

УДК 711.582:699.84 (571.16)

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-146-154

*Т.С. БОЛЬШАНИНА,**Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРАХ Г. ТОМСКА

Согласно СНиП 23-03–2003 (Защита от шума) в состав проектной градостроительной документации по планировке и застройке городов, поселков, сельских населенных пунктов, а также отдельных микрорайонов городов был включен раздел «Защита от шума». Инженеры должны обосновать свои решения, основываясь на акустических расчетах, которые должны производиться согласно действующим нормативным документам. Точность и простота акустических расчетов позволит инженерам быстро принимать решения. Актуальность статьи заключается в выявлении лучшего сочетания этих критериев среди существующих и предыдущих методик определения шумовых характеристик. Статья посвящена сравнению методик определения эквивалентных уровней звука в расчетных точках на территории застройки на основании действующего СП 276 и предыдущих нормативных документов. Сравнительный анализ методик определения эквивалентных уровней звука выполнен на примере примагистральных территорий г. Томска. Для анализа были выбраны три типа сечений с разным взаиморасположением расчетной точки и источника шума. Представлены результаты натурных измерений уровней шума транспортных потоков и определения шумовых характеристик расчетным путем, а также описаны преимущества рассматриваемых методик.

Ключевые слова: транспортный шум; шумовая характеристика; эквивалентные уровни звука; оценка акустического режима города.

Для цитирования: Большанина Т.С. Исследование акустического режима городской территории на примерах г. Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 4. С. 146–154.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-146-154

*T.S. BOLSHANINA,**Tomsk State University of Architecture and Building*

ACOUSTIC LEVEL IN TOMSK URBAN AREA

According to SNiP 23-03–2003 ‘Noise Protection’, the urban planning documentation for cities, towns, rural settlements and microdistricts includes the section ‘Noise Protection’. Engineers must substantiate their decisions on the acoustic level calculations, which should be made in accordance with the current regulatory documents. The accuracy and simplicity of the acoustic level calculations will allow engineers to make decisions quickly. This paper identifies the best combination of these criteria among the existing and previous methods of detecting noise characteristics. The paper presents a comparison of methods of determining the equivalent acoustic levels at design points in the construction area using the regulatory documents. This analysis is performed for the mainline territories of Tomsk. Three types of cross-sections with different relative positions of the calculated point and the noise source are analyzed. The measurement results are given for the traffic flow and the acoustic level, and the advantages of the utilized methods are described.

Keywords: traffic noise; noise characteristic; equivalent sound level; urban area.

For citation: Bolshanina T.S. Otsenka akusticheskogo rezhima gorodskoi territorii na primerakh g. Tomsk [Acoustic level in Tomsk urban area]. Vestnik Tomskogo

gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 4. Pp. 146–154.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-146-154

Основным источником акустического загрязнения в городах является шум транспортных потоков. Точность оценки акустического режима на при-магистральной территории позволяет правильно выбрать шумозащитные мероприятия. Цель данной статьи заключается в сравнении методик определения эквивалентных уровней звука в расчетных точках по действующим строительным правилам и по предыдущим нормативным документам, а также сравнение результатов расчетов с результатами натурных измерений.

СНиП II-12–77 «Защита от шума» [1] позволял определять шумовые характеристики магистралей по их типу в виде эквивалентных уровней звукового давления и эквивалентные уровни шума на территории застройки. Руководство по учету в проектах планировки и застройки городов требований снижения уровней шума [2] позволяло рассчитывать шумовые характеристики автотранспортных потоков как эквивалентные уровни шума в 7,5 м от оси первой полосы движения в зависимости от скорости, интенсивности и процентного состава потока. В Руководстве по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума [3] был представлен порядок расчета требуемого снижения транспортного шума на селитебной территории, который лег в основу методики в Справочнике проектировщика со своими уточнениями. Справочник проектировщика [4] существенно упрощал расчет шумовых характеристик и уточнял расчет уровней шума на территории застройки в зависимости от условий распространения шума.

С 2017 г. вступил в действие СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [5]. Согласно этому своду правил можно определять ожидаемый эквивалентный уровень звука в расчетной точке от каждого подучастка транспортной магистрали и ориентировочное значение эквивалентного уровня звука автомобильного транспортного средства.

Сравним расчеты по представленным выше методикам и измеренные значения уровней звука в расчетных точках на примерах г. Томск. Для этого выберем часто встречаемые ситуации расположения проезжей части относительно застройки на примагистральной территории:

- проезжая часть находится выше застройки (рис. 1, а);
- проезжая часть находится ниже застройки (рис. 1, б);
- проезжая часть и застройка на одном уровне (рис. 1, в).

Конфигурация поперечного профиля дороги может обладать шумозащитными свойствами [6]. Когда источник шума находится выше рассматриваемой расчетной точки (рис. 1, а), то около откоса или эстакады возникает звуковая тень. В таком случае звуковая тень уменьшается с увеличением расстояния между источником шума и расчетной точкой. При расположении источника шума ниже расчетной точки (рис. 1, б), например откос выемки, который будет являться экранирующим сооружением, звуковая тень будет увеличиваться с увеличением расстояния. Исключением является поперечный профиль, где проезжая часть и застройка расположены на одной прямой

(рис. 1, в). В таком случае звуковая тень не возникает, и поэтому такой поперечный профиль не обладает шумозащитными свойствами.

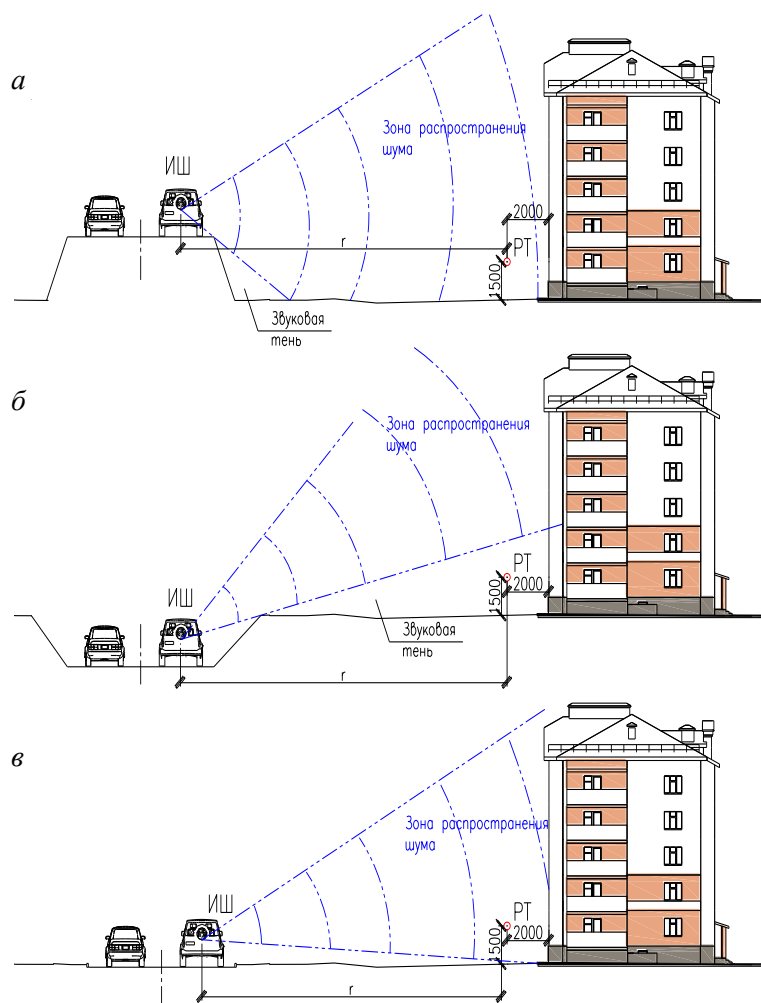


Рис. 1. Варианты взаимного расположения проезжей части и примыкающей застройки

Для изучения влияния взаимного расположения источника шума и расчетной точки, а также сравнения точности и простоты методов оценки акустического режима, представленных в существующем СП 276 и предыдущих нормативных документах, был взят участок дороги, расположенный по Комсомольскому проспекту в г. Томске. На пр. Комсомольском были определены три сечения поперечного профиля для расчета (рис. 2). В расчетных точках 1–5 были произведены измерения шумовых характеристик транспортного потока (рис. 2). Измерение шумовых характеристик от пр. Комсомольского осуществлялось в час пик шумомером «Октава-101А» по методике, описанной в ГОСТ 20444–2014 [7]. Измеренные данные отображены в табл. 1.



Рис. 2. Схема расположения точек измерения шумовых характеристик и расчетных сечений поперечного профиля:
сечение 1-1 – проезжая часть и застройка на одном уровне; сечение 2-2 – проезжая часть находится ниже застройки; сечение 3-3 – проезжая часть находится выше застройки

Таблица 1

**Измеренные параметры пр. Комсомольского и уровни шума
в расчетных точках**

Номер расчет- ной точки	Ско- рость, км/ч	Интенсив- ность авт/ч	Процентный состав потока			Измеренный уровень шума $L_{Aэкв}/L_{Amax}$, дБА
			грузовые	автобусы	легковые	
1	40–60	3162	3	2	95	70,8/76,4
2	50–60	3348	5	3	92	73,8/93,1
3	30–60	2796	5	3	92	74,2/83,5
4	50–60	2400	4	3	93	77,5/92,8
5	50–60	2590	3	2	95	75,7/81,4

На рис. 3 представлена схема расположения расчетных точек на территории в двух метрах от фасада здания, в которых будем сравнивать измеренные и расчетные значения по различным методикам. Измерение уровней звука в расчетных точках для проверки точности расчетных значений проводили шумомером «Октава-101А» по методике, описанной в ГОСТ 23337–2014 [8]. Схематичное изображение поперечных сечений с размерами представлено на рис. 4.



Рис. 3. Схема расположения расчетных точек на территории

Ниже представлены формулы и наименования нормативных документов, по которым был произведен расчет уровня звука в расчетных точках 6, 7 и 8 в различных сечениях.

Расчеты производились по СНиП II-12-77 [1], Руководствам [2, 3], Справочнику [4], СП 276 [5] по формулам, которые представлены ниже.

Расчет уровня звука в расчетной точке согласно п. 10.7 СНиП II-12-77 [1] осуществляем в формуле, дБА:

$$L_{\text{Атер}} = L_{\text{Аэкв}} - \Delta L_{\text{Арас}} - \Delta L_{\text{Аэкр}} - \Delta L_{\text{Азел}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{Атер}}$ – уровень звука в расчетной точке на территории защищаемого от шума объекта, дБА; $L_{\text{Аэкв}}$ – шумовая характеристика источника шума, дБА;

$\Delta L_{\text{Арас}}$ – снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, дБА; $\Delta L_{\text{Аэкр}}$ – снижение уровня звука экранами на пути распространения звука, дБА; $\Delta L_{\text{Азел}}$ – снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, дБА.

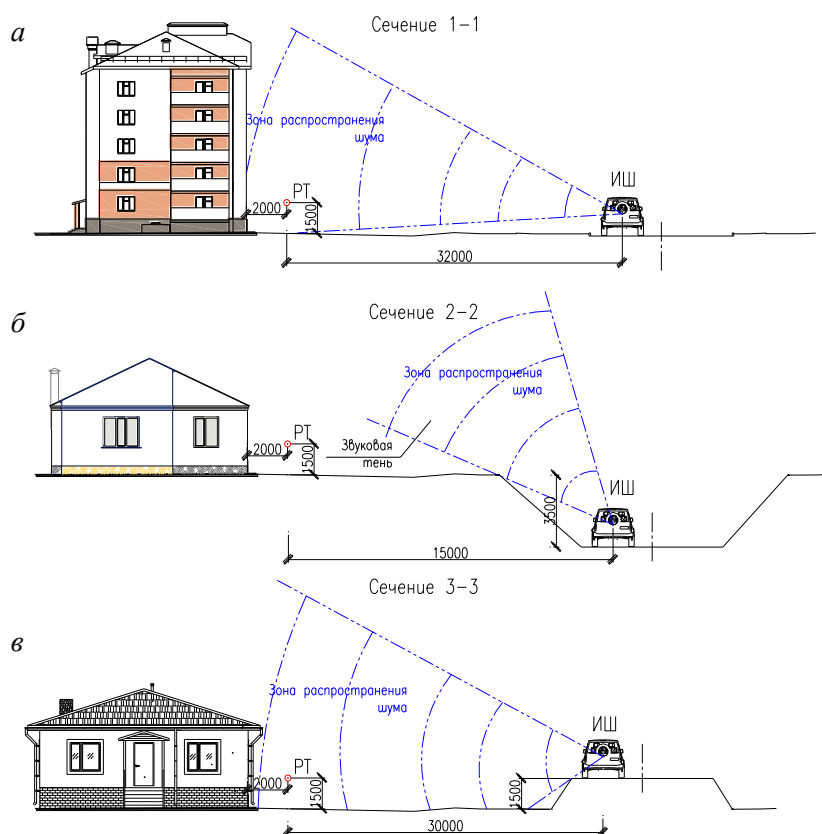


Рис. 4. Расчетные поперечные сечения:

а – сечение 1-1, расчетная точка 6; б – сечение 2-2, расчетная точка 7; в – сечение 3-3, расчетная точка 8

Расчет по Руководству [2] производим с помощью графика для определения снижения уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой и наличия/отсутствия зеленых насаждений, дБА:

$$L_{\text{Атер}} = L_{\text{Аэкв}} - \Delta L_{\text{Арас}} \cdot K_{\text{П}} - \Delta L_{\text{Аэкр}} - \Delta L_{\text{Азел}}, \quad (2)$$

где $L_{\text{Аэкв}}$, $\Delta L_{\text{Арас}}$, $\Delta L_{\text{Аэкр}}$, $\Delta L_{\text{Азел}}$ – те же обозначения, что в формуле выше, дБА; $K_{\text{П}}$ – коэффициент поглощения.

Расчет уровня звука в расчетной точке по п. 2.10 Руководства [3] определяется по формуле, дБА:

$$L_{\text{Аіэкр}} = L_{\text{Аэкв}} - \Delta L_{\text{Арас}} - \Delta L_{\text{Аіэкр}} - \Delta L_{\text{Апок}} - \Delta L_{\text{Азел}} - \Delta L_{\text{Авоз}} - \Delta L_{\text{Аαі}}, \quad (3)$$

где $L_{Ai \text{ экр}}$ – уровень звука в расчетной точке от экранированного участка улицы или дороги, дБА; то же что и $L_{Атер}$; $L_{Аэкв}$, $\Delta L_{Арас}$, $\Delta L_{Ai \text{ экр}}$ ($\Delta L_{Аэкв}$), $\Delta L_{Азел}$ – те же обозначения, что в формулах выше; $\Delta L_{Апок}$ – снижение уровня звука вследствие влияния покрытия территории, дБА; $\Delta L_{Авоз}$ – снижение уровня звука вследствие затухания звука в воздухе, дБА; ΔL_{Ai} – снижение уровня звука вследствие ограничения угла видимости улицы или дороги из расчетной точки, дБА.

Расчет уровня звука в расчетной точке по Справочнику [4] определяется по формуле, дБА:

$$L_{Ai \text{ экр}} = L_{Аэкв} - \Delta L_{Арас} - \Delta L_{Ai \text{ экр}} - \Delta L_{Апок} - \Delta L_{Азел} - \Delta L_{Авоз} - \Delta L_{Ai}, \quad (4)$$

где $L_{Аэкв}$, $\Delta L_{Арас}$, $\Delta L_{Ai \text{ экр}}$, $\Delta L_{Апок}$, $\Delta L_{Азел}$, $\Delta L_{Авоз}$, L_{Ai} – те же обозначения, что в формулах выше, дБА.

Ожидаемый эквивалентный уровень звука в расчетной точке по 7.3.2 СП 276.1325800.2016 [5] считаем по формуле, дБА:

$$L_{Аэкв \text{ р.т}} = L_{Аэкв} - \Delta L_{Арас} - \Delta L_{Авоз} - \Delta L_{А\beta/\text{т}} - \Delta L_{Апок} - \Delta L_{Азел} - \Delta L_{Аэкв} - \Delta L_{А\alpha} - \Delta L_{Азастр} + L_{Аотр}, \quad (5)$$

где $\Delta L_{Аэкв \text{ р.т}}$ – шумовая характеристика – эквивалентный уровень шума транспортного потока на соответствующем подучастке магистрали, дБА; $L_{Аэкв}$, $\Delta L_{Арас}$, $\Delta L_{Авоз}$, $\Delta L_{Апок}$, $\Delta L_{Азел}$, $\Delta L_{Аэкв}$, L_{Ai} – те же обозначения, что в формулах выше, дБА; $\Delta L_{А\beta/\text{т}}$ – коррекция, учитывающая влияние турбулентности атмосферы и ветра на процесс распространения звука, дБА; $\Delta L_{Азастр}$ – коррекция, учитывающая характер придорожной застройки, дБА; $\Delta L_{Аотр}$ – коррекция, учитывающая отражение звука от ограждающих конструкций зданий, вблизи которых расположена расчетная точка.

Транспортный поток является линейным источником звука, от которого распространяется цилиндрическая волна. Представленные методики не учитывают распределение энергии звука в зависимости от расположения источника. На плоскости излучение происходит в полупространство (вертикальный угол излучения Ω равен 2π ; в выемке излучение происходит в пределах угла Ω менее 2π ; на насыпи или эстакаде излучение происходит с вертикальным углом Ω более 2π). В связи с этим следует учитывать также и поправки на вертикальный угол излучения, в случае если этот угол отличается от 2π . Тогда формулу (5) следует представить в следующем виде:

$$L_{Аэкв \text{ р.т}} = L_{Аэкв} - \Delta L_{Арас} - \Delta L_{Авоз} - \Delta L_{А\beta/\text{т}} - \Delta L_{Апок} - \Delta L_{Азел} - \Delta L_{Аэкв} - \Delta L_{А\alpha} - \Delta L_{Азастр} - \Delta L_{Аверт.угол} + L_{Аотр}, \quad (6)$$

где $\Delta L_{Аверт.угол}$ – поправка на вертикальный угол излучения, дБА, которую определяем по формуле

$$\Delta L_{Аверт.угол} = 10 \lg \left(\frac{\Omega}{2\pi} \right), \quad (7)$$

где Ω – вертикальный угол излучения источника, рад.

Расчетные значения эквивалентных уровней звука в расчетных точках по формулам (1) – (5) и измеренные значения на территории сведем в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнение измеренных и расчетных значений
по различным методикам, дБА**

№ РТ	$L_{\text{дтер}}$ по СНиП II-12-77	$L_{\text{дтер}}$ по Руководству [2]	$L_{\text{дэкв}}$ по Руковод- ству [3]	$L_{\text{дэкв}}$ по Справочни- ку [4]	$L_{\text{дэкв}}$ р.т. по СП 276.1325800.2016	Измеренные значе- ния $L_{\text{изм}}$	$L_{\text{дэкв}}$ р.т. по СП 276.1325800.2016 с учетом $\Delta L_{\text{дверт угол}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
6	64,8	64,2	66,0	67,0	66,8	67,1	66,8
7	73,5	73,1	73,9	70,7	72,3	75,9	75,3
8	67,7	66,9	69,0	68,8	68,4	67,1	66,6

Учет вертикального угла раскрытия Ω для сечения 1-1 (расчетная точка 6) составляет 0; для сечения 2-2 (расчетная точка 7) – +3,0; для сечения 3-3 (расчетная точка 8) – (–1,8).

Насыпь – $\Delta L_{\text{дверт угол}} = 10 \lg (3\pi/2\pi) \approx -1,8$ дБА.

Выемка – $\Delta L_{\text{дверт угол}} = 10 \lg (\pi/2\pi) \approx 3,0$ дБА.

Если внести эту поправку при определении уровня шума в расчетной точке 7, то уровень звука составит 75,3 дБА (табл. 2, гр. 8), а в расчетной точке 8 – 66,6 дБА (табл. 2, гр. 8).

Из данных табл. 2 следует, что расчетные значения эквивалентных уровней звука в расчетных точках по всем методикам имеют погрешность: ± 3 дБА для точек 7 и 8 (табл. 2, гр. 2–5) и +2,9 дБА для точки 6 (табл. 2, гр. 2–5). Разница значений, измеренных и рассчитанных по СП 276, имеет погрешность от –1,3 до 3,6 дБА (табл. 2, гр. 7 и 8).

Результаты измерений и расчеты показывают, что корректировку на вертикальный угол $\Delta L_{\text{дверт угол}}$ нужно учитывать при расчетах уровней звука в расчетных точках на территории городской застройки, в случае если расчетная точка и источник шума находятся не в одной плоскости. Погрешность между измеренными и расчетными значениями с учетом вертикального угла находится в пределах погрешности шумомера (табл. 2, гр. 7 и 8).

Самым простым методом определения уровня шума в расчетной точке оказалась методика в СНиП II-12-77 [1], т. к. не нужно производить много расчетов, а данные можно взять из таблиц или определить по номограммам и графикам. Самым трудозатратным способом оказался расчет по СП 276 [5].

Существующая методика, представленная в СП 276, для городской застройки может быть существенно упрощена, такие показатели, как коррекция, учитывающая снижение уровня звука вследствие его затухания в воздухе; коррекция, учитывающая влияние турбулентности атмосферы и ветра на процесс распространения звука; коррекция, учитывающая снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, и дают незначительные поправки в реальных условиях городской застройки. Эти поправки целесообразно использовать

в случае, если расстояние от расчетной точки более 100 м, например на территориях загородных магистралей.

Для магистралей, расположенных в выемках или на насыпях, стоит учитывать поправку на вертикальный угол излучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *СНиП II-12–77*. Защита от шума. Введ. в действие с 01.07.1978. Москва : Стройиздат, 1978. 51 с. (не действующий).
2. *Руководство по учету в проектах планировки и застройки городов требований снижения уровней шума/ ЦНИИП градостроительства*. Москва : Стройиздат, 1984. 55 с.
3. *Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума/ НИИ строит. физики Госстроя СССР*. Москва : Стройиздат, 1982. 31 с.
4. *Осипов Г.Л., Коробков В.Е., Климухин А.А. и др.* Справочник проектировщика. Защита от шума в градостроительстве. Москва : Стройиздат, 1993. 96 с.
5. *СП 276.1325800.2016*. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. Введ. в действие с 04.07.2017. Москва : Минстрой России, 2016. 160 с.
6. *Прутков Б.Г.* Шумозащита в градостроительстве. Москва : Стройиздат, 1966. 116 с.
7. *ГОСТ 20444–2014*. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. Москва : Стандартинформ, 2015. 18 с.
8. *ГОСТ 23337–2014*. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. Москва : Стандартинформ, 2015. 20 с.

REFERENCES

1. *SNiP II-12–77*. Zashchita ot shuma [Noise protection]. Moscow: Stroyizdat, 1978. 51 p. (rus)
2. *Rukovodstvo po uchetu v proyektakh planirovki i zastroyki gorodov trebovaniy snizheniya urovney shuma* [Noise reduction requirements in urban planning and development projects]. TSNIIP gradostroitel'stva. Moscow: Stroyizdat, 1984. 55 p. (rus)
3. *Rukovodstvo po raschetu i proyektirovaniyu sredstv zashchity zastroyki ot transportnogo shuma* [Guidance on calculation and design of building protection against traffic noise]. Moscow: Stroyizdat, 1982. 31 p. (rus)
4. *Osipov G.L., Korobkov V.Ye., Klimukhin A.A., et al.* Spravochnik proyektirovshchika. Zashchita ot shuma v gradostroitel'stve [Designer reference. Noise protection in urban planning]. Moscow: Stroyizdat, 1993. 96 p. (rus)
5. *SP 276.1325800.2016*. Zdaniya i territorii. Pravila proyektirovaniya zashchity ot shuma transportnykh potokov [Buildings and territories. Rules for designing traffic noise protection]. Moscow: Minstroy Rossii, 2016. 160 p. (rus)
6. *Prutkov B.G.* Shumozashchita v gradostroitel'stve [Noise protection in urban development]. 1966. 116 p. (rus)
7. *SNiP 20444–2014*. Shum. Transportnyye potoki. Metody opredeleniya shumovoy kharakteristiki [Noise. Traffic flows. Methods for determining noise performance]. Moscow: Standartinform, 2015. 18 p. (rus)
8. *SNiP 23337–2014*. Shum. Metody izmereniya shuma na selitebnoy territorii i v pomeshcheniyakh zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Noise. Methods for measuring noise in residential areas and residential and public buildings]. Moscow: Standartinform, 2015. 20 p. (rus)

Сведения об авторе

Большанина Таисья Сергеевна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, BolshaninaTS@gmail.com

Author Details

Tais'ya S. Bolshanina, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, BolshaninaTS@gmail.com