# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 625.7/8:624/9 DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-2-115-123

*Р.В. АТАУЛОВ, Б.С. СЕМУХИН,*
*Томский государственный архитектурно-строительный университет*

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ В ГОРОДЕ ТОМСКЕ

Проведено исследование эффективности работы шумозащитных конструкций, расположенных на автомобильной развязке вдоль улицы Балтийской в городе Томске. Выполнены акустические измерения уровня шума вдоль шумозащитных конструкций по новой оригинальной методике измерения. Сравнение полученных данных с требованиями нормативных документов в области шумозащиты урбанизированных территорий города позволило сделать вывод об эффективности установленных экранов. Экспериментально установлено, что шумозащитные экраны значительно снижают показатель уровня звукового давления до допустимого. Установлен экспериментально эффект интерференции шума, проявившийся в периодическом перераспределении уровня шума за экранами.

***Ключевые слова:*** акустические измерения; защита от шума; шумозащитные щиты в г. Томске; шум в городе.

***Для цитирования:*** Атаулов Р.В., Семухин Б.С. Анализ эффективности работы шумозащитных экранов в городе Томске // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 2. С. 115–123.

*R.V. ATAULOV, B.S. SEMUKHIN,*
*Tomsk State University of Architecture and Building*

## EFFICIENCY OF NOISE-PROTECTIVE SHIELDS IN TOMSK

The paper presents a study of the noise-protective shield effectiveness which are located at the road junction in Baltiyskaya street in the city of Tomsk. The noise level is measured along the noise-protective shield using a new measurement technique. The obtained results are compared compliance with the regulatory documents on noise protection in urban areas. It is shown that noise-protective shields significantly reduce the noise level up to allowable values. The effect of noise interference is manifested as a periodic noise redistribution behind the shields.

***Keywords:*** noise protection; noise-protective shields; urban noise.

***For citation:*** Ataulov R.V., Semukhin B.S. Analiz effektivnosti raboty shumozashchitnykh ekranov v gorode Tomske [Efficiency of noise-protective shields in Tomsk].

© Атаулов Р.В., Семухин Б.С., 2018

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 2. Pp. 115–123. (rus)

## Введение

Автомобильный транспорт сыграл огромную роль в формировании современного мира. В то же время он увеличил многие отрицательные явления, одно из которых – высокое шумовое давление близ дорожных магистралей. Шумовое загрязнение в городах практически всегда имеет локальный характер и преимущественно вызывается автомобильным транспортом. Уже сейчас на главных магистралях крупных городов уровни шумов превышают 90 дБ [1.1] и имеют тенденцию к усилению на 0,5 дБ [2.1] ежегодно, что является наибольшей опасностью для окружающей среды в районах оживленных транспортных магистралей. Как показывают исследования медиков, повышенные уровни шумов способствуют развитию нервно-психических заболеваний и гипертонической болезни. Борьба с шумом в центральных районах городов осложняется плотностью сложившейся застройки, из-за которой затруднено строительство шумозащитных экранов.

Актуальность темы исследования обусловлена крайне редким использованием шумозащитных экранов на территории Томска, о чем свидетельствует низкий показатель присутствия шумоограждающих конструкций на дорогах общего пользования (менее половины процента от общего числа дорог). При этом необходимость эксплуатации данных шумозащитных экранов в использовании данных сооружений высока.

## Степень разработанности темы исследования

Еще в СССР исследовали проблемы шумозащиты в городе. Из всего разнообразия отечественных научных трудов можно выделить работы [1, 2]. Б.Г. Прутков одним из первых поднял тему проблемы шумового загрязнения в городах с высоким показателем использования транспорта. В своих научных трудах он детально описал суть проблемы на тот период времени и показал пути решения устранения самого шумозагрязнения пассивным способом (не прилагая воздействия на источник шума). Из действенных методов, представленных в работах [1, 2], можно выделить только лишь заведомо спланированное проектирование города с учетом дальнейшего роста интенсивного использования автотранспорта. А из множества путей решения, представленных в книгах, можно выделить только создание акустического барьера в виде шумозащитного экрана для появления акустической тени в местах, где это необходимо.

В наше время существует множество научных трудов как зарубежных, так и отечественных инженеров-исследователей, посвященных данной проблеме. Например, статьи [3, 4] являются работами практического применения. В работе [4] авторы указывают на такой важный аспект, как потеря активного использования всего потенциала шумоэкранирующих конструкций. Авторы предлагают произвести небольшую надстройку на свободном ребре конструкции и использовать ее для многих целей (поставить разнообразные датчики, приборы наблюдения или иные элементы дорожной системы), при этом не теряя всей эргономики общего вида сооружения. В работе «Шумозщитные

экраны с интегрированными солнечными батареями» предлагается интегрировать солнечные панели в щиты, и лучшим местом будет свободное ребро на верхней части конструкции. Таким образом, повышается КПД использования солнечных батарей из-за интенсивного воздействия солнечного потока на панели во время всего периода солнечной активности [3].

Хороший обзор по имеющейся нормативной документации на сегодняшний день в области шумозащиты в рамках законодательства Российской Федерации приведен в работе [5].

В ходе выполнения исследовательских работ авторами [6] была предложена методика акустического картирования, позволяющая распределить места урбанизированной территории с наиболее высоким уровнем акустических шумов. Методика заключается в следующем. Вся территория города разбивается на несколько частей, соответствующих их прямому назначению (культурные, жилые, зеленые и производственные зоны). После этого для каждой зоны составляются собственные измерения и расчеты, поскольку для каждой зоны предусмотрены разные санитарные нормы. По вышеуказанной методике была построена карта акустических шумов. С помощью данной карты удалось наглядно показать некоторые части города в звуковом диапазоне. Поскольку основным источником шумового загрязнения урбанизированных мест г. Томска является транспорт, в звуковом диапазоне частот наибольшее значение уровня шума было замечено на перекрестках и крупных проспектах города. Вносит свой «вклад» и промышленная зона города. Она выделилась на фоне инфразвукового диапазона частот и показала высокий уровень данного критерия. Но тем не менее уровень шумового загрязнения, показанный на общей карте акустических шумов, а именно уровень акустических шумов в городе, удовлетворяет санитарным нормам и не превышает минимальный порог в 90 дБ.

Влиянию материала экранов на акустическую эффективность шумозащитных экранов посвящена работа [7]. Авторы данной статьи сравнили эффективность разных материалов на их свойство задерживать звуковые колебания в рамках звукоизолирующего барьера. По составу материала панели шумоизолирующих экранов классифицируется на отражающие и отражающе-поглощающие. В ходе исследовательских работ было выявлено, что материалы с поглощающими свойствами эффективнее на 3–4 дБ. Авторы данной научной работы предложили использовать такой отражающе-поглощающий материал, как щепобетон, в качестве лучшей альтернативы материалам с отражающими свойствами. Приведены экспериментальные графики, указывающие на рентабельное применение материалов с отражающе-поглощающими свойствами.

В статье [8] рассмотрено влияние перекрестков (как пространственных источников шумового загрязнения) крупных городских улиц в г. Томске на акустическое состояние примагистральных территорий. За область исследования были взяты пересечения ул. Пушкина с ул. Яковлева и Дальне-Ключевской, пересечение пр. Комсомольского и ул. Сибирской, пересечение ул. Красноармейской и пр. Фрунзе. Более подробно были рассмотрены пересечения ул. Пушкина с ул. Яковлева и Дальне-Ключевской. Методика заключается в распределении точек измерения таким образом, чтобы 4 из них находились

в крайней близости к центру акустического загрязнения, т. е. к перекрестку, а остальные точки измерения находились в 7,5 м от ближайшей оси движения примыкающего перегона. Для проведения расчетов эквивалентного уровня звука на территории, прилегающей к транспортной развязке, выбраны расчетные точки в двух метрах от фасадов зданий на высоте 1,5 м от уровня поверхности покрытия. В ходе всех измерений было выявлено незначительное смещение значений с учетом и без учета развязки в 1 дБ. Это указывает на необходимость пренебрегать влиянием перекрестков и других подобных мест пространственных источников на результаты измерения.

В работах [9, 10] авторы подняли вопросы защиты жилой зоны поселения от воздействия шума с помощью щумозащитных экранов. В их работе освещены нормы уровня шума жилых зон застройки, мероприятия по обеспечению нормируемого уровня шума. Помимо всего прочего, также приведены допустимые нормы шума поездов в зависимости от расстояния до жилой зоны, расчет нормируемого уровня шума, а также предложен способ снижения уровня шума с помощью шумозащитных экранов. Суть способа заключается в следующем: заранее, на планировочном этапе, необходимо спроектировать часть жилой зоны так, чтобы шумозащитные экраны были уместны в урбанизирующей планировке улиц. Тот же самый способ был описан и в работах [1, 2].

Статья [13] посвящена исследованию шумоизоляционных материалов и подбору их для экранов по стоимости и техническим показателям. Авторами выведена формула, позволяющая соотнести затраты на шумоизоляцию к эффективности работы защитных сооружений. В публикации [14] авторы рассмотрели возможные причины возникновения неточностей при выполнении акустических расчетов инженерных систем. Из проделанной работы авторы выявили основную причину появления и учащения неточностей при расчетах, а именно частичное отсутствие квалифицированных специалистов в данной области и крайне редкое использование хорошего программного обеспечения, способного систематизировать все данные в точную структуру для дальнейшего применения.

В работах [15, 16] авторы задаются вопросом целесообразности использования локальных шумозащитных экранов для внутриквартальных территорий. В ходе измерений по методическим рекомендациям по оценке необходимого снижения звука от населенных пунктов (Росавтодор 2003) был сделан вывод, что применение локальных шумозащитных экранов может повысить акустическую комфортность территорий, которые в этом нуждаются.

В публикации [17] проведен обзор современных материалов, используемых для изготовления экранов. Выявлено, что большее использование многослойных конструкций обусловлено более высокой шумозащитой, чем у однослойных аналогов.

В статье [18] были рассмотрены принципы проектирования ограждающих конструкций зданий с учетом защиты от шума. Полностью описан программный алгоритм, позволяющий выполнять мультифакторный анализ вариаций шумозащитных конструкций на всех уровнях проектирования зданий.

В работе [11] рассматриваются методы обеспечения акустического комфорта в помещениях зданий, подверженных воздействию городского шума.

Один из методов заключается в применении шумозащитных окон с воздухообменными элементами, разработанных в стенах ТГАСУ, которые были запатентованы и обеспечивают снижение шума до 40 дБА в режиме вентиляции.

В работе [12] автор продемонстрировал эволюционную цепочку использования шумозащитных экранов для США. Каждая из ступеней эволюционной цепочки шумозащитных сооружений была рассмотрена и проанализирована для современных факторов шумового загрязнения.

Целью настоящей работы является изучение и исследование эффективности работы шумозащитных экранов в г. Томске на ул. Балтийской.

Объектом исследования являются шумозащитные щиты, расположенные в г. Томске на ул. Балтийской.

Предметом исследования являются шумозащитные экраны. В Томске на ул. Балтийской установлены типовые комбинированные шумозащитные экраны. Размеры экранов: длина – 4700 мм, высота – 4000 мм, ширина – 170 мм. Материал шумозащитных сооружений: перфорированные части выполнены из стали марки Ст.2, скрепляющие элементы конструкции выполнены из стали марки 09Г2С, прозрачная вставка из сплошного листа поликарбоната для лучшего обзора местности, шумозащитный внутренний наполнитель.

## Экспериментальная часть

**Методика.** Измерения проводили с использованием модернизированной версии шумомера-виброметра «Октава-110А». Аттестованный метод измерения, который описан в СанПиН 2.2.4.3359–16, включает в себя множество вариаций проведения измерений. Нет определенного метода или инструкции по проведению измерений. Поэтому нами предложен свой вариант методики проведения измерений уровня шума измерительным прибором «Октава-110А». Наш метод измерения уровня шума вдоль шумозащитных экранов заключается в следующем. Необходимо всю площадь шумозащитного экрана разделить на три части. Затем провести полосы измерений на определенное расстояние от самого щита, в нашем случае это 2 м перед щитом и 3, 10, 15, 20 м за щитом, и проводить само измерение (рис. 1). Измерения проводились в течение 3–5 мин на одной точке, после чего полученные данные заносились в таблицу.

**Результаты и обсуждение.** Акустическими целями исследования являются величина уровня ослабления шума экраном (IL). IL определяется как разность между уровнем звука в данном приемнике до установки экрана и уровнем звука в том же самом приемнике после устройства экрана. Как правило, значение в 5 дБ (А) может ожидаться для приемников, чья линия приема звука (визирования) по отношению к дороге блокирована экраном. Должным образом спроектированные шумозащитные экраны должны достигать уровня 10 дБ (А), что эквивалентно снижению в 2 раза восприятия шума для первой линии домов позади экрана.

В результате измерений можно построить распределение уровня шума в зависимости от расстояния до экрана. Из рис. 2 следует, что за экраном образуются две области с пониженным шумом. Первая – это акустическая тень, вторая, – по-видимому, результат интерференции звука от экрана. Из них

наиболее интересна вторая зона, т. к. она располагается на значительном расстоянии, позволяющем возводить там жилые постройки.

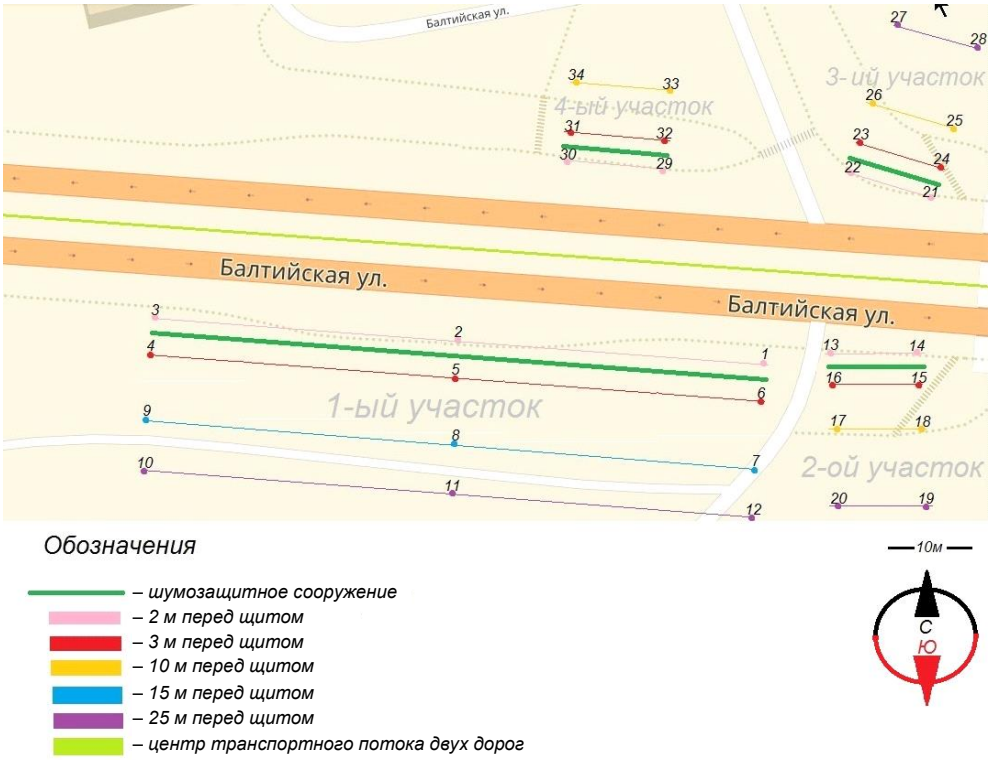


*Рис. 1.* План измерений

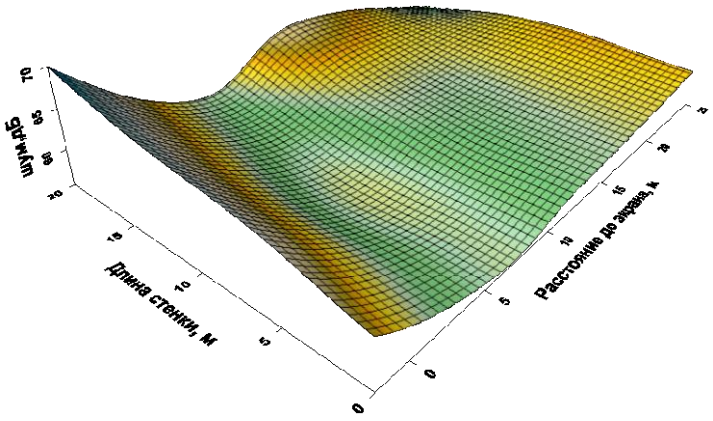


*Рис. 2.* Распределение уровня шума на различном расстоянии от экрана

Как следует из измерений, уровень ослабления шума в первой зоне велик и достигает 5–10 дБ. Поэтому следует считать ослабление в первой зоне достаточным, для того чтобы оценить работу экранов как эффективную.

Отдельно рассмотрим влияние шумозащитной стенки на прохождение акустических волн (рис. 3). Из рис. 3 следует, что вид зависимости изменения уровня шума за экраном периодический. Наблюдаются два максимума и два минимума. Такой вид характерен для картин интерференции или дифракции. Поскольку размер защитной стенки превышает 25 м, для дифракции необходим промежуток между щитами размером не более 5 м. В случае же интерференции от экрана таких размеров должно наблюдаться сильное гашение на втором максимуме. Таким образом, скорее всего, кроме акустической тени экспериментально зафиксировано гашение шума за счет интерференции звуковых волн на значительном (до 30 м) расстоянии за щитом.

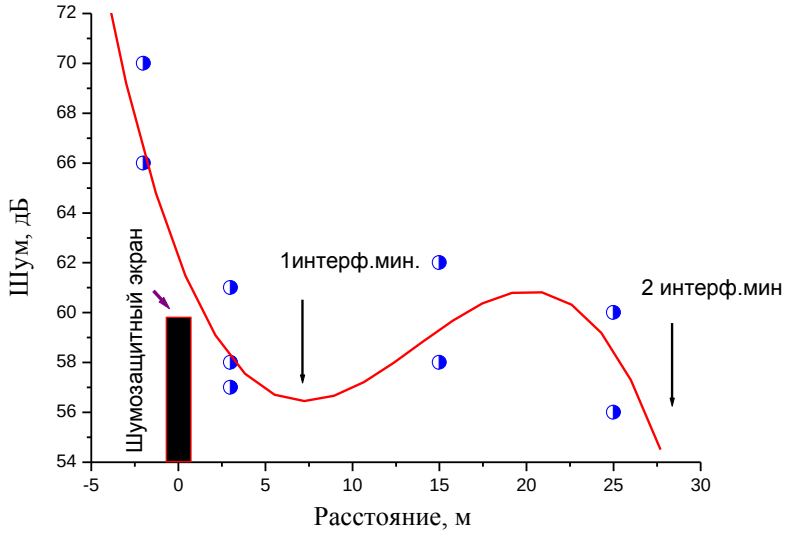


*Рис. 3.* Интерференция звука за защитным экраном

Таким образом, поскольку предельно допустимые уровни звукового давления отвечают требованиям СанПиН 2.1.2.2645–10 и СНиП 23-03–2003, можно считать, что те шумозащитные экраны, которые были построены вдоль ул. Балтийской, действительно снижают показатель уровня звукового давления до допустимого и защищают от негативного воздействия вредных шумовых факторов. Наличие зоны интерференции может быть использовано для строительства и расположения в ней объектов с повышенной чувствительностью к шуму.

## Библиографический список

1. *Прутков Б.Г.* Шумозащита в градостроительстве. М.: Стройиздат, 1966. 116 с.
2. *Прутков Б.Г.* Методы и пути снижения городского шума. М.: ЦНТИ, 1974. 40 с.
3. *Шубин И.Л., Тихомиров Л.А.* Шумозщитные экраны с интегрированными солнечными батареями // Вестник МГСУ. 2011. № 3. С. 103–106.
4. *Шубин И.Л., Тихомиров Л.А.* Шумозащитные экраны с надстройкой на свободном ребре // Сборник докладов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. Н.И. Иванова. 2015. С. 580–583.

5. *Грибов С.А.* Шумозащитные экраны. Обзор нормативной документации // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. Н.И. Иванова. 2013. С. 728–730.
6. *Бочарова А.А., Колесника А.Г., Соловьева А.В.* Акустические шумы урбанизированных территорий на примере г. Томска // Известия ТПУ. 2012. № 1. С. 191–196.
7. *Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С.* Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов // Noire Theory and Practice. 2016. V. 2. № 4. P. 24–28.
8. *Большанина Т.С., Овсянников С.Н.* Влияние перекрестка при определении шумового загрязнения при магистральной территории // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2017. № 6 (994). С. 23–25.
9. *Ковязин В.Ф., Глушкова Н.А.* Защита жилой зоны поселения от воздействия шума акустическими экранами // Инновационная наука. 2015. № 12-2. С. 67–70.
10. *Овсянников С.Н., Самохвалов А.С., Мельник В.П., Овсянников М.С.* Шумозащитные мероприятия для зданий на примагистральных территориях городов / Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. № 1. С. 64–74.
11. *Akhtar N., Ahmad K., Gangopadhyay S.* Road traffic noise mapping and a case study Delhi Region // Online International Journal. 2012. V. 2 (4). October-December. P. 39-45.
12. *Wagner K.* Building the Wall: Highway Sound Barriers and the Evolution of Noise // 99 % Invisible Journal. 2016. P. 75–81.
13. *Афонин К.В., Афонина О.А., Жилина Т.С.* Определение относительного коэффициента эффективности материалов для шумоизоляции // Фундаментальные исследования. 2017. № 6. С. 21–25.
14. *Руднева Е.А., Калашникова Н.К., Гончаренко И.А., Клименкова О.И.* Точный акустический расчет – основа оптимальной защиты от шума инженерных систем // Строительство и безопастность. 2015. № 1. С. 115–119.
15. *Орлов О.Г.* Использование шумозащитных экранов в городах // Материалы Международной научно-технической конференции. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2014. С. 426–429.
16. *Балькин В.М.* Элементы воздействия транспорта на здания и сооружения. Их защита от транспортного шума и вибраций // Вестник СГАСУ. 2013. № 3 (11). С. 44–45.
17. *Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф.* Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов, используемых для защиты от шума // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2012. Т. 2. № 2 (14). С. 194–199.
18. Гиясов Б.И., Антонов А.И., Матвеева И.В. Проектирование ограждающих конструкций зданий по условиям и с учетом защиты от шума // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 16–21.

## REFERENCES

1. *Prutkov B.G.* Shumozashchita v gradostroitel'stve [Noise protection in urban development]. 1966. 116 p. (rus)
2. *Prutkov B.G.* Metody i puti snizheniya gorodskogo shuma [Methods and ways of reducing urban noise]. 1974. 40 p. (rus)
3. *Shubin I.L., Tikhomirov L.A.* Shumozshchitnye ekrany s integrirovannymi solnechnymi batareyami / [Noise shielding screens with integrated solar batteries]. *Vestnik MGSU.* 2011. No. 3. Pp. 103–106. (rus)
4. *Shubin I.L., Tikhomirov L.A.* Shumozashchitnye ekrany s nadstroikoi na svobodnom rebre [Noise shields with free edge superstructure]. N.I. Ivanov (Ed). Sbornik dokladov V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (*Proc. 5th All-Russ. Conf.*) 2015. Pp. 580–583. (rus)
5. *Gribov S.A.* Shumozashchitnye ekrany. Obzor normativnoi dokumentatsii [Noise shields. Review of normative documents]. N.I. Ivanov (Ed). Sbornik dokladov V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (*Proc. 5th All-Russ. Conf.*) 2013. Pp. 728–730.(rus)
6. *Bocharova A.A., Kolesnik A.G., Solovyov A.V.* Akusticheskie shumy urbanizirovannykh territorii na primere g. Tomska [Acoustic noise of urbanized areas by the example of Tomsk]. (rus)

7. *Ivanov N.I., Shashurin A.E., Boyko Yu.S.* Vliyanie materiala na akusticheskuyu effektivnost' shumozashchitnykh ekranov [The influence of the material on the acoustic efficiency of noise protection screens]. (rus)
8. *Bolshanina T.S., Ovsyannikov S.N.* Vliyanie perekrestka pri opredelenii shumovogo zagryazneniya pri magistral'noi territorii [Influence of a crossroads in determining noise pollution in the mainland territory]. *Byulleten' stroitel'noi tekhniki.* 2017. No. 6 (994). Pp. 23–25. (rus)
9. *Kovyazin V.F., Glushkova N.A.* Zashchita zhiloi zony poseleniya ot vozdeistviya shuma akusticheskimi ekranami [Protection of the residential area of the settlement from noise effects from acoustic screens]. *Innovatsionnaya nauka*. 2015. No. 12-2. Pp. 67–70. (rus)
10. *Ovsyannikov S.N., Samokhvalov A.S., Melnik V.P., Ovsyannikov M.S.* Shumozashchitnye meropriyatiya dlya zdanii na primagistral'nykh territoriyakh gorodov [Noise protection measures for buildings on the main territories of cities]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2007. No. 1. Pp. 64–74. (rus)
11. *Akhtar N., Ahmad K., Gangopadhyay S.* Road traffic noise mapping and a case study Delhi Region. *Online International Journal*. 2012. V. 2 (4). Pp. 39–45.
12. *Wagner K.* Building the wall: Highway sound barriers and the evolution of noise. *99 Percent Invisible.* 2016. Pp. 75–81.
13. *Afonin K.V., Afonina O.A., Zhilina T.S.* Opredelenie otnositel'nogo koeffitsienta effektivnosti materialov dlya shumoizolyatsii [Determination of relative efficiency factor of materials for noise insulation]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2017. No. 6. Pp. 21–25. (rus)
14. *Rudneva E.A., Kalashnikova N.K., Goncharenko I.A., Klimenkova O.I.* Tochnyi akusticheskii raschet – osnova optimal'noi zashchity ot shuma inzhenernykh system [Accurate acoustic calculation as a basis for noise protection of engineering systems]. *Stroitel'stvo i bezopastnost'*. 2015. No. 1. Pp. 115–119. (rus)
15. *Orlov O.G.* Ispol'zovanie shumozashchitnykh ekranov v gorodakh [Noise protection screens in cities]. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (*Proc. Int. Sci. Conf.*). 2014. Pp. 426–429. (rus)
16. *Bal'kin V.M.* Elementy vozdeistviya transporta na zdaniya i sooruzheniya. Ikh zashchita ot transportnogo shuma i vibratsii [Transport impact on buildings and facilities. Traffic noise and vibration protection]. *Vestnik SGASU*. 2013. No. 3(11). Pp. 44–45. (rus)
17. *Tipalin S.A., Saprykin B.Yu., Shpun'kin N.F.* Kratkii obzor mnogosloinykh listovykh deformiruemykh materialov ispol'zuemykh dlya zashchity ot shuma [Multilayer sheet deformable materials for noise protection]. *Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2012. V. 2. No. 2 (14). Pp. 194–199. (rus)
18. *Giyasov B.I., Antonov A.I., Matveeva I.V.* Proektirovanie ograzhdayushchikh konstruktsii zdanii po usloviyam i s uchetom zashchity ot shuma [Design of noise protective building envelopes]. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 12. Pp. 16–21. (rus)

**Сведения об авторах**

*Атаулов Роман Васильевич*, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, roma.ataulov@mail.ru

*Семухин Борис Семенович*, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, bsemukhin@mail.ru

**Authors Details**

*Roman V. Ataulov*, Undergraduate, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, roma.ataulov@mail.ru

*Boris S. Semukhin*, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, bsemukhin@mail.ru