

*A.E. Shashurin, S.S. Bortsova*

## **ECONOMIC EXPEDIENCY OF CHOOSING SOUNDPROOF STRUCTURES**

**Alexander Shashurin** – dean, the Faculty of Armaments and Weapons Systems, D. Ustinov Baltic State Technical University Voenmeh, Doctor of Engineering, associate professor, corresponding member of Russian Academy of Natural Sciences, St. Petersburg; **e-mail:** [Shashurin\\_AE@voenmeh.ru](mailto:Shashurin_AE@voenmeh.ru).

**Svetlana Bortsova** – senior teacher, the Department of Ecology and Production Safety, D. Ustinov Baltic State Technical University Voenmeh, St. Petersburg; **e-mail:** [Bortsova\\_SS@voenmeh.ru](mailto:Bortsova_SS@voenmeh.ru).

*The current situation at the market of soundproof structures is characterized by diversity. Each producer is trying to cut design, raw materials and production costs, which contributes to declining quality of finished product. For instance, to ensure high quality of acoustic screens we should consider economic expediency when choosing materials for soundproof structures, which means primary costs, structure durability and the cost of changing it, structure design as well as features responsible for acoustic effectiveness of a screen during the whole exploitation period. It is essential at the design stage to substantiate the choice of a certain type of protection. The individual approach to design based on new innovative materials will make our world much quieter.*

**Keywords:** acoustic screen; soundproof materials and structures; economic expediency; effectiveness.

*A.E. Шашурин, С.С. Борцова*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВЫБОРА ШУМОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Александр Евгеньевич Шашурин** – декан факультета «Оружие и системы вооружения» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, доктор технических наук, доцент, член-корреспондент РАЕН, г. Санкт-Петербург; **e-mail:** [Shashurin\\_AE@voenmeh.ru](mailto:Shashurin_AE@voenmeh.ru).

**Светлана Сергеевна Борцова** – старший преподаватель кафедры «Экология и производственная безопасность» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург; **e-mail:** [Bortsova\\_SS@voenmeh.ru](mailto:Bortsova_SS@voenmeh.ru).

*В настоящее время рынок производителей шумозащитных конструкций многочислен и разнообразен. Каждая фирма старается сэкономить на проектировании, материалах и исполнении, понижая тем самым качество готового продукта. К примеру, для обеспечения высокого качества акустических экранов следует понимать, что при выборе материала для шумозащитных конструкций важным критерием является его экономическая целесообразность, а это первоначальные стоимости, долговечность конструкции и стоимости по их замене, дизайн конструкции, но и также свойства, диктуемые иными требованиями, отвечающими за акустическую эффективность экрана на весь период службы. Важно еще на этапе проектирования экономически обосновывать выбор тех или иных шумозащитных мероприятий. С учетом правильного подхода при проектировании, с учетом использования новых инновационных материалов наш мир будет гораздо тише.*

**Ключевые слова:** акустический экран; шумозащитные материалы и конструкции; экономическая целесообразность; эффективность.

Существование современного города невозможно представить без развитой транспортной инфраструктуры. По данным сайта ФДА Росавтодор, протяженность

всей сети автомобильных дорог в Российской Федерации составляет около 1,5 млн км. И все эти дороги идут через многочисленные населенные пункты, являясь источниками повышенного шумового воздействия. При увеличении комфорта для населения, создании новых дорог, возрастании интенсивности потока усугубляется негативное влияние на среду обитания, которая нас окружает. В последние годы особенное беспокойство жителям городов причиняет повышенный шум.

На защиту от шума автомобильных дорог тратятся серьёзные средства. Так, в современном проекте транспортных систем расходы на шумозащиту могут достигать 15–20% стоимости инфраструктурных проектов. Расходы только на шумозащитные экраны, шумозащитное остекление и др. мероприятия, например, в ЕС достигают зачастую более 1% ВВП.

Акустические или шумозащитные экраны (ШЭ) в настоящее время стали самым распространённым средством шумозащиты. Во всём мире насчитываются уже многие десятки тысяч километров экранов вдоль автомобильных и железных дорог, в аэропортах и на иных объектах инфраструктуры.

В нашей стране шумозащитные экраны массово начали применяться только в конце 90-х годов, то есть значительно позже, чем за рубежом. Практика использования экранов выявила ряд их существенных недостатков. Многие экраны обладают малой долговечностью, нередко не обеспечивают требуемых звукоизоляции и звукопоглощения, обладают низкой эффективностью из-за недостатков в проектировании и ошибок при монтаже. Зачастую экраны не только быстро разрушаются, но и имеют непривлекательный вид из-за использования устаревших технологий. Это связано с отсутствием или недостатками нормативно-технической документации (НТД), посвящённой проектированию, монтажу, приёмке и эксплуатации шумозащитных экранов [1, с. 24–28].

В связи с большим спросом на шумозащитные конструкции растет количество участников рынка, которые предлагают свои конструкции. Еще около 10 лет назад на рынке присутствовало 4–5 фирм, которые занимались производством шумозащитных конструкций у нас в стране. Сегодня поисковые сайты выдают десятки компаний, которые предлагают панели различного качества. К сожалению, увеличение конкуренции не всегда приводит к улучшению качества продукции, и сегодня многие компании идут по пути снижения качества своей продукции, чтобы быть конкурентоспособными в ценовой политике. Это снижение толщины переднего и заднего листа панели (зачастую можно встретить даже оцинкованную сталь менее 0,8 мм, композитные панели с толщиной задней стенки менее 3,5 мм, применение панелей без несущих элементов и т.д.), это приводит к уменьшению звукоизоляции и к снижению долговечности всей конструкции. Применение звукопоглощающего материала низкой плотности приводит к потере им своих физических свойств, а это уже ведет к потере акустических свойств панели. Несоблюдение технологии изготовления, некачественная антакоррозийная обработка, покраска – всё это приводит к снижению жизненного цикла панели.

Второй фактор, который отслеживается при анализе технической документации панелей, – это завышение акустических характеристик при прохождении сертификации продукции. Сравнивая акустические сертификаты панелей разных фирм при одинаковых геометрических параметрах панелей и даже при получении сертификатов в одной аккредитованной компании, обнаружим, что индекс звукоизоляции отличается значительно. Можно отметить, что панели, совершенно одинаковые по конструкции, имеют согласно протоколам лабораторных исследований в камерах разные акустические характеристики. Так, в сертификатах можно увидеть панели из оцинкованной стали (с толщиной листа 0,8 мм и плотностью ЗП материала 60 кг/кв. м) с индексом ЗИ от 30 до 38 дБ, композитные панели с толщиной листа 3,5 мм с индексом ЗИ от 32 до 38 дБ. Т.е. в условиях конкурентной борьбы идет спор не за

улучшение качества изделия, а за повышение индекса дБ в сертификате. Причем настоящий индекс звукоизоляции таких панелей обычно не выше 32 дБ.

Согласно нормативной документации, действующей на территории РФ, проектные параметры снижения уровня звука экраном зависят от его геометрических параметров, а звукоизоляция и звукопоглощение панелей в расчетах не учитываются (принимается экран звуконепроницаемым). Шумозащитная панель – это простейшая конструкция и, учитывая опыт лабораторных исследований, следует отметить, что звукоизоляция панели напрямую зависит от поверхностной плотности ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) отражающих панелей и второстепенно – от наличия звукопоглощающих элементов в панели, конструктивных особенностей и пр. Рекомендуемые значения поверхностной плотности отражающих панелей для обеспечения требуемого снижения звука приведены в таблице.

**Минимальная поверхностная плотность конструкции экрана в зависимости от требуемого снижения уровня звука**

Требуемое снижение уровня звука шумозащитным сооружением (экраном), дБА	5	10	14	16	18	20	22	24
Минимальная плотность шумозащитного экрана, $\text{кг}/\text{м}^2$	14,5	17,0	18,0	19,5	22,0	24,5	32,0	39,0

Значение у панели индекса изоляции внешнего шума, производимого транспортным потоком ( $R_{\text{Атранс}}$ ), рекомендуется определять по формуле (1), исходя из индекса изоляции воздушного шума ( $R_w$ ), устанавливаемого в ходе испытаний шумозащитной панели.

$$R_{\text{Атранс}} = 0,75R_w + 3,7, \text{дБА}, \quad (1)$$

где  $R_w$  – индекс изоляции воздушного шума, дБ.

Рекомендуется обеспечить превышение значения индекса изоляции внешнего шума, производимого транспортным потоком ( $R_{\text{Атранс}}$ ) над значением требуемой акустической эффективности экрана, устанавливаемого в ходе акустических расчётов, не менее чем на 10 дБА.

Значение  $R_{\text{Атранс}}$  панели выше 26,2 дБА (или  $R_w$  выше 30 дБ) не увеличивает эффективность экрана и является нецелесообразным (за исключением случаев устройства шумозащитных галерей) [2, с. 830–833].

Поэтому все маркетинговые движения компаний по увеличению цифры индекса звукоизоляции для панелей вдоль автомобильных дорог совершенно не обоснованы. Т.е. при соблюдении требований, указанных в таблице, при применении в конструкции качественных звукопоглощающих материалов акустические свойства панелей будут достаточны для выполнения требуемой расчетной эффективности. И заведомо ложно повышать индексы ЗИ, как это делает большинство компаний, нет необходимости.

Таким образом, все шумозащитные экраны (при условии выполнения цифр, приведенных в таблице), при правильном монтаже имеют довольно схожую акустическую эффективность, не превышающую даже при высотах экрана выше 6м цифры 18 дБА, поэтому при выборе шумозащитных панелей для экрана следует понимать, что с учетом распространения шума в жилую застройку, расположения источников шума основным фактором при выборе материала шумозащитных конструкций является его экономическая целесообразность, а это первоначальные стоимости, долговечность конструкции и стоимости по их замене, дизайн конструкции, а также свойства, диктуемые иными требованиями, отвечающими за акустическую эффективность экрана на весь период службы, такими как:

- коррозионная стойкость экранов;

- безопасность дорожного движения (наличие прозрачных панелей, заполнение дверных проёмов и пр.) без снижения эффективности;

- отсутствие негативного вклада от переотражения звука (не рекомендуется ставить шумозащитные экраны, состоящие только из панелей, отражающих звук, друг напротив друга при защите селитебной территории по обеим сторонам от автомобильной дороги).

Условно можно разделить шумозащитные панели на несколько типов.

Облегченные панели – это панели с массой ниже 20 кг. Например, панели из алюминия (до 1,2 мм), композитные панели. Они обладают невысоким индексом звукоизоляции (до 30 дБ), достаточным звукопоглощением при наличии перфорации не ниже 30% и звукопоглощающего материала. Такие панели рекомендуется устанавливать на искусственных сооружениях и других объектах при условии соблюдения данных из таблицы.

Второй условный класс – это легкие панели. Панели из оцинкованной стали, нержавеющей стали, импрегнированной древесины со звукопоглощением, стекло, ПММА и монолитные поликарбонаты (при толщине выше 10 мм). Это самый распространенный тип панелей во всем мире. В свою очередь, оцинкованные панели имеют слабую коррозионную защиту, панели из пластиков и стекла не обладают звукопоглощающими свойствами. Панели из нержавеющей стали считаются одними из самых долговечных. Панели из импрегнированной древесины при применении звукопоглощающего материала имеют большую эквивалентную площадь звукопоглощения и обладают лучшими свойствами звукопоглощения.

И третий тип применяемых сегодня панелей – это тяжелые панели. Панели с наполнением бетона щепой, керамзитом и пр. Эти панели имеют самый высокий индекс звукоизоляции (выше 35 дБ), но обладают чуть меньшим показателем звукопоглощения, чем другие типы панелей. В свою очередь, сегодня это считаются самые долговечные панели.

При всем этом многообразии применяемых панелей все они в условиях правильной установки на начальном этапе эксплуатации будут иметь схожую акустическую эффективность (при условии соблюдения значений таблицы), не превышающую 14–18 дБА.

В рамках выполнения НИОКР были проведены замеры эффективности выше 60 шумозащитных экранов. Акустическая эффективность ШЭ на автодорогах оказалась довольно низкой в пределах 5–14 дБА. Фактическая акустическая эффективность шумозащитных экранов отличается от теоретической расчетной в два и более раз, что связано с ошибками как на стадии проектирования, когда определяются необходимые параметры шумозащитного экрана (высота и протяженность, в первую очередь), так и на стадии монтажа конструкции и их эксплуатации. Причинами недостаточной эффективности шумозащитных экранов являются: ошибки при проектировании (в 38% случаев исследованных экранов неправильно выбрана высота экрана, а в 85% случаев – длина; неправильно выбран шаг стоек и размеры других элементов), что обусловлено недостатками существующей НТД, недостаточной изученностью акустических процессов и свойств экранов (исследованиями доказано, что в 68% звукоизоляция экранов не превышает 15–18 дБА, что почти вдвое меньше заявляемых изготовителями значений, а коэффициент звукопоглощения не превышает на отдельных частотах 0,5–0,7 при заявленных изготовителями значениях, равных 1). Указанные ошибки, в том числе, связаны и с отсутствием учета количества полос движения на автомобильной дороге и др. Наиболее распространенными ошибками при обследовании экранов было выявлено: необоснованные разрывы в шумозащитных экранах; негерметичное исполнение конструкции с образованием щелей между акустическими панелями и фундаментом (поверхностью земли); неправильное устройство водоотводов с образованием крупных проемов и низкая долговечность ШЭ и пр.

Срок службы исследованных экранов с заявленными характеристиками зачастую не превышает 7–8 лет (см. рисунок), что приводит к неоправданным затратам по их замене. Необходим переход на новые технологии, обеспечивающие более высокую акустическую долговечность ШЭ.

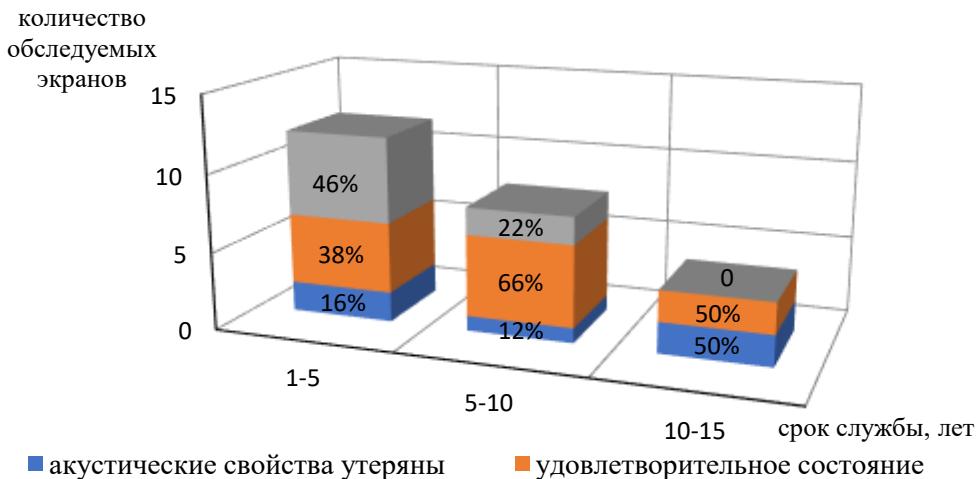


Рис. 1. Акустическая долговечность ШЭ с разным сроком службы

Для повышения качества шумозащитных экранов и сроков их эксплуатации необходимо пересмотреть действующую в России нормативно-техническую документацию в части требований к шумозащитным экранам и применению новых технологий.

В нормативную базу необходимо включать новые подходы к проектированию шумозащитных экранов, учитывающие акустические характеристики панелей, конструкции экрана и др. Необходимо разрабатывать новые технологии изготовления экранов, обеспечивающие требования долговечности, эффективности и экономической целесообразности.

Такие работы постоянно ведутся фирмами производителями, например, предложено новейшее металлическое покрытие для панелей из оцинкованных сталей, сплав цинк – алюминий – магний (магнелис) – единственное в своем роде покрытие с уникальным сочетанием свойств. Это позволило увеличивать коррозионную стойкость – до 7 раз выше в сравнении с оцинкованной сталью и в 2 раза выше, чем алюмоцинк. Одна из важных особенностей нового материала – самовосстанавливающаяся защита на обрезных кромках. Применение таких типов покрытия в 2,5 раза позволило увеличить период жизненного цикла шумозащитных экранов при незначительном увеличении цены квадратного метра панели.

Активно стали использоваться различные композитные панели. Материал обладает высокой коррозионной стойкостью, но при недостаточной толщине композита зачастую может иметь слабую звукоизоляцию и слабую стойкость к ультрафиолету [3].

Вдоль малоэтажной жилой застройки, заповедников, заказников и пр. все чаще можно увидеть экраны из импрегнированной древесины, которые обладают высокой долговечностью и высокими акустическими характеристиками.

В любом случае и проектировщик, и Заказчик при выборе конструкции должны понимать и учитывать такой важный фактор, как акустическую долговечность. Экономический расчет, учитывающий стоимость конструкции при проектировании ШЭ, должен проводиться с перспективой хотя бы на 25 лет с учетом изменения интенсивности и реальной акустической долговечности экрана (замена панелей и пр.), а не заявляемой производителями. Необходимо внедрить при проектировании методику выбора шумозащитных конструкций с учетом вышеперечисленных факторов. В этой методике следует отразить применение различных конструкций (дорога в выемке,

шумозащитная насыпь, «тихий асфальт», шумозащитное остекление, шумозащитные зеленые насаждения, экраны с различными типами панелей и всех этих мероприятий с учетом их первоначальной стоимости и стоимости обслуживания и замены с реальным сроком службы), чтобы была видна экономическая выгода применения различных конструкций как вместе, так и по отдельности на долгосрочную перспективу. Данная методика позволит проектировщику выбрать для применения необходимые конструкции не только с учетом их акустических характеристик, но и с учетом экономических затрат на 25 лет (обслуживание, замена и пр.). Сегодня выполняется расчет обслуживания конструкций при разработке проектной документации, но согласно расчетным методикам под замену попадает несколько процентов от площади экрана, а зачастую уже через 8–10 лет экран теряет акустические свойства и требует полной замены, а это колоссальные деньги. Поэтому при проектировании необходимо экономически обосновывать выбор тех или иных шумозащитных мероприятий. С учетом правильного подхода к проектированию и использованию новых инновационных материалов наш мир будет гораздо тише.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов // Noise Theory and Practice. 2016. № 4 (2). С. 24–28.
2. Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 19–21 марта 2019 г., г. Санкт-Петербург / под ред. Н.И. Иванова. СПб., 2019.
3. Шашурин А.Е. Новые технические и технологические решения для снижения акустического загрязнения шумозащитными экранами: монография. СПб.: Изд-во Балт. гос. техн. ун-та, 2018. 134 с.