

УДК: 628.517.2  
OECD: 01.03.AA

## Экономическая эффективность шумозащитных конструкций

Борцова С.С.

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

### Аннотация

Затраты на реализацию шумозащитных мероприятий составляют существенную долю расходов транспортных объектов. Поэтому их учёт должен проводиться всесторонне, на протяжении всего жизненного цикла шумозащитного комплекса с учётом реального срока службы конструкций, входящих в его состав, на долгосрочную перспективу не менее 25 лет. Для этих целей предложен динамический показатель экономической эффективности - чистая приведённая стоимость (ЧПС), модифицированный с учётом особенностей строительства и эксплуатации шумозащитных сооружений. Предпочтение должно отдаваться варианту с минимальным значением ЧПС. В статье приводятся составляющие ЧПС, факторы, влияющие на её размер. На примере вариантов, обеспечивающих равное снижение шума, обоснован выбор шумозащитной конструкции (ШЗК) по показателю ЧПС. Даны предложения по повышению экономической эффективности шумозащиты. Указанный подход может быть положен в основу методики выбора ШЗК при проектировании шумозащитного комплекса и применяться для различных конструкций как вместе, так и по отдельности.

**Ключевые слова:** экономическая эффективность шумозащиты, акустическая долгосрочность, чистая приведённая стоимость, затраты на шумозащиту, жизненный цикл шумозащитной конструкции.

### *Economic efficiency of the noise protection*

*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**

*Economic efficiency of the noise mitigation measures. The costs of implementing noise mitigation measures account for a significant share of the transport facilities costs. Therefore, their accounting should be carried out comprehensively, throughout the entire life cycle of the noise protection complex, taking into account the actual service life of the structures comprised in it, for the long term of at least 25 years. A dynamic economic efficiency indicator is proposed for these purposes – the net present value (NPV), modified taking into account the peculiarities of construction and operation of the noise protection facilities. Preference should be given to the option with the minimum NPV value. The article presents the NPV components, factors affecting its size. Using the example of options that provide equal noise reduction, choosing a noise protection facility (NPF) according to the NPV indicator is justified. Suggestions are given to improve the noise protection economic efficiency. This approach can be used as a basis for the method of choosing a noise protection system when designing a noise protection complex and can be used for various structures both together and separately.*

**Keywords:** *economic efficiency of noise protection, acoustic long-term, net present value, noise protection costs, life cycle of noise protection structure.*

## Введение

Стоимость защиты от транспортного шума достаточно высока и может достигать 25% всех затрат на реализацию инфраструктуры дорог. Выбор шумозащитного комплекса проектировщиком зачастую происходит с учётом его акустической эффективности, стоимостным критерием служат капитальные вложения или сметная стоимость строительства. Не всегда экономические расчёты проводятся с перспективой на 25-30 лет и охватывают полный жизненный цикл применяемых сооружений, а ещё реже оценка шумозащиты отражает реальные сроки службы шумозащитных конструкций (ШЗК). В настоящее время в проектной документации под замену при эксплуатации «закладывается» несколько процентов от площади экранов. Однако в реальности уже через 10 лет ряд экранов теряет акустические свойства и шумозащитное полотно меняется полностью [1].

Поэтому при проектировании необходимо экономически обосновывать выбор шумозащитных мероприятий с учетом вышеперечисленных факторов. Экономические показатели должны оцениваться в течение всего жизненного цикла шумозащитной продукции, включающего: инженерные изыскания и проектирование; строительство; эксплуатация (в том числе текущие ремонты); реконструкция и (или) капитальный ремонт; снос сооружения. Акустические показатели должны быть обеспечены на весь период эксплуатации. В этом аспекте важен учёт срока службы, или долговечности ШЗК. Должна быть оценена экономическая эффективность применения различных конструкций как вместе, так и по отдельности на долгосрочную перспективу. Основными ШЗК являются: шумозащитные экраны (ШЭ) и насыпи (ШН), шумозащитные зелёные насаждения (ШЗН), проложение дороги в выемке (ШВ).

## 1. Показатели экономической эффективности

Выделяют две группы показателей экономической эффективности [2, 3] проекта:

1) рассчитываемые без учета фактора времени (т.н. статические показатели). Критерием выбора предпочтительного варианта являются: максимальный годовой экономический эффект, минимальный (меньше нормативного) срок окупаемости капитальных вложений, минимум приведенных среднегодовых затрат на осуществление проекта.

2) учитывающие временные изменения дисконтированием (динамические показатели):

- максимальная (положительная) величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД) или чистой приведенной стоимости (NPV);

- максимальный индекс доходности (ИД) или индекс рентабельности (PI) проекта;

- максимальная внутренняя норма доходности (ВНД, IRR), или модифицированная внутренняя норма доходности (МВНД, MIRR) при нетрадиционных потоках платежей (не встречающихся при финансировании шумозащитных мероприятий);

- минимальный дисконтированный срок окупаемости (ДСО, PP) и др.

При анализе инвестиционных проектов, функционирующих годами, как правило, используют динамические показатели оценки эффективности мероприятия. А окончательный вывод делается после их совместного анализа. Основным показателем

при выборе ШЗК в ОДМ [4] является индекс доходности (ИД), рассчитываемый как:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{(\Delta Y_t - C_t)}{(1+E)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}}, \quad (1)$$

где  $\Delta Y_t$  – предотвращаемый ШЗК ущерб от транспортного шума в год;  $K_t$  – капитальные вложения в строительство ШЗК;  $C_t$  – эксплуатационные затраты по содержанию ШЗК;  $E$  – норма дисконта;  $T$  – период эксплуатации, 25-30 лет.

Второй показатель – срок окупаемости инвестиций.

Так называемая «доходность» возникает вследствие положительного эффекта, получаемого от предотвращения за счёт шумозащитных мероприятий ущерба здоровью и жизнедеятельности проживающего на подвергающейся воздействию дороги территории. В статье [5] автор описал подходы к его учёту. Для сопоставления вариантов, имеющих одинаковый социально-экономический эффект (в виде предотвращаемого ущерба), понятие «доходности» и «окупаемости» теряет смысл. И для сравнения вариантов шумозащиты, обеспечивающих снижение шума до нормативного значения, целесообразнее использовать чистую приведённую стоимость.

Для всестороннего анализа затрат на протяжении всего жизненного цикла шумозащиты помимо капитальных вложений на возведение ШЗК и текущих затрат по их содержанию и эксплуатации также следует учесть расходы на проектирование, реконструкцию (или замену) и ликвидацию объекта.

## 2. Чистая приведённая стоимость шумозащитных мероприятий и её составляющие

Итак, стоимость шумозащитных конструкций складывается из пяти групп затрат:

- 1) Затраты на проектирование ( $C_{пр}$ ),
- 2) Капитальные вложения в строительство ( $K$ ),
- 3) Эксплуатационные расходы ( $C_t$ ),
- 4) Расходы на реконструкцию (частичную или полную замену),
- 5) Затраты на ликвидацию ( $C_л$ ).

Распределение этих затрат, выраженных в условных денежных единицах (у.е.), по времени (в годах) показано на рисунке 1, а. Очевидно, что первые две группы затрат осуществляются в начальный, относительно короткий период времени. Зачастую он составляет не больше года и применение дисконтирования в данном случае не требуется. Эксплуатационные затраты начинаются с момента сооружения ШЗК и осуществляются в течение всего её жизненного цикла, вплоть до ликвидации.

Важным фактором, который необходимо учесть в современных реалиях, является долговечность ШЗК (или её элементов). Проведённые исследования и НИОКР, а также анализ качества установленных на дорогах Российской Федерации шумозащитных конструкций, главным образом, экранов показывает, что многие из них не обеспечивают заявленный производителем срок эксплуатации и возникает ситуация, когда до истечения рассматриваемого периода 25 – 30 лет осуществляется их частичная или полная замена. Тогда возникают расходы на реконструкцию (замену) ШЗК, складывающиеся из затрат на ликвидацию сооружения (его части) и вложений в строительство нового (рисунок 1, б). Эти расходы можно выразить через сумму затрат ( $C_л + K$ ), умноженную на процент замены (реконструкции). Поэтому важно знать и срок службы или долговечность конструкции ( $t_д$ ), и коэффициент замены ( $k_з$ ).

Затраты на ликвидацию по шкале времени не распределяются, т.к. осуществляется

в довольно короткий срок времени, но имеют место и в конце срока службы ШЗК ( $t_d$ ), и в конце рассматриваемого периода эксплуатации транспортного комплекса ( $T$ ).

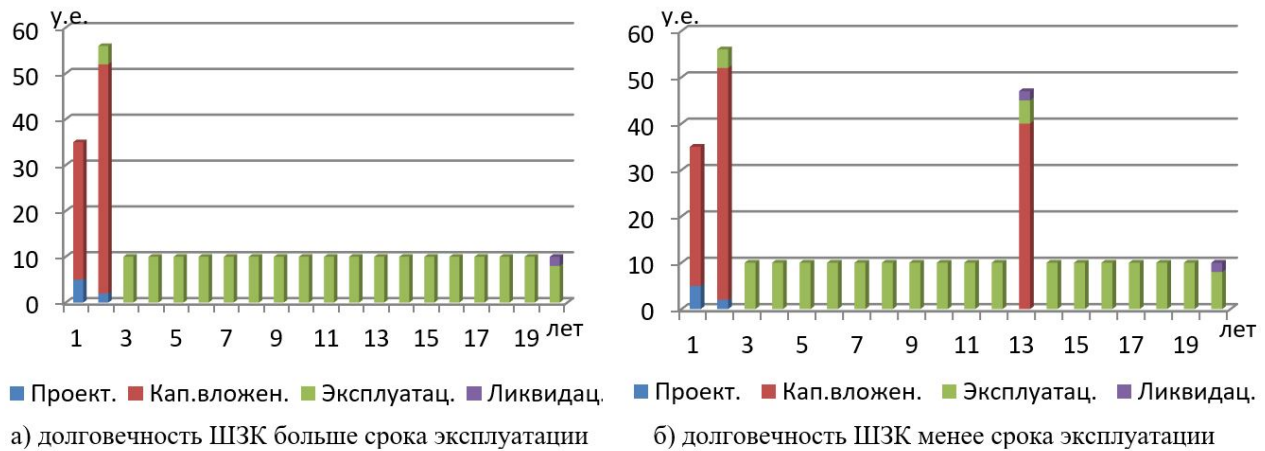


Рис. 1. Чистая приведённая стоимость ШЗК и её составляющие.

Согласно приведённым рассуждениям модифицированный с учётом особенностей строительства и эксплуатации шумозащитных сооружений показатель экономической эффективности - чистая приведённая стоимость ШЗК - может быть выражена как:

$$\text{ЧПС} = C_{\text{пр}} + K + \sum_{t=1}^T \frac{C_t - \mathcal{E}}{(1 + E)^t} + \frac{k_3(C_{\text{л}} + K)}{(1 + E)^{t_d}} + \frac{C_{\text{л}}}{(1 + E)^T} \quad (2)$$

где  $K$  - капитальные вложения в строительство ШЗК, руб.;  $C_t$  - эксплуатационные затраты, руб.;  $C_{\text{пр}}$  и  $C_{\text{л}}$  - затраты на проектирование и ликвидацию, руб.;  $\mathcal{E}$  - дополнительный эффект от внедрения шумозащиты (при оценке многоцелевых мероприятий), руб.;  $T$  - рассматриваемый период эксплуатации, принимаемый в пределах 25-30 лет;  $t_d$  - долговечность (срок службы) ШЗК, лет;  $k_3$  - коэффициент замены, доля единицы;  $E$  - норма дисконта, доля единицы в год.

$K$  и  $C_{\text{пр}}$  не дисконтируются в случае реализации в течение года.

Для многоцелевых мероприятий, когда помимо снижения шума имеет место дополнительный эффект, например, в виде предотвращенного экологического ущерба, при расчёте эксплуатационных расходов учитывается значение такого эффекта ( $\mathcal{E}$ ).

### 2.1. Затраты на проектирование

В случае проектирования шумозащиты линейного транспортного объекта в проектной документации приводится обоснование выбора той или иной конструкции. На примере шумозащитных насаждений затраты на разработку проектно-сметной документации включают [6, 7]:

1) оплату работ по сбору и анализу первичной информации на объект изысканий: справочных и нормативных документов; картографических материалов, в т.ч. находящихся у собственника земли и заказчика строительства; данных об уже имеющихся насаждениях, их состоянии, схемах посадок; почвенно-гидрологических и топографических характеристиках территории, лесорастительных условиях; сведений о метеопараметрах атмосферы района посадки, об осадках, характеристиках почвы и снежном покрове, вегетационном периоде; параметров негативного воздействия транспорта, уровней шума и др.;

2) расходы на рекогносцировочные и детальные натурные изыскания для уточнения границ посадок, визуальной оценки имеющихся насаждений, составления объёма и состава работ по шумозащитному озеленению и принятия обоснованного решения для включения материалов в рабочий проект;

3) затраты на создание рабочего проекта по шумозащитному озеленению. Этот документ содержит:

- общую пояснительную записку с исходными данными для проектирования (метео- и погодные условия района, характеристика участков дороги, рельеф, растительность и др.); технологическими решениями (рабочие схемы посадки, входящие в состав озеленения растения, агротехнические приемы обработки почвы, выращивания и ухода за насаждениями); организацией работ с распределением объемов работ и их очередности; мероприятиями по охране окружающей среды; технико-экономическими показателями;

- сметную документацию (локальные сметы по видам работ, смета участка озеленения, сводный сметный расчет);

- рабочую документацию (ведомости лесомелиоративных выделов с принятыми проектными решениями; породный состав, схемы размещения растений в насаждениях; расчетно-технологические карты по видам работ; ведомости потребности в рабочей силе, механизмах и материалах);

- картографические материалы (ситуационный план дороги с указанием участков, на которые разрабатывается проект; план участков дороги с проектируемыми мероприятиями; рабочие схемы озеленения).

При отсутствии соответствующего справочника базовых цен на проектные работы или невозможности определения стоимости проектирования по справочникам она может быть рассчитана как [3]:

$$C_{\text{пр}} = \left[ \sum (T_i \text{СЗД}_i) \cdot k_{\text{нач}} + \text{ПЗ} \right] \cdot k_{\text{НР}} \cdot k_{\text{СП}} \quad (3)$$

где  $T_i$  - трудозатраты на проектно-изыскательные работы, чел.-дн.;  $\text{СЗД}_i$  - средний дневной заработок проектировщика, руб./чел.-дн.;  $k_{\text{нач}}$  - коэффициент начислений на оплату труда; ПЗ - прочие прямые затраты, руб.;  $k_{\text{НР}}$  и  $k_{\text{СП}}$  - коэффициенты накладных расходов и сметной прибыли соответственно.

## 2.2. Капитальные вложения в строительство

Капитальные вложения в строительство ШЗК (К) - самая значительная статья затрат. Этот показатель содержит [4]:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_n \quad (4)$$

где  $K_1$  - сметная стоимость строительства ШЗК;  $K_2$  - стоимость освоения (или инженерного оборудования) новых земель взамен изымаемых для строительства ШЗК;  $K_3$  - затраты на приобретение или аренду машин и механизмов для содержания ШЗК;  $K_n$  - прочие капитальные затраты, необходимые для проведения шумозащитных мероприятий.

Сметные стоимости шумозащитных сооружений ( $K_1$ ) включают затраты на возведение насыпи или разработку выемки, уплотнение грунта, планирование и укрепление откосов. Стоимость строительства экрана складывается из стоимости земляных работ, устройства фундамента и шумозащитного полотна. Смета на устройство шумозащитных насаждений включает затраты на планировку, разбивку и очистку участка, внесение удобрений, подготовку посадочных мест, посадку деревьев

и кустарников, уход за посадкой. Большая часть расходов - это материальные затраты: грунт, посадочный материал, шумозащитные панели и т.д.

В каждом конкретном случае дополнительно рассчитываются затраты на подготовку территории; установку дренажной системы; устройство различных конструкций для доступа дороги; транспортные расходы и т.п.

Сметная стоимость ШЗК может быть представлена параметрической функцией в зависимости от её основных конструктивных параметров [8].

Стоимость освоения новых земель взамен изымаемых ( $K_2$ ) актуальна только для протяжённых по направлению от дороги к защищаемой территории ШЗК, изначально в случае изымания городских территорий для создания шумозащитных зон или отчуждения сельскохозяйственных земель [9].

Затраты на приобретение или аренду машин и механизмов для содержания ШЗК ( $K_3$ ) будут отличаться для каждой ШЗК и зависеть главным образом от климатических условий территории.

К прочим капитальным затратам ( $K_n$ ) для насыпей и выемок можно отнести расходы, связанные со строительством инфраструктуры (переходы и мосты); устройством кювет-траншей; созданием систем водоотведения; сооружением инженерной защиты земляного полотна от природных геофизических процессов и т.д. Для ШЭ - нанесение на экран указателей и табличек, установка шумозащитных дверей и контрэкранов в местах проходов через ШЭ и т.п.

Существует и ряд внешних факторов, влияющих на стоимость ШЗК:

- доступность места установки, рельеф места строительства, например, наличие возвышенности требует дополнительных затрат на работы по уширению полотна, бурению, размещению крупногабаритного оборудования и т.п.;
- доступность материалов, деталей, комплектующих, снижающая транспортные расходы;
- ситуация на рынке строительных материалов и услуг, прогнозируемое удорожание за время строительства, затраты на создание и пополнение оборотных средств и др.

Перечисленные факторы не охватывают всего влияния внешних факторов, но показывают широкий их диапазон и потенциальную возможность учета при расчете стоимости ШЗК.

### 2.3. Эксплуатационные расходы

Эксплуатационные затраты на мероприятия по содержанию и ремонту ШЗК ( $C_t$ ) определяются с учётом временного фактора (через дисконтирование), в зависимости от количества и периодичности таких мероприятий в год в течение всего периода эксплуатации ШЗК. Сметная стоимость этих работ также может быть представлена в зависимости от основных конструктивных параметров ШЗК.

Эксплуатационные расходы на содержание экранов включают оплату труда [4]:

- по очистке поверхности экрана и его прозрачных элементов;
- по окраске металлических и железобетонных поверхностей, поддержанию цветового решения экрана;
- на текущий ремонт элементов экрана, а также аварийные ремонтные работы;
- по зимнему содержанию (снегоочистка) участков дорог с экранами и др.

Также имеют место материальные затраты на покупку средств для выполнения указанных работ (краска, чистящие средства, инвентарь и оборудование, др.)

Ежегодные затраты по содержанию насыпи и выемки будут складываться из

прямых затрат на оплату труда по очистке и укреплению откосов ШН и ШВ, дорожного полотна и косвенных затрат на:

- работы по дополнительной снего-, водо- и пескоборьбе в виде затрат на оплату труда по обслуживанию снегоочистителей, снегоуборщиков, снегоотялок, компрессоров, подогревателей и др. механических устройств, на вывоз снега или оплату указанных работ сторонними организациями;

- содержание сооружений инженерной защиты земляного полотна от природных геофизических процессов (в случае их возведения);

- содержание дополнительной инфраструктуры;

- материальные затраты: материалы, расходуемые на указанных работах; топливо для механизмов и обогрева; электроэнергия для механических устройств.

Затраты на шумозащитные насаждения расходуются на такие работы, как:

- уход за почвой,

- пополнение отпада семян в посадках,

- мелиорация почв и прочие мелиоративные работы,

- рубка текущего ухода, обрезка крон,

- противопожарная опашка насаждений и устройство минерализованных полос для борьбы с вредными насекомыми и болезнями леса,

- охрана насаждений и лесополос,

- другие работы, связанные с текущим содержанием защитных насаждений и лесополос, а также материальные затраты: материалы для выполнения указанных работ.

Ориентировочно ежегодные текущие затраты по содержанию и эксплуатации шумозащитных сооружений можно рассчитывать, принимая их как процент или часть от сметной стоимости строительства:

$$C_t = k_{\text{Э}} \cdot K \quad (5)$$

где  $k_{\text{Э}}$  - коэффициент эксплуатации, доля единицы (столбец 4, таблица 1).

#### 2.4. Расходы на реконструкцию (частичную или полную замену)

Для оценки долговечности (срока службы) конструкций можно использовать подходы, представленные в статье [10].

Опираясь на опыт использования экранов в Российской Федерации и метод определения акустической долговечности ШЭ [10] в таблице 1 приведены сроки службы разных конструкции, а также коэффициенты их эксплуатации и замены.

Таблица 1

Параметры для расчёта ЧПС

	Долговечность (срок службы), $t_d$ , лет	Коэффициент замены, $k_z$	Коэффициент эксплуатации, $k_{\text{Э}}$
1	2	3	4
ШЭ, оцинкованная сталь	10-15*	0,8	0,018
ШЭ, алюминий	15-25*	0,8	0,018
ШЭ, нержавеющая сталь	30	0,1	0,018
Бетонный ШЭ	30	0	0,005
Деревянный ШЭ	20	0,8	0,015
Прозрачный экран	15	0,5	0,02

Таблица 1 (Продолжение)

	Долговечность (срок службы), $t_d$ , лет	Коэффициент замены, $k_3$	Коэффициент эксплуатации, $k_э$
1	2	3	4
Насыпь	30	0	0,007
Выемка	30	0	0,01
Шумозащитная лесопосадка	30	0,3	0,005
Шумозащитное озеленение	30	0,4	0,01

\*Долговечность ШЭ из оцинкованной стали и алюминия зависит от толщины листа.

Так, меньшее значение срока службы соответствует толщине менее 1мм, большее – более 1мм.

В формуле (2) затраты на реконструкцию представлены через капитальные вложения и ликвидационные затраты. При  $t_d \geq T$  расходы на реконструкцию отсутствуют, при  $x \cdot t_d \leq T$  осуществляются  $x$  раз в рассматриваемый период  $T$  ( $x$  – целое).

### 2.5. Затраты на ликвидацию

Затраты на ликвидацию включают расходы на разбор конструкции, погрузку и транспортировку, а также её утилизацию. Оценить затраты на утилизацию объекта на этапе проектирования с учётом постоянно меняющейся ситуации в области обращения с отходами в стране, когда на рынке утилизаторов изменяются правила и появляются новые игроки, в т.ч. госструктуры, не представляется возможным. До сегодняшнего дня предприятия могли получить деньги за свои отходы (металлические панели и стойки ШЭ, ограждения, перила и т.п.), что будет происходить на рынке через 25-30 лет, и с каким знаком (+ или -) будут учтены ликвидационные затраты не известно.

### 3. Выбор ШЗК по показателю ЧПС

В качестве примера рассмотрим выбор ШЗК по показателю ЧПС для сравнения десяти вариантов шумозащиты, обеспечивающих одинаковое снижение шума. Ключевой конструктивный параметр ШЗК – её высота. К рассмотрению предложены шумопоглощающие экраны: из оцинкованной стали (ШЭ1), из нержавеющей стали (ШЭ2) и деревянный (ШЭ3); шумоотражающие экраны: из бетона (ШЭ4) и прозрачного пластика (ШЭ5); шумозащитная грунтовая насыпь (ШН); комбинации насыпи и деревянного экрана (Н+Э), грунтовой выемки и деревянного экрана (В+Э). В таблице 2 представлены расчёты чистой приведённой стоимости для каждого варианта шумозащиты на 30-ти летнюю перспективу.

Сметная стоимость строительства рассчитана по формулам, приведённым в статье [8] в ценах 2000 г. для 1 п.м. ШЗК. Капитальные вложения рассчитаны без учёта стоимости освоения новых земель взамен изымаемых и затрат на приобретение машин и механизмов для содержания ШЗК. Долговечность конструкций ( $t_d$ ), коэффициент замены ( $k_3$ ) и эксплуатации ( $k_э$ ) принимались согласно таблице 1. При возведении ШН и ШВ не учитывались транспортные расходы на доставку грунта. При расчёте ЧПС не принимались в учёт затраты на проектирование и ликвидационные расходы. Норма дисконта принята в размере 0,02.



Таблица 2

Результаты расчёта ЧПС

	ШЭ1	ШЭ2	ШЭ3	ШЭ4	ШЭ5	ШН	Н+Э	Н+Э	Н+Э	В+Э
вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_0$						11,0	3,4	5,2	6,9	3,1
$H_э$	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0		5,0	4,0	3,0	6,0
$K_{ШЗК}$	14520,8	30493,7	11907,1	16917,5	23872,5	25877,9	11086,3	13926,1	17111,1	12498,9
ЧПС <sub>ШЗК</sub>	37722,0	42786,8	22317,8	18812,0	43434,5	29934,9	18123,0	20972,2	23883,7	22039,4

Здесь  $H_0$  – высота основания ШЗК (насыпи или выемки),  $H_э$  – высота экрана.

Расчёты показывают, что наименьшие капитальные затраты приходятся на вариант 7, из шумозащитных экранов дешевле обойдётся вариант 3. С учётом ЧПС предпочтение следует отдать варианту 7 или 4.

Для принятия окончательного решения рассматриваемые варианты должны пройти сравнение по другим показателям: эксплуатационным, эстетическим, показателям безопасности, прочности и др.

### Заключение

Критерий, оценивающий затраты на ШЗК в течение жизненного цикла конструкции, должен стать во главу выбора варианта защиты от шума. Такой, например, как минимальная ЧПС.

Ключевым фактором, снижающим ЧПС, является увеличение долговечности ШЗК. Более актуален этот фактор для акустических экранов. Поэтому фирмам-производителям стоит обратить внимание на применяемые материалы шумозащитных панелей. Так, например, новое металлическое покрытие для панелей из оцинкованных сталей, состоящее из сплава цинка, алюминия и магния (магнелис) позволяет увеличить коррозионную стойкость до 7 раз по сравнению с оцинкованной сталью и в 2 раза выше, чем алюмоцинк. Важной особенностью нового материала является самовосстанавливающаяся защита на обрезных кромках. Применение таких типов покрытия в 2,5 раза позволило увеличить период жизненного цикла ШЭ при незначительном увеличении стоимости панели [1].

Вторым направлением уменьшения ЧПС является «дополнительный эффект» от внедрения шумозащиты при использовании многоцелевых мероприятий (Э в формуле 2). Он может проявляться в дополнительном снижении ущерба, например, за счёт применения шумозащитных насаждений, или в т.н. самокупаемости ряда акустических экранов. В частности, помимо снижения шума зелёные насаждения способствуют: реализации проектов по компенсационному озеленению; защите от снежных, песчаных и пылевых заносов и ветров; снижению концентрации выбросов вредных веществ от транспорта; сохранению естественного ландшафта местности и эстетическому восприятию окружающего вида; защите дороги от высоких температурных колебаний затенением участков. Другой пример - экраны из изношенных автомобильных покрышек или из резиновой стружки от утилизируемых изношенных автомобильных шин. Помимо требуемого снижения шума, такие конструкции обеспечивают высокие атмосферостойкость и долговечность, позволяют утилизировать потенциально вредные отходы. Шумозащитное ограждение из сетчатых мешков, заполненных компостом, в котором посажены растения, обеспечивающие ограждению вид естественной насыпи. И даже размещение на АЭ фотоэлементов, элементов солнечной энергоустановки,

вырабатывающих электрический ток. Возможно использование шумозащитных конструкций в целях размещения рекламного или информационного материала, светящихся объявлений, рекомендаций, указаний, объемных рекламно-информационных материалов, подключение этих материалов к устройствам электронного управления и т.п. [11]

Подходы, предложенные в статье, могут быть внедрены в методику выбора шумозащитных конструкций и шумозащитного комплекса в целом. Выбор этот будет осуществляться не только с учетом акустических характеристик шумозащиты, но и с учетом её экономической эффективности, долговечности ШЗК на долгосрочную перспективу.

### 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. Майский Р.А., Павлова Ю.А., Проскура В.С. Экономическая эффективность проектов по охране окружающей среды и природоохранных мероприятий Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономика. № 4 (22), 2017, с.40-47.
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. - (ЭБС Юрайт). - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.ura.it.ru/bcode/467365> (дата обращения: 28.05.2021).
4. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, утв. Распоряжением Росавтодора (Федерального дорожного агентства) от 13.12.2012 N 995-р.
5. Борцова С.С. К оценке ущерба от транспортного шума, "Noise Theory and Praticе", Том 7 № 3 (III, 2021), с. 42-49
6. ОДМ 218.011-98 Автомобильные дороги общего пользования. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог
7. МДС 13-5.2000 Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации.
8. Борцова С.С. Стоимостная оценка шумозащитной конструкции, "Noise Theory and Praticе", Том 8 № 1 (I, 2022), с. 61-71
9. Руководство по технико-экономической оценке шумозащитных мероприятий, осуществляемых строительно-акустическими методами [Текст] // М: СТРОЙИЗДАТ 1981.
10. Маслова С.С., Иванов Н.И., Рассошенко Ю.С. Предложения по расчету акустической долговечности шумозащитных экранов, "Noise Theory and Praticе", Том 4 №2 (II, 2018), с. 40-49.
11. Борцова (Петрова) С.С. Выбор акустического сооружения для защиты от транспортного шума// «Защита населения от повышенного шумового воздействия. Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием 21-22 марта 2006 г. – СПб., 2006. – с. 345-352.

## 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. R.A. Maisky, Yu. A., Pavlova, V. S. Proskura, Economic efficiency of projects on environmental protection and nature protection measures. USPTU Bulletin. Science, education, economics. Series: Economics, 4(22), 2017. P. 40-47.
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. ODM 218.2.013-2011 Methodological recommendations for the protection of territories adjacent to highways from traffic noise (Rosavtodor, Moscow, 2012).
5. S.S. Bortsova To assess damage from traffic noise. "Noise Theory and Praticce", Vol. 7 No. 3 (III, 2021), P. 48-65.
6. ODM 218.011-98 Public roads. Guidelines for landscaping roads. (Rosavtodor, Moscow, 1999).
7. MDS 13-5.2000 Rules for the creation, protection and maintenance of green spaces in the cities of the Russian Federation.
8. S.S. Bortsova Cost estimation of noise protection structures. "Noise Theory and Praticce", Vol. 8 No. 1 (I, 2022), P. 61-71.
9. Guidelines for the technical and economic assessment of noise protection measures carried out by construction-acoustic methods [Text] // M: STROYIZDAT, 1981.
10. S.S. Maslova, N.I. Ivanov, I.S. Rassoshenko Proposals for calculation of the noise barrier acoustic durability. "Noise Theory and Praticce", Vol. 4 No. 2 (II, 2018), P. 40-49.
11. S.S. Bortsova (Petrova) Selection of the traffic noise barrier // "Protection of population from increased noise influence. Proceedings of the international scientific and practical conference, - St. Petersburg, 2006. - P.345-352.