



О. Г. ОРЛОВ

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ACOUSTIC SCREENS OF DIFFERENT DESIGNS

Рассмотрены источники шума в городах и способы борьбы с ними. Проведён анализ эффективности двух типов акустических экранов: однослойных, двух- и трёхслойных. Перечислены положительные и отрицательные характеристики различных конструкций существующих акустических экранов. Описана принципиально новая конструкция акустического экрана: панели имеют коньковый профиль, они расположены вдоль вертикальной оси каркаса с шагом, при котором панели вышерасположенного конька накрывают вершину нижерасположенного конька, наружные поверхности панелей и их торцовые части выполнены из материала, обладающего звукоотражающими свойствами, а внутренние поверхности панелей – из звукопоглощающего материала. Такой акустический экран лишён недостатков, присущих акустическим экранам других конструкций, и является более эффективным. Рассмотренное устройство позволяет за счёт применения коньковой формы акустических панелей: предотвратить отражение звуковой энергии в сторону источников шума (незначительная часть будет направлена вверх); обеспечить практически полностью поглощение звуковой энергии при её прохождении через каналы, образованные коньковыми панелями; обеспечить одинаковую эффективную защиту от источников шума, расположенных по обе стороны экрана; предотвратить образование снежной и ледяной корки на звукопоглощающих поверхностях, что обеспечит постоянную эффективность экрана в различные сезоны года; сократить расход металла, что позволит уменьшить вес конструкции без снижения её эффективности и снизить стоимость акустических экранов.

Various sources of noise in cities and ways to combat them are considered. The efficiency of two types of acoustic screens is analyzed: single-layer and two- and three-layer. The positive and negative characteristics of various designs of existing acoustic screens are listed. A fundamentally new design of the acoustic screen is described: the panels have a ridge profile, they are located along the vertical axis of the frame with a step at which the panels above the located ridge cover the top of the lower ridge, the outer surfaces of the panels and their end parts are made of a material that has sound-reflecting properties, and the inner surfaces of the panels are made of sound-absorbing material. Such an acoustic screen is devoid of the disadvantages inherent in acoustic screens of other structures and is more efficient. The considered invention allows due to the use of the ridge shape of acoustic panels: prevent the reflection of sound energy in the direction of noise sources (a small part will be directed upwards); provide almost complete absorption of sound energy as it passes through the channels formed by the ridge panels; provide the same effective protection against noise sources located on both sides of the screen; prevent the formation of snow and ice crust on sound-absorbing surfaces, which ensures the constant effectiveness of the screen in different seasons of the year; reduce metal consumption, which will reduce the weight of the structure without reducing its efficiency and reduce the cost of acoustic screens.

Ключевые слова: город, источники шума, способы борьбы, акустические экраны, эффективность, недостатки, преимущества новой конструкции, высокая эффективность

Keywords: city, noise sources, methods of control, acoustic screens, efficiency, disadvantages, advantages of a new design, high efficiency

Современный город должен обеспечивать высокий уровень комфортности для его жителей. Комфортность городской среды определяется широким спектром её параметров, соответствующих санитарным требованиям. Основными параметрами являются качество воды, степень загрязнения воздуха и шумовое загрязнение городской среды [1–3]. Учитывая современные возможности обеспечения жителей качественной водой, на первом месте стоит проблема предотвращения загрязнения городского воздуха, а на втором в современном городе – шумовое загрязнение. Проблема защиты населения от шума существует в той или иной степени для любого населённого пункта, но особенно она значима для крупных городов. Сложность решения этой проблемы определяется большим разнообразием источников шума: транспортные магистрали, строительные площадки, автостоянки, контейнерные площадки, трансформаторные подстанции, спортивные и детские площадки и т. д. Каждый из этих источников шума имеет свою специфику: по частотному диапазону, по времени звучания, по месту локализации и пр. В частности, спортивные и детские площадки размещаются в жилой застройки, так же как и строительные площадки [4, 5].

Существуют различные способы снижения шумового воздействия на население. Это и административные решения (регулирование транспортных потоков), борьба с шумом в источнике (снижение шумности оборудования, технологических процессов, автомобильного и других видов транспорта, улучшение качества дорожного покрытия), снижение шума на пути его распространения (расстоянием, различными препятствиями). В городах защита от шума расстоянием экономически не целесообразна. В качестве препятствий могут быть использованы зелёные насаждения, здания-экраны, акустические экраны и т. д.

Зелёные насаждения, для того чтобы они выполняли шумозащитные функции, должны соответствовать определённым требованиям: многоярусность, многорядность, достаточная ширина (от 10 м и больше). Существенным недостатком, кроме требований по ширине зелёных насаждений, является сезонная эффективность. Только в летний период их эффективность снижения шума значима.

Здания-экраны могут эффективно защищать только от шума транспортных магистралей. В качестве таковых используются здания нежилого назначения и шумозащищённые жилые здания, располагающиеся по красной линии улиц.

В городах более универсальны и эффективны акустические экраны различной кон-

струкции. Основными параметрами экрана, определяющими его эффективность, являются его высота и длина. Высотой создается зона акустической тени, снижающая эффект дифракции через верхнее ребро, в то время как длина выбирается таким образом, чтобы обеспечить затухание звука, проникающего через боковую грань акустического экрана. В условиях городской застройки невозможно использовать экраны высотой более 3–5 м.

Все акустические экраны по типу применяемого материала с отражающими или поглощающими свойствам можно разбить на две группы:

- однослойные (отражающие);
- двух- или трехслойные (как правило, поглощающие).

В первой группе акустические экраны отражают звуковую энергию, а во второй в их конструкции, наряду с отражающими свойствами, обеспечено звукопоглощение.

Акустические экраны, принадлежащие к первой группе, изготавливаются из бетона, кирпича, металла, пластика, стекла и пр. Основные свойства этих экранов – отражающие, коэффициент $\alpha = 0,01–0,05$, они имеют меньшую эффективность, чем акустические экраны со звукопоглощающими материалами. Применение таких экранов приводит к повышению уровней шума на противоположной стороне за счёт отражённого шума. При размещении таких экранов с двух сторон от автомагистрали происходит увеличение уровней шума на магистрали и, как следствие, снижение эффективности экранов на 1–5 дБА [6].

Невозможно создать однослойный акустический экран, совмещающий требуемые прочностные свойства и приемлемое звукопоглощение, поэтому приходится усложнять их конструкцию за счёт введения специальных звукопоглощающих материалов (ЗПМ), значения коэффициента звукопоглощения которых варьируются в пределах $\alpha = 0,5–1$. Такие акустические экраны можно разбить на два типа: металлические трехслойные, где ЗПМ располагается между сплошными и перфорированными металлическими слоями, и бетонные двухслойные, где в качестве поглощающего слоя применяются полистербетон, пенобетон и пр. Эффективность таких экранов определяется ещё одним показателем – звукоизоляцией экрана, которая определяется поверхностной плотностью конструкции. Так, при плотности в 17 кг/м^2 снижение звука конструкцией составит 10 дБА, при поверхностной плотности в 39 кг/м^2 – 24 дБА [6]. Стандартная трехслойная панель площадью 5 м^2 при поверхностной плотности в 39 кг/м^2 будет весить 195 кг. Выполнение

этих требований приводит к увеличению расхода металла и к значительному удорожанию конструкций.

В качестве ЗПМ в трехслойных акустических экранах применяют такие материалы, как URSA, шлаковата, капроновое волокно, стекловата, пенополиуретан и другие пористые или волокнистые материалы. Перфорация в трехслойных акустических экранах обеспечивает проникновение звука к слою ЗПМ. Конструктивно перфорация может применяться в виде щелей или отверстий. Процент перфорированной поверхности определяет долю отражённой звуковой энергии.

Следует отметить широкое применение сочетания металлических акустических экранов с таковыми из стекла или прозрачного пластика для осуществления обзора, улучшения внешнего вида. Их эффективность несколько меньше, чем у сплошных металлических экранов, но необходимость обеспечения обзора обуславливает широкое использование таких конструкций. Выбор материала акустического экрана диктуется несколькими соображениями: эффективностью конструкции, стоимостью, внешним видом, условиями эксплуатации и т. д.

На эффективность экранов влияет также их форма. Обычно акустические экраны устанавливаются как вертикальные конструкции, но нередко выполняются Г-образными и Т-образными. Экран Г-образный более эффективен, чем вертикальный (на 2,5 дБА), звукопоглощающее покрытие полки увеличивает эффективность на 4,5 дБА. Еще более эффективны Т-образные акустические экраны. В обоих случаях эффективность возрастает за счет увеличения угла дифракции [6].

Проведённый анализ характеристик существующих конструкций акустических экранов позволил выявить следующие их недостатки:

- значительное снижение эффективности защиты от шума при отсутствии звукопоглощающего покрытия вследствие отражения значительной части звуковой энергии от поверхности экрана в сторону источника шума и его усиления;
- значительное снижение или даже полное отсутствие звукопоглощающих свойств поверхностей экрана при образовании снежно-ледяной корки в осенний, зимний и весенний периоды;
- большая ёмкость материала при изготовлении металлических трехслойных акустических экранов;
- эффективность экрана только при расположении источника звука с одной стороны;
- размещение экранов вдоль автомагистралей с двух сторон препятствует её проветрива-

нию и ведёт к увеличению концентрации токсичных выхлопных газов.

С целью устранения перечисленных недостатков была разработана данная конструкция акустического экрана [7]. Сущность изобретения заключается в предотвращении отражения звуковой энергии в сторону источника шума, в максимальном поглощении звуковой энергии, в одинаковой эффективности акустического экрана с обеих сторон, в обеспечении эффективности работы акустического экрана вне зависимости от погодных условий, а также в предотвращении увеличения концентрации токсичных выхлопных газов на проезжей части за счёт движения воздушных потоков через конструкцию экрана.

Это достигается тем, что в данном акустическом экране, содержащем основание и закреплённый на нём каркас, размещается набор акустических панелей, выполненных из материалов с различными свойствами шумопоглощения. Панели имеют коньковый профиль и расположены вдоль вертикальной оси каркаса с шагом, при котором панели вышерасположенного конька накрывают вершину нижерасположенного конька, наружные поверхности панелей и их торцевые части выполнены из материала, обладающего звукоотражающими свойствами, а внутренние поверхности панелей – из звукопоглощающего материала. На рис. 1 представлен акустический экран, на рис. 2 показан разрез акустического экрана с коньковым способом размещения панелей. Основание 1 (см. рис. 2) выполняется в виде бетонных или металлических опор, к нему крепится каркас 2, выполненный, например, из стального профиля, к каркасу крепятся акустические панели коньковой формы, верх и торцы коньковых панелей 3 выполнены из звукоотражающего материала, например из листового металла, на нижней стороне коньковой панели 3 крепится звукопоглощающий материал, например ППЖ 200 – плиты повышенной жесткости из минеральной ваты толщиной 100 мм.

Экран работает следующим образом. Звуковая энергия, достигая акустического экрана, частично отражается вверх от звукоотражающей поверхности панелей 4, другая часть проникает в зазоры между соседними коньковыми панелями 3, при этом нижняя поверхность зазора обладает звукоотражающими свойствами, а верхняя – звукопоглощающими, что приводит при прохождении звука через своеобразный канал к многократному отражению и поглощению звуковой энергии. Это обеспечивает высокую эффективность акустического экрана.

Расчёт эффективности акустического экрана высотой 5 м, состоящего из четырёх конько-

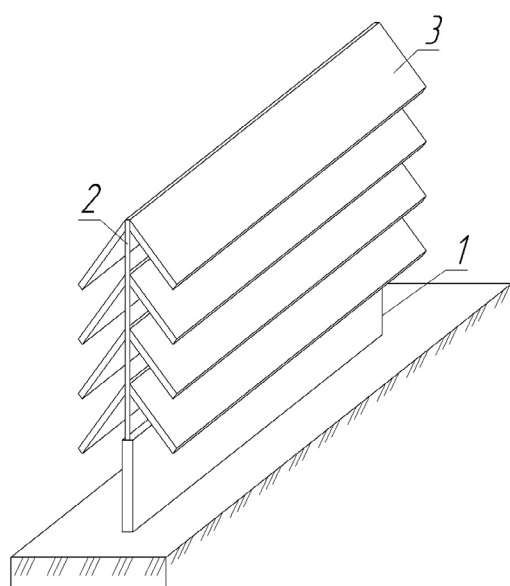


Рис. 1. Акустический экран

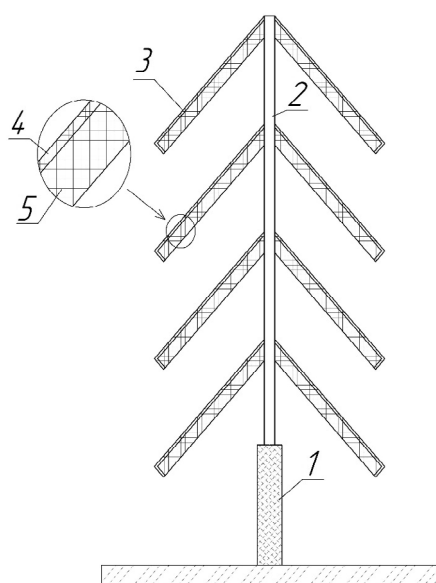


Рис. 2. Акустический экран (разрез):

- 1 – основание; 2 – каркас; 3 – коньковая панель;
4 – звукоотражающая поверхность панели;
5 – звукопоглощающая поверхность панели

вых панелей (угол между панелями 90°), показал следующие результаты:

- при установке экрана на расстоянии в 5 м до источника шума (середина ближайшей полосы движения автомагистрали) вверх будет отражено 5 % падающей на экран звуковой энергии, 95 % поглощено в результате многократного отражения и поглощения в зазорах, образованных коньковыми панелями;
- при расстоянии в 10 м до источника шума (вторая и третья полосы движения автомагистра-

ли) вверх будет отражено 14 % падающей на экран звуковой энергии, 86 % поглощено в результате многократного отражения и поглощения в зазорах, образованных коньковыми панелями.

Акустический экран устанавливают вдоль автомобильных и железных дорог, строительных площадок, прилегающих к жилой застройке, рекреационным территориям, или в зоне проведения ремонтных и других работ с превышающими санитарные нормы уровнями шума. При необходимости данные акустические экраны могут быть установлены на разделительной полосе скоростных многорядных автомагистралей, так как у предлагаемой конструкции экрана обе стороны одинаково эффективно защищают от шума.

Рассмотренное устройство позволяет за счёт применения коньковой формы акустических панелей:

- предотвратить отражение звуковой энергии в сторону источников шума (незначительная часть будет направлена вверх);
- обеспечить практически полностью поглощение звуковой энергии при её прохождении через каналы, образованные коньковыми панелями;
- обеспечить одинаковую эффективность защиты от источников шума, расположенных по обе стороны акустического экрана;
- предотвратить образование снежной и ледяной корки на звукопоглощающих поверхностях, что обеспечит постоянную эффективность акустического экрана в различные сезоны года;
- сократить расход металла, что позволит уменьшить вес конструкции без снижения её эффективности и снизить стоимость акустического экрана.

С применением акустического экрана данной конструкции повышается эффективность защиты населения от шума различных транспортных источников, а также от внутренних источников селитебных территорий: детских садов, школ, спортивных площадок, строительных площадок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. О внесении изменений в свод правил 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*» // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 1. С. 56–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.8.
2. Сухина Е.А. Становление и особенности сертифицирования российских экологических стандартов в строительстве // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 2. С. 96–103. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.13.

3. Орлов О.Г. Современные тенденции формирования акустической ситуации в крупных городах // Строительная физика в XXI веке: материалы научно-технической конференции. М., 2006. С. 356–358.

4. Орлов О.Г. Акустическая ситуация в городе Самаре и пути её дальнейшего улучшения // Сборник трудов III Международного экологического конгресса (V Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. С. 221–226.

5. Орлов О.Г. Определение приоритетного варианта скоростной магистрали на основании оценки шумозащитной эффективности ограждений // Градостроительство и архитектура. 2011. Т. 1, № 2. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.26.

6. Защита от шума в градостроительстве: справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1993. 300 с.

7. Пат. 2 727 997 Российская Федерация. МПК-КЕ01F8/00(2006-01-01). Шумозащитный экран / Орлов О.Г., Галицков С.Я., Корнева Е.И.; патентообладатель ФГБОУ ВО «СамГТУ». № 2019119083; заявл. 2019-06-19; опубл. 2020-07-28.

4. Orlov O.G. Acoustic situation in Samara and its further improvement. *Sbornik trudov III Mezhdunarodnogo ekologicheskogo kongressa (V Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii) «Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti promyshlennno-transportnykh kompleksov»* [Collection of works of the III of the International Environmental Congress (V of the International Scientific and Technical Conference) "Ecology and Safety of Life Improvements of Industrial Transport Complexes"]. Samara, Samara Scientific Center RAS, 2012, pp. 221–226. (in Russian)

5. Orlov O.G. Determination of the priority option of the expressway based on the assessment of the noise protection efficiency of fences. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2011. Vol. 1, no. 2. Pp. 120–122. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.26.

6. *Spravochnik proektirovshchika "Zashchita ot shuma v gradostroitel'stve"* [Directory of the designer "Protection against noise in urban planning"]. M., Stroyizdat, 1993. 300 p.

7. Orlov O.G., Galitskov S.Ya., Korneva E.I. and all. *Shumozashchitnyy ekran* [Noise protection screen]. Patent RF, 2020, no. 2 727 997.

REFERENCES

1. Strelkov A.K., Zotov Yu.N., Mikhailova I.Yu. On amendments to the regulations 30.13330.2016, «internal water pipeline and sewerage of buildings. Actualized edition of construction standards and regulations 2.04.01-85». *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 1, Pp. 56–62. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.8.

2. Sukhinina E.A. Formation and features of certification of Russian environmental standards in construction. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2019. Vol. 9, no. 2. Pp. 96–103. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2019.02.13.

3. Orlov O.G. Modern tendency to form an acoustic situation in major cities. *Stroitel'naya fizika v XXI veke: Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Construction physics in the XXI century: Material of the Scientific and Technical Conference]. M., 2006, pp. 356–358. (in Russian)

Об авторе:

ОРЛОВ Олег Георгиевич

кандидат биологических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

ORLOV Oleg G.

PhD in Biological Science, Associate Professor of the Nature protection and Hydraulic Engineering Construction Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

Для цитирования: Орлов О.Г. Анализ эффективности акустических экранов различной конструкции // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 3. С. 62–66. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.10.

For citation: Orlov O.G. Analysis of the Efficiency of Acoustic Screens of Different Designs. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 62–66. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.03.10.