УДК 534.833.522 OECD 01.03.AA

Расчет эффективности шумозащитных экранов для малоэтажных жилых застроек, удаленных от автодорог до 200 м

Курцев Г.М. 1 , Безверхая Е.А. 2* ¹ К.т.н., профессор кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности» 2 Магистрант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности» 1,2 БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

Аннотация

В работе проведен анализ роста малоэтажной жилой застройки в пригороде г. Санкт-Петербург; приведены математические модели ожидаемой эффективности шумозащитного экрана. Приведены значения натурных измерений уровней шума на территории жилой застройки, при установленном шумозащитном экране. Выполнен расчет ожидаемой акустической эффективности шумозащитных экранов высотой 3 м, 4,5 м и 5 м для жилой застройки, удаленной от автомобильной дороги на расстояние 20 м. Проведено сравнение полученных расчетных значений с экспериментальными.

Сравнение расчетных эффективностей по разным математическим моделям показало расхождения между различными методиками до 5 дБ; ни одна методика не дала 100% схождения с натурными измерениями эффективности установленного шумозащитного экрана, однако наибольшую сходимость показала методика расчета ожидаемой эффективности, представленная в ГОСТ 31295.2-2005. Сделан вывод о необходимости усовершенствования существующих математических моделей расчета эффективности шумозащитных экранов действующей нормативно-технической документации, а также в необходимости проведения дополнительных шумозащитных мероприятий.

Ключевые слова: шумозащитные экраны, эффективность, математические модели, акустическое загрязнение.

Calculation of the effectiveness of noise barriers for low-rise residential buildings, remote from highways up to 200 m

Kurtsev G.M.¹, Bezverkhaya E.A.^{2*}

¹Ph.D., professor of Environment and Safety chair

² Master student of Environment and Safety chair

^{1,2} BSTU "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya, 1

Abstract

The paper analyzes the growth of low-rise residential buildings in the suburbs of St. Petersburg; Mathematical models of the expected effectiveness of the noise screens are given. There were measurements of noise levels on the territory directly adjoining the residential buildings, with an installed noise screen. The expected acoustic performance of noise protection screens 3 m, 4.5 m and 5 m high was calculated for territory directly adjoining residential buildings, which are remoted from the highway at a distance of 20 m. The obtained calculated values were compared with the experimental ones.

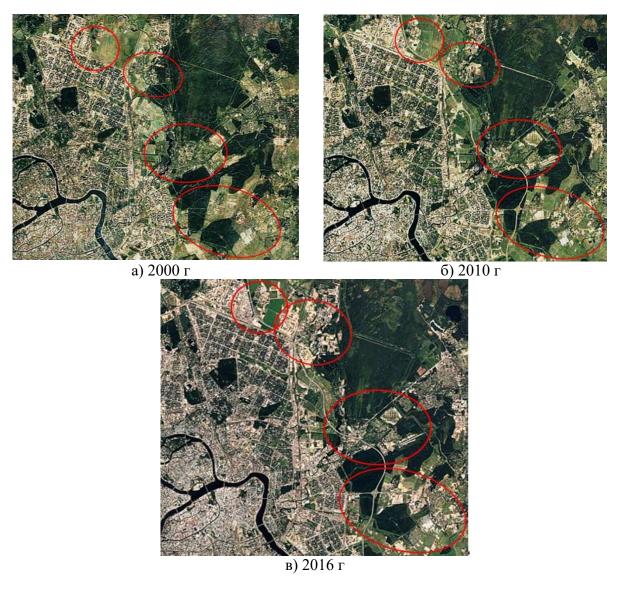
Comparison of calculated efficiencies for different mathematical models of indications of discrepancies between different methods up to 5 dB; none of these methods gave 100% convergence with real measurements of the effectiveness of the installed noise screen, however the mathematical model described in GOST 31295.2-2005, showed the greatest convergence. There was made a conclusion about the need for improve the existing mathematical models of calculating the effectiveness of noise screen of current regulatory and technical documentation, as well as the need for additional noise protection measures.

Key words: noise screens, efficiency, mathematical models, acoustic pollution.

^{*}E-mail: kate next 94@mail.ru (Безверхая Е.А.)

Введение

Развитие и увеличение числа придорожного частного жилого сектора малоэтажного типа сопровождаются неизбежным увеличением и/или появлением инфраструктуры, а следовательно, и увеличением акустического загрязнения от нее. Сегодня ситуация зашумленности особенно актуальна в малоэтажных коттеджных поселениях и деревнях, расположенных вблизи мегаполисов, таких как Москва, Санкт-Петербург и др., вдоль автодорог, или в непосредственной близости от них, где существенный трафик автотранспортных потоков становится одним из превалирующих источников шума.



Puc.1. Динамика развития малоэтажных застроек [1]

На рисунке 1 представлена динамика роста малоэтажных коттеджных жилых застроек, начиная с 2000 г. по 2016 г. Выделенные области — места, где за данный временной интервал произошло существенное наращивание малоэтажных застроек в пригороде Санкт-Петербурга. Помимо разрастания жилых застроек, развилась и инфраструктура — появилась дорога (сравните снимки «а» и «б»).

1. Математические модели существующих методик расчета ожидаемой эффективности шумозащитных экранов

Разнообразие подходов расчета эффективности шумозащитных экранов (ШЭ) велико. Подробный анализ наиболее распространенных методик расчета ожидаемой эффективности ШЭ в РФ проведен одним из авторов данной статьи [2].

В этой же статье будут приведены лишь математические модели, а основной упор сделан на расчет ожидаемой эффективности ШЭ для малоэтажных жилых застроек, а затем сравнение полученных результатов расчета с данными, полученными при проведении натурных измерений уровней шума в местах, где уже установлен шумозащитный экран. Наиболее распространенные математические модели расчета ожидаемой эффективности ШЭ приведены в таблице 1.

Таблица I Наиболее распространенные математические модели расчета ожидаемой эффективности

- T P - MILLED HO - III					
Нормативный документ	Формула расчета эффективности				
ОДМ 218.2.013-2011 [3]	$\Delta L_{3 \mathrm{Kp}} = 18.2 + 7.8 \mathrm{lg} (\delta + 0.02),$ дБА				
	Где δ – разность длин путей звукового луча, м				
СП 276.1325800.2016 [4]	$\Delta L_{ m 3 Kp} = 20 lg rac{\sqrt{2 \pi N }}{ th \sqrt{2 \pi N }} + 5$, при $N \geq -0.2$, дБА;				
	$\Delta L_{{}_{\! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! \! $				
	Где N – число Френеля				
ΓΟCT 31295.2-2005 [5]	$D_{z} = 10 lg[3 + (C_{2}/\lambda)C_{3}zK_{met}], дБ$				
	Где: C_2 – константа, учитывающая эффект отражения от земли;				
	C_3 – константа, учитывающая дифракцию на верхних кромках;				
	λ – длина звуковой волны с частотой, равной				
	среднегеометрической частоте октавной полосы, м;				
	z – разность длин путей распространения звука через				
	дифракционную кромку (кромки), м;				
	K_{met} – коэффициент, учитывающий влияние				
	метеорологических условий.				

2. Методика проведения эксперимента

2.1. Измерения уровней звука на селитебной территории

Измерение шума на селитебной территории проводилось в соответствии с ГОСТ 23337-2014 «Методы измерения шума на селитебной территории в помещениях жилых и общественных зданий» [8].

Измерение шума на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам, проводилось на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций зданий, на высоте $(1,5\pm0,1)$ м над уровнем поверхности.

Значения других метеорологических параметров (температуры воздуха и т.д.) не выходили за рамки предельных значений, приведенных в технической документации измерительной аппаратуры. Кроме того, измерительная аппаратура не подвергалась воздействию вибрации, электрических и магнитных полей, и других параметров, указанных в [8].

Также, в соответствии с [8], длительность измерительного интервала была не менее 5 мин, а количество измерений — не менее 3-х в каждой измерительной точке.

Во время проведения измерений оператор, находился на расстоянии более 0,5 м от измерительного микрофона.

Между измерительным микрофоном и источником шума не было посторонних предметов и лиц.

2.2. Измерения шумовой характеристики от автодороги

Измерения шумовой (ШХ) характеристики проводилось в соответствии с ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики» [9].

Места для проведения измерений шумовых характеристик автотранспортных потоков были выбраны в соответствии с пунктом 6.1. [9] на расстоянии не менее 50 м от перекрестков, транспортных площадей и остановочных пунктов пассажирского общественного транспорта.

Измерительная аппаратура не подвергалась воздействию вибрации, электрических и магнитных полей, и других параметров, указанных в пункте 6.6 [9].

Время проведения измерений было выбрано в периоды максимальной интенсивности движения транспортных потоков как в дневное, так и в ночное время суток, что отвечает требованию пункта 6.7 [9].

2.3. Средства измерений

Согласно пункту 5 [9], измерения уровней звука, эквивалентных и максимальных уровней звука проводились интегрирующими-усредняющими шумомерами 1-го класса, соответствующими требованиям ГОСТ 17187-2010 [1].

В соответствии с п.5.2. [9], средства измерений, предназначенные для измерения шума, на момент проведения измерений имели действующие свидетельства о поверке.

Перед началом каждой серии измерений и после проводилась проверка калибровки средств измерения в соответствии с руководствами по их эксплуатации, что отвечает требованиям пункта 5.3 [9].

3. Оценка эффективности ШЭ, установленного вдоль малоэтажной ЖЗ

3.1. Описание условий и результаты измерений

Метеорологические условия, а также условия расположения источника шума (ИШ) и территории, непосредственно прилегающей к жилой застройке (РТ) на момент проведения измерений приведены в таблице 2.

 Таблица 2

 Метеорологические условия и расположение

interespondent rectain years and particular and an arrangement of the second of the se						
Параметр	Единица измерения	Значение				
Расстояние от ИШ до РТ	метр (м)	20				
Расстояние от ИШ до ШЭ	метр (м)	14				
Температура	°C	+8°C				
Давление	мм.рт.ст.	744 мм. рт. ст.;				
Влажность	%	89%				

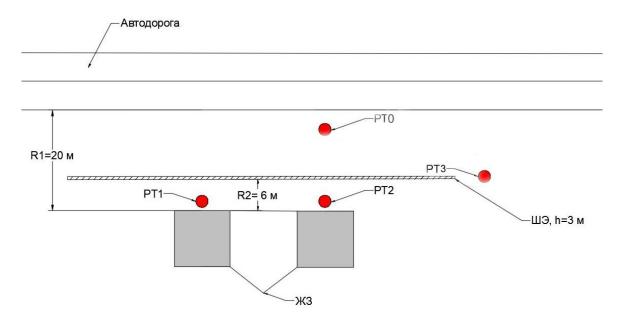
Согласно ГОСТ Р 52399-2005 [7] ШЭ может быть установлен не ближе, чем 2,5 м от автодороги — данное условие соблюдено.

Шумовая характеристика автодороги, измеренная на расстоянии 7,5 м от ближайшей полосы, представлена в таблице 3.

Таблица 3 ШX автодороги в дневное и в ночное время суток

№ точки	I Примечание I					х со	УЗэкв, дБА	УЗмакс, дБА				
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
PTO	В дневное время суток	75,9	75,7	71,9	67,5	66,2	67,3	62,8	57,4	60,1	71,0	85,5
	В ночное время суток	61,2	67,9	61,8	60,3	59,3	61,6	57,6	49,5	45,3	62,7	75,2

На рисунке 2 представлена карта-схема проведения натурных измерений уровня шума на территории ЖЗ.



Puc. 2. Карта-схема расположения РТ и автодороги (ИШ) при проведении экспериментов

3.2. Результаты натурных измерений уровней шума в расчетных точках

Результаты измерений представлены в таблице 4. В данной таблице РТ1 и РТ2 располагаются за ШЭ на высотах 1,5 м и 4,5 м, на уровне середины окон первого и второго этажа соответственно, а РТ3 — без ШЭ, РТ0 — шумовая характеристик автодороги, на расстоянии 7,5 м (табл.3).

РТ1 и РТ2 расположены на расстоянии в 20 м от автодороги, ШЭ в 6 м от РТ в сторону дорожного полотна, т.е. в 14 м от автодороги.

Шумозащитный экран высотой (h) 3 м выполнен из оцинкованной стали.

Таблица 4 Результаты натурных измерений в РТ

Расчетная точка	УЗ в РТ в ночное время, дБА	УЗ в РТ в дневное время, дБА
РТ-0 (1,5 м)	62,7	71,0
PT-3 (1,5)	59,7	68
PT-3 (4,5)	58,9	66,5
РТ-1 (1,5 м)	48,9	57,4
PT-1 (4,5 m)	55,6	63,2
PT-2 (1,5)	50,4	57,5
PT-2 (4,5)	57,1	64,3

Согласно данным таблицы 4 превышения наблюдаются как ночное, так и в дневное время, несмотря на шумозащитный экран.

По результатам анализа полученных натурных измерений были выявлены превышения в ночное время суток до 12 дБА, а днем до 9 дБА.

4. Расчет ожидаемой эффективности шумозащитного экрана для малоэтажной жилой застройки

Отметим, что малоэтажные жилые застройки, расположенные вдоль автодорог, обладают рядом особенностей, например: могут располагаться, как в непосредственной близости от автодорог и автомагистралей, так и на удаленном расстоянии. В нашем случае ЖЗ расположена на удалении 20 м от ИШ.

Результаты расчета ожидаемой эффективности шумозащитного экрана высотой 3 м; 4,5 м и 5 м были проведены для высоты 1,5 м и 4,5 м, по ОДМ 218.2.013-2011 [3], СП 276.1325800 [4] и ГОСТ 31295.2-2005 [5] и представлены в таблице 5. Расчеты для РТ-2, аналогичны расчетам РТ-1.

Таблица 5 Ожидаемая эффективность ШЭ

Расчетная	птп	Ожидаемая эффективность ШЭ, дБА				
точка	нтд	3 м	4,5	5,0		
	СП 276. 1325800.2016	12,0	17,2	18,5		
РТ-1 (1,5 м)	ОДМ 218. 2.013-2011	14,5	18,6	19,6		
	ГОСТ 31295.2- 2005	11,5	14,5	15,4		

Расчетная	цтπ	Ожидаемая эффективность ШЭ, дБА				
точка	нтд	3 м	4,5	5,0		
РТ-1 (4,5 м)	СП 276. 1325800.2016	5,9	9,0	11,4		
	ОДМ 218. 2.013-2011	7,5	11,7	14,0		
	ГОСТ 31295.2- 2005	3,7	8,0	11,5		

Согласно таблице 5, ни одна математическая модель не показала 100% сходимости с экспериментальными измерениями, однако наилучшую сходимость с измерениями, для установленного ШЭ (высотой в 3 м), были у математической модели, представленной в ГОСТ 31295.2-2005 [5].

Заключение

Расчет эффективности шумозащитного экрана по всем трем методиками показал, что данная высота ШЭ не снижает шум ни в одной из расчетных точек, расположенных на территории исследуемой малоэтажной жилой застройки.

Кроме того, приведенные методики расчета ожидаемой эффективности шумозащитного экрана дают расхождения в расчётах вплоть до $5\,$ дБ, однако ни по одной из методик не достигается необходимой эффективности ШЭ для второго этажа малоэтажной жилой застройки, что говорит не только о необходимости внесения корректировок в математические модели, представленные в действующей нормативнотехнической базе РФ , но и о необходимости проведения дополнительных шумозащитных мероприятий и/или необходимости изменения положения шумозащитного экрана относительно источника шума (по возможности переместить ШЭ ближе к ИШ).

Список литературы

1. Timelaps or Google

https://earthengine.google.com/timelapse/#v=34.34547,16.55432,0,latLng&t=0.00 (последнее обращение: 12.02.2019).

- 2. Безверхая Е.А., Чеботарева Е.Ю. Анализ методик расчета эффективности шумозащитных экранов // Noise Theory and Practice. 2018. № 2 (4). с. 30-39.
- 3. ОДМ 218.2.013-2011. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам // Принят: Росавтодором 13.12.2012.
- 4. СП 276.1325800.2016. Свод правил. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков // Принят: Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 03.12.2016.
- 5. ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996). Межгосударственный стандарт. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета // Принят: Росстандартом 20.07.2006.
- 6. Иванов Н.И. Защита от шума и вибрации: учебник / Н.И. Иванов // СПб.: НИЦ АРТ. 2017. 268 с.

- 7. ГОСТ Р 52399-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Геометрические элементы автомобильных дорог // Принят: Росстандартом 01.05.2006.
- 8. ГОСТ 23337-2014. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. Официальное издание М.: Стандартинформ, 2015 год // Принят: Росстандартом.
- 9. ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. Официальное издание: М.: Стандартинформ, 2015 год // Принят: Росстандартом.
- 10. ГОСТ 17187-2010 (IEC 61672-1:2002) Шумомеры. Часть 1. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2012 год // Принят: Росстандартом.