$$K^{\text{лп}} = 39,62 \cdot b_{\text{лп}} \quad (9)$$

$$K^{\text{шз}} = 39,62 \cdot b_{\text{лп}} + 5573 \quad (10)$$

$K^{\text{шв}}$, $K^{\text{шн}}$, $K^{\text{лп}}$, $K^{\text{шз}}$ – сметные стоимости шумозащитных выемки, насыпи, лесопосадки и озеленения соответственно, руб.; H – высота ШЗК; $b_{\text{лп}}$ – ширина лесопосадки; y и e - уклон и ширина площадки ШН и ШВ.

Для лесопосадки были выбраны кустарник - можжевельник двух видов: высокий и низкий (вне зависимости от вида имеющий одну стоимость) и сосна обыкновенная (1,0-1,5 м). Главная древесная порода шумозащитного озеленения – ель сербская (4,0-4,5 м) возводится только на ширину 25 м. На площадь $S_{\text{лп}} = 25 \text{ м}^2$ приходится 1 невысокое дерево, 1 кустарник (с чередованием высокого и низкого), 1 высокое дерево.

Зная формулу эффективности ШЗК и формулу её стоимости можно оценить стоимость снижения шума на каждый дБА. На рисунке 1 представлены затраты на снижение каждого последующего дБА шума шумозащитными насыпью и выемкой. Цены 2000 года приняты за у.е.

Расчёты выполнены для ШН (1;2) и ШВ (1,5;15), где цифры в скобках показывают значения y и e , по формулам 7 и 8. Эффективность 12, 13, ..20 дБА подбиралась за счёт изменения высоты ШЗК. Формула эффективности взята из ГОСТ 33325-2015.

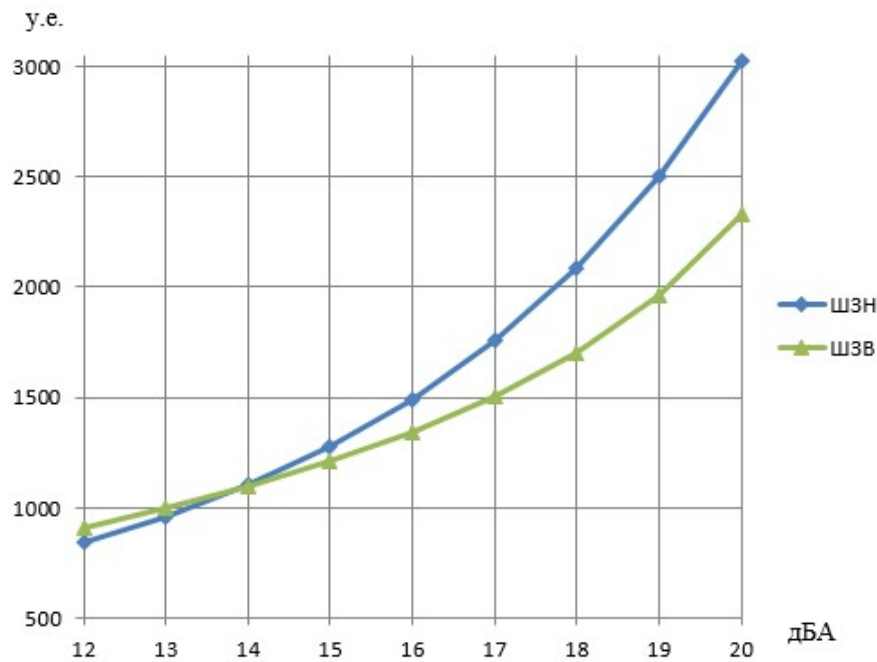


Рис. 1. Стоимость снижения шума

Функция стоимости ШЭ дискретна т.к. ключевой конструктивный параметр – высота экрана может иметь значения с шагом 0,5 м (или 1 м), стоимость ШЗН носит линейный характер (формулы 9 и 10).

Для получения реальной стоимости шумозащиты следует проиндексировать полученную стоимость в цены рассматриваемого года.

Для сравнения вариантов шумозащиты можно использовать условные денежные единицы. Главное, чтобы сметы были составлены одним методом (ресурсным, базисно-индексным или ресурсно-индексным) в одном текущем (базисном) уровне цен (2000 или 2001), желательно использовать один сборник единичных расценок одной редакции.

Если сравнивать стоимости снижения шума, представленные на рис. 1, со стоимостью снижения шума ШЭ, то последняя окажется выше. Однако следует учитывать, что помимо сооружения непосредственно ШЗК, имеют место прочие капитальные вложения. В их числе: установка дренажной системы; расходы на устройство различных конструкций для доступа дороги (подъезды, проходы, технические двери, лестничные сходы, дорожные знаки, уклоны, уширение земляного полотна, рвы и т.п.) в местах, где со стороны жилой застройки проходят транспортные пути; стоимость защитных элементов (ограждений); расходы на подземное и наземное перемещение (временное или постоянное) из-за установки ШЗК. Для ШН и ШВ они будут выше, чем для ШЭ.

Также на стоимость ШЗК окажут влияние транспортные расходы. Так, доставка грунта для возведения насыпи, может существенно увеличить её стоимость. Экономически целесообразнее возводить ШН из остатков грунта от проложения дороги. Также очевидно, что стоимость ШН и ШВ ниже в малонаселённых местах или местности, где застройка находится с одной стороны дороги и не требует доступа к другой.

Существуют и другие внешние факторы, оказывающие влияние на стоимость ШЗК. Их влияние должно быть оценено отдельно для каждого конкретного случая.

Заключение

Выбор шумозащитной конструкции или состава шумозащитного комплекса осуществляется проектировщиком интуитивно, что ведет к неоправданно высоким затратам на шумозащиту. А должен быть произведен с учётом её стоимости, причём проектировщику должно быть понятно и изменение стоимости в зависимости от изменения конструктивных параметров ШЗК, влияющих на её эффективность.

Варианты ШЗК сравниваются по видам (ШН, ШВ, ШЭ, комбинации ШЗК), по материалам (шумоотражающие, шумопоглощающие, каждая из этих групп для ШЭ делится по материалу панелей), по форме (в зависимости от e , y для ШН и ШВ или модификации верхней части ШЭ). В итоге получается большое количество вариантов, способных обеспечить требуемое снижение шума.

Проанализировав структуру и состав сметной стоимости на основе реальных локальных сметных расчётов (смет) основных ШЗК, автором были разработаны формулы расчёта сметной стоимости их строительства в зависимости от высоты, формы и материала. Функция стоимости ШН и ШВ квадратичная (формулы 7 и 8); функция стоимости ШЭ дискретна, т.к. ключевой конструктивный параметр – высота экрана может иметь значения с шагом 0,5 м или 1 м; функция стоимости ШЗН носит линейный характер (формулы 9 и 10).

Для сопоставимости вариантов важно, чтобы сметы были составлены одним методом (ресурсным, базисно-индексным или ресурсно-индексным) в одном текущем (базисном) уровне цен, желательно использовать один сборник единичных расценок одной редакции.

Зная формулу эффективности ШЗК и формулу её стоимости, можно оценить затраты по снижению шума на каждый дБА и выбрать наиболее экономически оптимальный вариант.

Аналогичный метод составления сметной стоимости строительства применим и к эксплуатационным затратам при использовании ШЗК.

Выбор материала ШЭ по стоимостным параметрам должен осуществляться в зависимости от срока его эксплуатации, т.к. на долгосрочную перспективу вариант с низкой сметной стоимостью с учётом долговечности материала панелей ШЭ может оказаться «дороже».

Список литературы

1. Борцова С.С., Шашурин А.Е. Экономическая целесообразность выбора шумозащитных конструкций «Вестник образования и развития науки Российской Академии Естественных Наук». 2020. № 3. С. 66-71
2. Борцова С.С. Выбор оптимальной шумозащитной конструкции по параметрам, влияющим на акустическую эффективность, "Noise Theory and Practice", Том 7 №5 (V, 2021), С. 48-65.
3. Павлов А.С. Экономика строительства [Электронный ресурс] : учебник и практикум для вузов. Ч.1 / А. С. Павлов. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Юрайт, 2021. - 337 с.
4. Поспелов П. И. Техничко-экономические показатели конструкций шумозащитных экранов на Московской кольцевой автомобильной дороге / П. И. Поспелов, Д. М. Строков // Проектирование автомобильных дорог : сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ). – М. : МАДИ, 2002. – С. 131-136

5. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам.

References

1. S.S. Bortsova, A.E. Shashurin Economic expediency of choosing soundproof structures "Bulletin of education and development of science of the Russian Academy of Natural Sciences". 2020. No. 3. P. 66 - 71
2. S.S. Bortsova Selection of the optimal noise barrier according to parameters affecting acoustic efficiency, "Noise Theory and Practice", Vol. 7 No. 5 (V, 2021), Pp. 48-65.
3. A.S. Pavlov Economics of construction [Electronic resource]: textbook and workshop for universities. Part 1 / A. S. Pavlov. - Electron. text data. - Moscow: Urait, 2021. - 337 p.
4. Pospelov P.I., Strokov D.M. Technical and economic indicators of noise barrier structures on the Moscow Ring Road. scientific tr. MADI (GTU). - M. : MADI, 2002. - Pp. 131-136
5. ОДМ 218.2.013-2011 Methodological recommendations for the protection of territories adjacent to highways from traffic noise (rus).