

Реферат

Перечень ключевых слов:

ШУМ, АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, УРОВЕНЬ ЗВУКА, УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ, АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, ШУМОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОБИЛЬНОГО ПОТОКА, ШУМОЗАЩИТНЫЕ ЭКРАНЫ.

Объем дипломной работы составляет – 130

Количество иллюстраций – 32

Количество таблиц – 36

Количество формул – 22

Количество использованных источников – 68

Объектом исследования являются автомобильные дороги и сопутствующие шумозащитные мероприятия (шумозащитные экраны). Автомобильные дороги, являются линейными источниками шума.

Цель работы: Анализ существующих методик расчёта шума автомобильного потока, проведение экспериментальных исследований, с целью их сравнения, выявления причин расхождения и вывода новой уточняющей методики расчёта.

Актуальность работы: В соответствие с современной тенденцией в России: увеличение числа городского населения (по данным Росстата, 75 % от общего числа населения страны), неактивное развитие общественного транспорта, доступность автомобилей. Ряд этих и других факторов привели к увеличению числа личного автотранспорта, как в городе, так и за его пределами. В результате наиболее интенсивным по воздействию на окружающую среду и человека оказался шум автотранспортного потока (60-80%).

Содержание

Введение.....	6
Глава I. Состояние вопроса и постановка задач исследования.....	9
1.1. Краткое описание объектов исследования.....	9
1.1.1 Общие положения.....	9
1.1.2 Проблема автотранспортного шума	9
1.1.2 Автомобильные дороги	10
1.2. Воздействие и нормирование шума автотранспорта	16
1.3 Краткое описание процессов шумообразования.	20
1.4 Снижение шума автотранспорта в источнике и на пути распространения.....	22
1.4. Анализ существующих результатов измерений автомобильного шума	27
1.5 Задачи исследования.....	28
Глава II. существующие методы расчёта шума от автомобильного потока	30
2.1 Общие положения	30
2.2 Расчёт по СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»	32
2.2.1 Расчёт эквивалентного уровня звука по ф.1 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков».....	32
2.2.2 Расчёт эквивалентного уровня звука по ф.7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков».....	34
2.2.3 Расчёт максимального уровня звука по СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков».....	35
2.3 Расчёт по ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам»	36
2.3.1 Расчёт эквивалентного уровня шума по ОДМ 218.2.013-2011	36
2.3.2 Расчёт максимального уровня звука по ОДМ 218.2.013-2011	38

2.4 Расчёт по методике Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»	39
2.4.1 Расчёт эквивалентного уровня звука по Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»	39
2.4.2 Расчёт максимального уровня звука по Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»	40
2.5 Расчёт по методике Пospelова П.И. «Борьба с шумом на автомобильных дорогах»	42
2.5.1 Расчёт эквивалентного уровня звука по Пospelов П.И. «Борьба с шумом на автомобильных дорогах»	42
2.6 Расчёт по методике Мининой Н.Н.	43
2.7 Сравнение результатов расчёта по различным методикам	44
2.7.1 Расчёт ожидаемых шумовых характеристик автомобильного потока	45
Выводы по главе	51
Глава III. Результаты и анализ экспериментальных исследований	54
3.1 Метод экспериментальных исследований	54
3.2 Результаты замеров без шумозащитных экранов	55
3.2.1 Объекты исследования	55
3.2.2 Измерения на Витебский проспект (4 полосы)	55
3.2.3 Измерения на Киевском шоссе (6 полос)	57
3.2.4 Измерения на Пулковском шоссе (8 полос)	60
3.3 Результаты замеров с шумозащитным экранов	63
3.3.1 Измерения на Киевском шоссе (6 полос)	63
3.3.2 Измерения на кольцевой автомобильной дороге в районе п. Торики (6 полос)	65
3.3.3 Измерения на кольцевой автомобильной дороге в районе п. Новоселье (6 полос)	68
Вывод по главе	71
Глава IV. Предлагаемая методика расчёта шума автотранспорта	73
4.1 Описание метода	73
4.2 Выбор расположения источника шума	74

4.3 Сравнение с экспериментальными данными	75
4.3.1 Общие понятия	75
4.3.2 Расчёт без шумозащитного экрана	75
4.3.2.1 Витебский проспект (4 полосы)	75
4.3.2.2 Киевское шоссе (6 полос)	77
4.3.2.3 Пулковское шоссе (8 полос)	78
Вывод	80
4.4 Изменение шума по причине изменения состава автотранспортного потока.	81
4.5 Расчёт с учётом распределения потока по полосам при наличии шумозащитного экрана.....	83
4.5.1 Общие сведения о шумозащитных экранах	83
4.5.2 Особенности снижения шума акустическими экранами.	86
4.5.3 Снижение шума автотранспорта	91
4.5.4 Методы расчёта с учётом шумозащитного экрана.....	92
4.5.5 Расчет эффективности экрана по формуле Маекавы	93
4.5.6 Затухание из-за экранирования по методике ГОСТ 31295.2-2005 ..	95
4.5.7 Общие сведения	99
4.5.8 Киевское шоссе (6 полос)	99
4.5.9 Кольцевая автомобильная дорога в районе п. Торики (6 полос)...	101
4.5.10 Кольцевая автомобильная дорога в районе п. Новоселье (6 полос)	102
Вывод по главе	104
Заключение	106
Список используемых источников.....	111
Приложение А	120
Приложение Б	122
Приложение В	124

Введение

Охрана окружающей среды-проблема сложная и многоплановая, включающая ряд взаимосвязанных аспектов, среди которых наиболее важным является предупреждение воздействия неблагоприятных физических факторов окружающей среды на человека, в том числе снижение транспортного шума на дорогах.

Постоянное, круглосуточное воздействие шума повышает нервное напряжение жителей придорожных населенных пунктов, снижает производительность их труда и эффективность отдыха, отражается на здоровье.

В соответствие с современной тенденцией в России: увеличение числа городского населения (по данным Росстата, семьдесят пять процентов от общего числа населения страны), неактивное развитие общественного транспорта, доступность автомобилей. Ряд этих и других факторов привели к увеличению числа личного автотранспорта, как в городе, так и за его пределами. В результате наиболее интенсивным по воздействию на окружающую среду и человека оказался шум автотранспортного потока (60-80%).

Отсутствие в СНиП 11-Д.5-72, действующим до 1987 года, требований по обеспечению акустического комфорта в жилой застройке, установленное минимальное расстояние до застройки (равное 200 м для дорог высших категорий), привели к тому, что в настоящее время на отдельных магистральных автомобильных дорогах превышение уровней звука над нормативным достигает 20-25 дБА и создает значительные неудобства для жителей. Поэтому защита прилегающей к автомобильным дорогам жилой застройки приобрела большое народнохозяйственное и социальное значение как в целях снижения потерь хозяйственного сектора, так и улучшения здоровья граждан.

За последнее время в градостроительстве, подходах к созданию шумозащиты, требованиях к снижению шума в городах произошли серьезные изменения. Стоимость шумозащиты нередко достигает 20% стоимости строительства автотранспортного сооружения и цена ошибки в расчетах, или не учёта тех или иных акустических особенностей искусственных сооружений, высока, поэтому актуальными являются его более точный расчёт, моделирование и прогноз показателей.

Транспортный поток (независимо от его интенсивности) можно рассматривать и как линейный источник шума (что значительно упрощает расчёты). Однако следует иметь в виду, что это допущение справедливо только для тех случаев, когда шумовой характеристикой потока, лежащей в основе расчета, является эквивалентный уровень звука за период времени, превышающий продолжительность прохождения транспортного средства.

Полное формирование акустического поля от транспортного потока происходит на расстояние 7,5 м.

Шум автотранспортного потока, в первую очередь, зависит от интенсивности, средней скорости движения, доли грузового транспорта, продольного уклона дороги, типа дорожного покрытия, ширины центральной разделительной полосы и наличия пересечений дороги. Также влияет на шумовую характеристику, но не учитываются при расчётах состояние дорожного полотна (как целостность, так и влажность), наличие люков, тип шин автотранспорта.

Защите от шума уделяется серьезное внимание. Среди учёных, которые внесли существенный вклад в решение проблемы борьбы с шумом в городах в нашей стране, следует отметить Г.Л. Осипова, Н.И. Иванова, П.И. Поспелова, И.Л. Шубина, И.Е. Цукерникова, А.В. Васильева.

В настоящее время основным руководящими документами в области нормирования шума служат СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» утвержденный постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31.10.1996

№ 36, а для расчёта шумовой характеристики автомобильного потока СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [20]. В отечественных документах имеются противоречия, а точность расчётов невысока.

Целью работы является анализ существующих расчетных методик шумовых характеристик автомобильного потока их сравнение, проведение натурных измерений шумовой характеристики, сравнение данных полученных расчётным и экспериментальным путём, анализ причин расхождения и разработка методов увеличения сходимости результатов расчёта.

Результаты магистерской диссертации прошли апробацию на третьей всероссийской конференции молодых учёных и специалистов «Акустика среды обитания - 2018», проводимой в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Тема доклада: «Сравнение шумовых характеристик автотранспортных потоков, полученных расчётным путем и в результате натурных измерений». Статья на данную тему опубликована в сборнике научных трудов по материалам третьей всероссийской конференции молодых учёных и специалистов «Акустика среды обитания - 2018».

ГЛАВА I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Краткое описание объектов исследования.

1.1.1 Общие положения

Объектом исследования являются автомобильные дороги и сопутствующие шумозащитные мероприятия (шумозащитные экраны). Автомобильные дороги, являются линейными источниками шума. Целью создания дорог является связь между собой объектов различной деятельности человека и движения по ним автотранспортных средств.

1.1.2 Проблема автотранспортного шума

Проблема шума, одна из фундаментальных проблема человечества, в период урбанизации. Большая концентрация людей, техники привносит в нашу жизнь множество шумов. Природа и спектральный состав этих звуков зачастую даже неблизко к спектрам привычных человеку и животным. Шум прибоя, горящего костра, пение птиц, стук дождя по крыше или подоконнику, хруст снега под ногами, особенно ночью, журчание ручья, особенно ощутим эффект от данных звуков ночью, когда остальной мир замирает, пропадает шум от человеческой деятельности, шум ветра уже не затеняет, то что должно успокоить человека и привести его чувства и мысли в порядок. Все эти звуки природного происхождения приятны человеку, позволяют ему расслабиться и приносят пользу. Сказать аналогичное, о шуме техники, могут немногие.

Основными источниками жалоб на шум людей в городской среде являются:

бытовой шум – 12-20%;

производственный – 8-12%;
транспортный шум – 66-80%.

Как видно, повышенный транспортный шум наиболее часто встречающаяся проблема, с которой обращаются граждане. Переоценить значение проблемы автотранспортного шума очень сложно.

Решение данной проблемы должно являться важной частью, программы по оздоровлению городского населения и населения населенных пунктов расположенных вблизи прохождения оживлённых трасс. В среднем проживание в зоне повышенного шумового воздействия приводит к сокращению продолжительность жизни до 10-12 лет, к сравнению курение сокращает продолжительность жизни до 6-8 лет. Ведь шум вызывает ряд заболеваний, к примеру, сердечно сосудистые заболевания (постоянное воздействие 50 дБ), бессонница (постоянное воздействие 42 дБ), появляются из-за оказания значительной нагрузки на нервную систему. По данным ВОЗ тысячи людей в Англии и всему миру умирают от болезней сердца, а причиной тому являются повышенные уровни шума.

При воздействии шума высоких уровней 85-90 дБ, проявляются проблемы снижения слуха, особенно это заметно по восприятию высоких частот.

1.1.2 Автомобильные дороги

Автомобильные дороги в зависимости от расчётной интенсивности движения, согласно ГОСТ Р 52398-2005 [19] и СП 34.13330.2012 [29], разделяют на следующие классы:

- IB, II, III, IV, V (обычные дороги),
- IB (скоростная дорога),
- IA (автомагистраль).

К классу "дороги обычного типа" относят автомобильные дороги, не отнесённые к классам "автомагистраль" и "скоростная дорога", а именно:

- имеющие единую проезжую часть или с центральной разделительной полосой;

- доступ на которые возможен через пересечения и примыкания в разных и одном уровне.

К классу "автомагистраль" относят автомобильные дороги, а именно:

- имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

- не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;

- доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях, устроенных не чаще чем через 5 км друг от друга.

К классу "скоростная дорога" относят автомобильные дороги, а именно:

- имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

- не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;

- доступ на которые возможен через пересечения в разных уровнях и примыкания в одном уровне (без пересечения потоков прямого направления), устроенных не чаще, чем через 3 км друг от друга.

Автомобильные дороги в зависимости от расчетной интенсивности движения и их народнохозяйственного и административного значения подразделяются на категории.

Сводные технические характеристики классификационных признаков автомобильных дорог приведены в таблице 1.1.[19]

Таблица 1.1 – техническая классификация автомобильных дорог

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Общее количество полос движения	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с автомобильными дорогами, велосипедными и пешеходными дорожками	Пересечения с железными дорогами и трамвайными путями	Доступ на дорогу с примыкания в одном уровне
Автомагистраль	IA	4 и более	3,75	Обязательна	В разных уровнях		Не допускаетс
Скоростная дорога	IB	4 и более	3,75	Обязательна	В разных уровнях		Допускаетс без пересечен ия прямого направл ения
Дорога обычного типа (нескоростная дорога)	IV	4 и боле	3,75		Допускаются пересечения в одном уровне со светофорным регулированием	В разных уровнях	Допускаетс
	II	4	3,5	Допускается отсутствие			
		2 или 3	3,75	Не требуется	Допускаются пересечения в одном уровне	Допускаются пересечения в одном уровне	
	III	2	3,5				
	IV	2	3,0				
	V	1	4,5 и более				

Планирование траектории прохождения автомобильных дорог (трассировка) и проектирование их геометрических элементов осуществляется, в соответствие с требованиями, СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* [29].

Улично-дорожную сеть населенных пунктов проектируют в виде непрерывной системы с учетом функционального назначения улиц и дорог, интенсивности транспортного, велосипедного и пешеходного движения, архитектурно-планировочной организации территории и характера застройки. В составе улично-дорожной сети, согласно СП 42.13330.2011 [18], выделяют улицы и дороги магистрального и местного значения, а также главные улицы. Зачастую шумовая характеристика автомобильной дороги зависит от категории улиц, дорог.

Категории улиц и дорог городов назначают в соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1.2.[18]

Таблица 1.2 - Классификация элементов улично-дорожной сети населенных пунктов

Категория дорог и улиц	Основное назначение дорог и улиц
<i>Магистральные дороги:</i>	
скоростного движения	Скоростная транспортная связь между удаленными промышленными и планировочными районами в крупнейших и крупных городах; выходы на внешние автомобильные дороги, к аэропортам, крупным зонам массового отдыха и поселениям в системе расселения. Пересечения с магистральными улицами и дорогами в разных уровнях
регулируемого движения	Транспортная связь между районами города на отдельных направлениях и участках преимущественно грузового движения, осуществляемого вне жилой застройки, выходы на внешние автомобильные дороги, пересечения с улицами и дорогами, как правило, в одном уровне
<i>Магистральные улицы общегородского значения:</i>	
непрерывного движения	Транспортная связь между жилыми, промышленными районами и общественными центрами в крупнейших, крупных и больших городах, а также с другими магистральными улицами, городскими и внешними автомобильными дорогами. Обеспечение движения транспорта по основным направлениям в разных уровнях
регулируемого движения	Транспортная связь между жилыми, промышленными районами и центром города, центрами планировочных районов; выходы на магистральные улицы и дороги и внешние автомобильные дороги. Пересечения с магистральными улицами и дорогами, как правило, в одном уровне
<i>Магистральные улицы районного значения:</i>	

Таблица 1.2 (Продолжение)

Категория дорог и улиц	Основное назначение дорог и улиц
транспортно-пешеходные	Транспортная и пешеходная связи между жилыми районами, а также между жилыми и промышленными районами, общественными центрами, выходы на другие магистральные улицы
пешеходно-транспортные	Пешеходная и транспортная связи (преимущественно общественный пассажирский транспорт) в пределах планировочного района
<i>Улицы и дороги местного значения:</i>	
улицы в жилой застройке	Транспортная (без пропуска грузового и общественного транспорта) и пешеходная связи на территории жилых районов (микрорайонов), выходы на магистральные улицы и дороги регулируемого движения
улицы и дороги в научно-производственных, промышленных и коммунально-складских зонах (районах)	Транспортная связь преимущественно легкового и грузового транспорта в пределах зон (районов), выходы на магистральные городские дороги. Пересечения с улицами и дорогами устраиваются в одном уровне
пешеходные улицы и дороги	Пешеходная связь с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, в том числе в пределах общественных центров, местами отдыха и остановочными пунктами общественного транспорта
проезды	Подъезд транспортных средств к жилым и общественным зданиям, учреждениям, предприятиям и другим объектам городской застройки внутри районов, микрорайонов, кварталов

Основными параметрами, оказывающими влияние на шум на улицах населённых пунктов, являются такие признаки, как интенсивность, скорость движения, число полос движения и пр.

Сводные технические характеристики классификационных признаков элементов улично-дорожной сети населенных пунктов, влияющих на шумообразование приведены в таблице 1.3.[25]

Таблица 1.3 - Техническая классификация элементов улично-дорожной сети населенных пунктов

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения, км/ч	Ширина полосы движения, м	Число полос движения	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наибольший продольный уклон, %	Ширина пешеходной части тротуара, м
<i>Магистральные дороги:</i>						
скоростного движения	120	3,75	4-8	600	30	-
регулируемого движения	80	3,50	2-6	400	50	-
<i>Магистральные улицы общегородского значения:</i>						
непрерывного движения	100	3,75	4-8	500	40	4,5
регулируемого движения	80	3,50	4-8	400	50	3,0
<i>Магистральные улицы районного значения:</i>						
транспортно- пешеходные	70	3,50	2-4	250	60	2,25
пешеходно- транспортные	50	4,00	2	125	40	3,0
<i>Улицы и дороги местного значения:</i>						
улицы в жилой застройке	40	3,00	2-3*	90	70	1,5
	30	3,00	2	50	80	1,5
улицы и дороги научно- производственных, промышленных и коммунально- складских районов	50	3,50	2-4	90	60	1,5
парковые дороги	40	3,50	2	50	70	1,5
<i>Проезды:</i>						
основные	40	3,00	2	75	80	-
	40	2,75	2	50	70	1,0

Таблица 1.3 (Продолжение)

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения, км/ч	Ширина полосы движения, м	Число полос движения	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наибольший продольный уклон, %	Ширина пешеходной части тротуара, м
второстепенные	30	3,50	1	25	80	0,75
<i>Пешеходные улицы:</i>						
основные	-	1,00	По расчету	-	40	По проекту
второстепенные	-	0,75	То же	-	60	То же
<i>Велосипедные дорожки:</i>						
обособленные	20	1,50	1-2	30	40	-
изолированные	30	1,50	2-4	50	30	-

Основным признаком, отличающим автомобильные дороги и городские магистрали от других линейных транспортных объектов, является присутствие на них потока автотранспортных средств, что влечёт за собой неравномерность потока и сложность его моделирования.

1.2. Воздействие и нормирование шума автотранспорта

Проблема повышенного шума, является одной из важнейших, в современных условиях, когда новые виды техники с повышенными параметрами нагрузки, скорости, мощности вошли в нашу жизнь. Шум воздействует на состояние здоровья человека. Решению данной проблемы уделяют большое внимание во всем мире. Воздействие повышенного шума вызывает снижение слуха и что не менее важно болезни нервной, сердечно-сосудистой систем, может вызывать гормональные расстройства, снижать общий тонус организма и иммунитет. Все эти факторы напрямую влияют на продолжительность жизни людей.

Шум автотранспорта негативно влияет на нервную систему человека, оказывает психологическое воздействие. Постоянное воздействие шума,

приводит к выработке таких гормонов стресса, как кортизол, адреналин и норадреналин – даже во время сна.

ЮНЕСКО сформулировало современную ситуацию: «Шум - бедствие современного мира и нежелательный продукт его технической цивилизации».

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), рекомендует следующий подход к выбору норм. Независимо от источника шума и месторасположения жилья нормы должны быть одинаковыми, так, например сделано в Германии, изменяться нормы должны только в зависимости от времени суток. Рекомендации ВОЗ представлены в таблице 1.4.[34]

Таблица 1.4 - Нормы шума в жилой застройке, рекомендуемые ВОЗ

Месторасположение	Нормы шума, дБА			
	Днем		Ночью	
	внутри	снаружи	внутри	снаружи
Территория	50	55	-	-
Спальни	-	-	30	45
Школы	35	55	-	-
Госпитали	35	-	30	40

Нормы, принятые в нашей стране, соответствуют рекомендациям Всемирной организации здравоохранения. Основным документом регламентирующим их является СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

В Таблице 1.5 приведены нормы шума в помещениях жилых зданий и на территории жилой застройки, принятые в РФ [33].

Таблица 1.5 - Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки [33]

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука $L_{Aэкв}$, дБА	Максимальные уровни звука L_{Amax} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	с 7 до 23 ч.	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	с 23 до 7 ч.	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	с 7 до 23 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	с 23 до 7 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	с 7 до 23 ч.	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	с 23 до 7 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Таблица 1.5 (Продолжение)

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука $L_{Aэкв}$, дБА	Максимальные уровни звука L_{Amax} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	с 7 до 23 ч.	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
	с 23 до 7 ч.	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50	65
Площадки отдыха на территории больниц и санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Из таблицы 1.5 видно, что в России нормируется не только эквивалентные, но и максимальные УЗ по двум периодам суток. Большим достоинством этих норм является также то, что помимо УЗ, дБА, приняты и допустимые значения уровней звукового давления, дБ. Отечественные нормы шума в жилой застройке являются полными и продуманными. В то же время, если основываться на данных о различном воздействии шума в зависимости от характера источников, можно было бы дифференцировать нормы по трем группам основных источников (автомобильный и железнодорожный транспорт, строительство). Принятие таких норм могло бы принести определенный экономический эффект.

1.3 Краткое описание процессов шумообразования.

Для более полного понимания процессов шумообразования автотранспортных потоков рассмотрим в общих чертах шумообразование в автомобилях [61-67,59].

Основные факторы, влияющие на шум автомобиля:

- тип автомобиля (грузовой, легковой);
- скорость и характер движения;
- тип привода (бензиновый, дизельный, электрический);
- год выпуска;
- принадлежность (отечественные, зарубежные).

Наиболее шумные – грузовые автомобили с дизельным приводом большой мощности, наименее шумными являются автомобили с электроприводом (таблица 1.6).

Таблица 1.6 - Характеристики внешнего шума автомобилей [37].

Тип и класс автомобиля*	Уровень звука, дБА
Электромобили	55
Легковые автомобили с бензиновым двигателем	70
Легковые автомобили с дизельным двигателем	72
Автомобили-пикапы с дизельным двигателем	75
Грузовые автомобили до 150 кВт	85
Грузовые автомобили более 150 кВт	90
* Шум измерен на расстоянии 7,5 м.	

Основными источниками шума автомобилей являются корпус двигателя внутреннего сгорания (ДВС), выпуск ДВС, система торможения, вентилятор, трансмиссия, качение шин, сопротивление воздуха при движении. Шум автомобиля в наибольшей степени зависит от скорости движения (рис. 1.1). При удвоении скорости шум возрастает на 10-12 дБА.

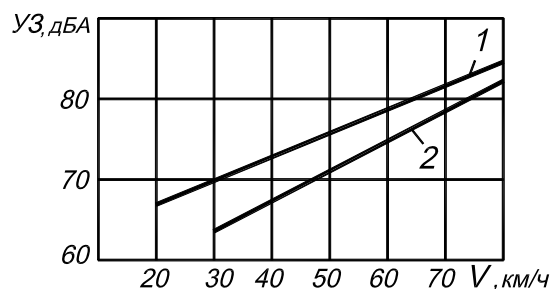


Рисунок 1.1 - Изменение шума с увеличением скорости для легковых автомобилей:

1 - с дизелем; 2 – с бензиновым двигателем

Вклад шума каждого источника зависит от скорости движения, типа автомобиля и пр. (таблица 1.7).

Таблица 1.7 - Пример вклада источников шума на расстоянии 7,5 м

Источник шума	Вклад источников, дБА	
	Грузовой тягач	Легковой автомобиль
Система выпуска (с глушителем)	82	74
Двигатель (ДВС)	90	84
Трансмиссия	75	70
Вентилятор системы охлаждения	78	66
Система впуска двигателя	70	65
Качение автомобиля (с выключенным ДВС)	70	68

Начиная со скорости 50км/ч (по некоторым источникам начиная со скорости 80 км/ч) в шуме автомобиля превалирует шум шин [62,63].

На характер излучаемого автомобилем или транспортным потоком шума влияет ряд внешних факторов [67, 68]. Шум зависит от состояния дороги. На дорогах с разным покрытием разница во внешнем шуме может быть от 2 до 5 дБА. Наличие выбоин может увеличивать шум автомобилей до 8 дБА [67]. В Японии были проведены исследования как изменяется шум автотранспорта от времени года, суток [68].

Исследования показали:

- в летнее время года и в полдень шум автотранспорта снижается, – а в вечернее время увеличивается;
- зимой шум увеличиваются за счёт трения шин с поверхностью обледенелых дорог и увеличения числа оборотов двигателей автомобилей;
- основное влияние на процессы шумообразования оказывает скорость и интенсивность движения.

Шум автотранспорта заметно возрастает у светофоров и перекрёстков. При движении автомобилей на мостах с решётчатым настилом в шуме возникает тональная составляющая вызывающая раздражение жителей [68].

1.4 Снижение шума автотранспорта в источнике и на пути распространения.

Методы снижения шума от автотранспорта разделяются на две большие группы:

- Снижающие шум в источнике
- Снижающие шум на пути распространения (ШЭ, насыпи, выемки, и др.).
- В защищаемом объекте (звукоизолирующее остекление)

Для автотранспортного потока предполагается следующие шумозащитные мероприятия:

В источнике:

- использование малозыбкого асфальта
- мягкой резины покрышки
- исключение движения на шипованной резине в теплый период времени года
- снижения шума выхлопа
- улучшение аэродинамических характеристик автотранспорта
- контроль работы двигателя

На пути распространения:

- выемки (Рисунок 1.2)
- акустические экраны (Рисунок 1.3)

В защищаемом объекте:

- звукоизолирующее остекление (Рисунок 1.4)
- установка клапанов проветривания (Рисунок 1.5)



Рисунок 1.2 – Выемки



Рисунок 1.3 - ШЭ экран



Рисунок 1.4 - ЗИ остекление



Рисунок 1.5 – Клапан проветривания

Меры по снижению шума автомобилей включают установку капсулы на корпус ДВС, применение более совершенных глушителей шума выпуска, усовершенствование конструкции шин и др. Применением усовершенствованных конструкций шумозащиты в автомобилях их внешний шум (за последние 30 лет) был снижен: легковых – на 8 дБА, грузовых – на 11дБА [2]. Столь медленные темпы снижения шума объясняются экономическими причинами. В таблице 1.8 приведены данные об увеличении расходов на создание малошумных автомобилей [37].

Таблица 1.8 - Увеличение расходов на создание малошумных автомобилей

Тип автомобилей	Внешний шум, дБА	Снижение внешнего шума, дБА	Увеличение			
			массы		расхода топлива, %	капитальных затрат на изготовление, %
			кг	%		
Легковые	72	8...9	20...60	2,5	1,5...3,5	5...6
Тяжелые грузовики	80	8...12	100...300	1,0	1,0...2,5	7...10
Автобусы (с задним расположением двигателя)	80	9...10	100...150	1,0	1,0	6...7

Перспективным с точки зрения снижения шума является создание электромобилей и гибридных автомобилей [57, 58], в которых внешний шум может быть снижен не менее чем на 10-15 дБА [59].

Следующим этапом снижения шума в источнике является применение специальных малошумных покрытий. Асфальтобетон менее шумный, чем цементобетонное покрытие. Применением малошумных покрытий обеспечивается снижение шума от шин от 3 до 10 дБА. В [60] отмечается, что при скорости автомобиля свыше 100 км/ч эффект малошумных покрытий не проявляется, т.е. их использование имеет границы.

Перспективным для снижения шума в городах является организация дорожного движения с целью снижения шума действующего на население. К этим мерам относятся снижение скорости движения (в Париже, например, эта мера дала снижение на некоторых улицах до 5 дБА [49]). Запрещение грузового движения (снижение шума в центре Москвы до 6-10 дБА [50]), изменение режимов движения по дням недели и времени суток, выделение пешеходных зон и др. Определенный, а иногда большой эффект даёт изменение дорожной инфраструктуры: создание транспортных обходов, строительство транспортных развязок на разных уровнях. Заметный эффект

дают архитектурно-планировочные решения: создание малошумных зон, велосипедных дорожек, создание лесопарковых и буферных зон в городах.

К основным средствам шумозащиты, обеспечивающим защиту от шума на пути распространения звука от автодороги до защищаемых зданий относятся акустические экраны и экранирующие сооружения, зелёные насаждения. Акустические экраны – высокоэффективные конструкции, высота которых составляет от 3 до 6 м, а эффективность от 8 до 18. АЭ – конструкция, которая отвечает требованиям:

- поверхностная плотность не менее 10 кг/м^2 ;
- поверхность сплошная, без разрывов;
- вертикальный размер больше длины звуковой волны основной составляющей в спектре шума источника.

Не вдаваясь в подробный анализ применения АЭ в условиях свободного звукового поля и на плоскости отметим, что в литературе практически не освещен вопрос установки АЭ на эстакадах, насыпях, выемках. Этот вопрос требует отдельного изучения.

Зелёные насаждения – привлекательная мера снижения шума автодорог. Насаждения должны быть сплошными и широкими [51]. Зелёные насаждения шириной 30-50 м обеспечивают снижение шума на 10-15 дБА [51]. Однако практика применения этой меры показала, что приводимые цифры существенно завышены и требуют проверки.

И, наконец, к основным мерам снижения звука на объекте шумозащиты относятся: создание шумозащитных домов и выполнение шумозащитного остекления. Повышенная звукоизоляция окон и балконных дверей как наиболее слабых элементов наружных ограждений [49] позволяет снизить шум в квартирах не менее чем на 10 дБА. Применение шумозащитных домов, в которых выполнена специальная планировка, обеспечивает акустический комфорт для их жителей.

Обобщённо применяемые меры по снижению автотранспортного шума приведены в таблице 1.9. Ясное понимание направлений возможности

применения шумозащиты позволяет выбрать правильный и наиболее экономический путь её использования при проектировании автомобильных дорог.

Таблица 1.9 - Снижение автотранспортного шума

Меры и конструкции шумозащиты	Эффективность, дБА
Снижение шума в источнике: – малошумный автомобиль – электромобиль – специальные покрытия	3-4 10-15 3-10
Снижение шума по пути распространения: – акустические экраны – зелёные насаждения	8-18 менее 10
Снижение шума в домах: – звукоизолирующие остекление – шумозащитные дома	10 –
Архитектурно-планировочные решения	2–8
Организация дорожного движения	5-10
Изменение дорожной инфраструктуры	2–5
Контрольные посты	–

1.4. Анализ существующих результатов измерений автомобильного шума

Много лет инженеры решают задачи по борьбе с шумом автомобильного транспорта за это время было проведено множество измерений шумовой характеристики автомобильного потока. Результаты этих измерений представлены в работах таких авторов как Цукерников И.Е., Malcom J. Crocker, Элькин Ю.И. и др [1-16]. Значения, полученные в научных трудах авторов в результате натурных измерений представлены в Приложении А.

Был проведен анализ этих данных и составлена сводная таблица 1.10 со сравнением полученных разными авторами уровней шума в зависимости от интенсивности и скорости движения автотранспорта.

Таблица 1.10 – Результаты натурных измерений различных авторов

Интенсивность, авт/ч	Скорость км/ч	Лэкв, дБА
600-800	-	38-65
372-463	50	36-71
800-990	120	38-85
2220-2300	130	57-89
2440-2676	125	74-89
1308-1452	-	66-74
3200-3390	70	72-80
3700-3940	135	73-89

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что при равной интенсивности движения, расхождение уровней звука достигает в различных источниках среднем до 30 дБА, даже если учесть, что не во всех статьях указана средняя скорость движения, поправка на скорость в соответствии с СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» максимально составляет 10 дБА, а поправка на состав потока доходит до 6 дБА, т.е. суммарно 16 дБА. Соответственно расхождение составляет более 14 дБА. Из полученных результатов можно сделать вывод, о необходимости изучения вопроса определения шумовой характеристики автомобильного потока, с целью её уточнения.

1.5 Задачи исследования

Была поставлена задача по анализу существующих методик расчёта шума автомобильного потока, проведение экспериментальных исследований,

с целью их сравнения, выявления причин расхождения и вывода новой уточняющей методики расчёта.

ГЛАВА II. СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ШУМА ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ПОТОКА

2.1 Общие положения

Для оценки негативного воздействия шума на территории жилой застройки необходимо производить расчёты ожидаемых уровней шума от автомобильного потока.

В качестве шумовых характеристик автомобильного транспортного потока, в состав которого могут входить легковые и грузовые автомобили, автопоезда, автобусы, троллейбусы, ГОСТ 20444 [21] установлены эквивалентный $L_{A_{экв}}^{abt}$ и максимальный $L_{A_{max}}^{abt}$ уровни звука, создаваемые потоком в опорной точке на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей к расчетной точке (точке наблюдения) полосы движения автомобильного транспорта и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части.

На стадии разработки проекта детальной планировки или проекта застройки расчет шумовых характеристик автомобильных транспортных потоков следует выполнять с учетом:

- интенсивности движения автомобильного транспорта в часы пик дневного периода суток и наиболее шумный час ночного периода суток;
- суммарной доли грузовых автомобилей и автобусов в потоке; при этом, если не исследуется по отдельности влияние на шум потока троллейбусов и трамваев, то для расчета шумовых характеристик учитывают суммарную долю грузовых автомобилей и общественного транспорта;
- средней скорости движения автомобильного транспорта в потоке.

Для повышения точности расчета шумовых характеристик автомобильных транспортных потоков необходимо учитывать ряд дополнительных параметров, связанных с рассматриваемой улицей (дорогой), таких как:

- продольный уклон проезжей части улицы (дороги);
- тип верхнего покрытия проезжей части;
- ширина разделительной полосы при ее наличии;
- число полос движения транспорта;
- длительность светофорного цикла на пересечениях улиц (дорог) со светофорным регулированием (длительность разрешающей/запрещающей фазы светофора).[20]

Был произведен анализ действующей нормативной документации и литературы. Для анализа были выбраны следующие методы расчёта:

1. Первый метод из СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [20];
2. Второй метод из СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [20];
3. Метод из ОДМ 218.2.013.2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам» [31];
4. Методика из документа «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» Осипов Г.Л [23];
5. Подход, изложенный в работе «Борьба с шумом на автомобильных дорогах» Поспелов П.И [24];
6. Методика из диссертации Мининой Н.Н [25].

2.2 Расчёт по СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»

2.2.1 Расчёт эквивалентного уровня звука по ф.1 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»

В соответствие с СП 276.1325800.2016 на стадии проекта детальной планировки района (микрорайона) или проекта застройки шумовую характеристику автомобильного транспортного потока в виде эквивалентного уровня звука $L_{Aэкв}^{авт}$, дБА, следует рассчитывать по формуле (2.1).

$$L_{Aэкв}^{авт} = L_{Атрп} + \Delta L_{Агруз} + \Delta L_{Аск} + \Delta L_{Аук} + \Delta L_{Анок} + \Delta L_{Апрп} + \Delta L_{Апер} \quad (2.1)$$

где $L_{Атрп}$ - вспомогательная величина, определяемая в зависимости от интенсивности движения автомобильного транспорта N , ед./ч, передвигающегося по прямому сухому горизонтальному участку дороги с мелкозернистым асфальтобетонным покрытием со скоростью 60 км/ч и имеющего в своем составе 40% грузовых автомобилей и автобусов, дБА;

$\Delta L_{Агруз}$ - коррекция, учитывающая влияние доли грузовых автомобилей и автобусов в рассматриваемом транспортном потоке на его шумовую характеристику, дБА (к грузовым относят автомобили, масса которых составляет более 3500 кг);

$\Delta L_{Аск}$ - коррекция, учитывающая влияние средней скорости движения транспортного потока, дБА;

$\Delta L_{Аук}$ - коррекция, учитывающая влияние продольного уклона улицы (дороги), дБА;

$\Delta L_{\text{Апок}}$ - коррекция, учитывающая влияние типа дорожного покрытия, дБА;

$\Delta L_{\text{Ар.п.}}$ - коррекция, учитывающая влияние ширины центральной разделительной полосы на проезжей части, дБА;

$\Delta L_{\text{Апер}}$ - коррекция, учитывающая наличие пересечения улиц (дорог) со светофорным регулированием, дБА; [20]

$L_{\text{Атр.п}}$ зависит от интенсивности потока за час и определяется по формуле (2.2).

$$L_{\text{Атр.п}} = 50 + 8,8 * \lg N_{\text{дн.н}} \quad (2.2)$$

где $N_{\text{дн.н}}$ - расчетные интенсивности движения в час пик дневного периода суток и за наиболее шумный час ночного периода суток соответственно, ед./ч, определяемые по формулам (2.3) и (2.4):

$$N_{\text{дн}} = 0,076 N_{\text{сут}} \quad (2.3)$$

$$N_{\text{н}} = 0,039 N_{\text{сут}} \quad (2.4)$$

где $N_{\text{сут}}$ - среднегодовая суточная интенсивность движения, ед./сут.

При возможности рекомендуется использование данных с интесивометров установленных стационарно или временно вдоль проектируемых дорог.

Наибольшее влияние на получаемый эквивалентный уровень шума по данному методу оказывает:

- интенсивность движения автомобильного потока в соответствии с формулой 2.2 (до 20 дБА),
- доля грузового автотранспорта и автобусов в соответствии с [20] таблица 6.2 (до 6 дБА),

- средняя скорость движения в соответствии с [20] таблица 6.3 (до 9,5 дБА),
- наличие значительного уклона в соответствии с [20] таблица 6.5 (до 8 дБА),
- поправка на тип покрытия в соответствии с [20] таблица 6.5 (до 3 дБА),
- поправка на ширину разделительной полосы в соответствии с [20] таблица 6.6 (до 1,5 дБА (при размере полосы более 20 метров)),
- наличие перекрестков и пересечений в соответствии с [20] таблица 6.7 (до 3,5 дБА).

2.2.2 Расчёт эквивалентного уровня звука по ф.7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»

В соответствие с СП 276.1325800.2016, при выполнении расчетов на стадии ТЭО или на стадии разработки генерального плана города, когда многие данные, связанные с параметрами проезжей части, еще неизвестны, следует использовать ориентировочную формулу для определения шумовой характеристики (эквивалентного уровня звука) автомобильного транспортного потока, дБА производят расчёт по формуле (2.5).

$$L_{\text{Аэкв}}^{\text{авт}} = 9,51 \lg N + 12,64 \lg V + 7,98 \lg(1 + p) + 11,39 \quad (2.5)$$

где N- прогнозируемая интенсивность движения автомобильного транспортного потока, ед./ч;

V- прогнозируемая средняя скорость движения автомобильного транспортного потока, км/ч;

p- прогнозируемая доля грузовых автомобилей и общественных транспортных средств в потоке, %; [20]

Для повышения точности прогнозирования расчетной шумовой характеристики по формуле (2) в нее следует внести согласно таблицам 6.2-6.7 [20] коррекции на известные на момент расчетов параметры. [20]

Наибольшее влияние на получаемый эквивалентный уровень шума по данному методу оказывает:

- интенсивность движения автомобильного потока (до 20 дБА),
- доля грузового автотранспорта и автобусов (до 11 дБА),
- средняя скорость движения (до 4 дБА),
- наличие значительного уклона (до 8 дБА),
- поправка на тип покрытия (до 3 дБА), поправка на ширину разделительной полосы (до 1,5 дБА (при размере полосы более 20 метров)),
- наличие перекрестков и пересечений (до 3,5 дБА).

2.2.3 Расчёт максимального уровня звука по СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»

В соответствие с СП 276.1325800.2016, расчетное значение шумовой характеристики транспортного потока в виде максимального уровня звука $L_{A_{\max}}^{\text{авт}}$, дБА, на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения автомобильного транспорта следует принимать в соответствии с ГОСТ Р 41.51-2004* при скорости движения автомобильного транспортного потока $v_{\text{опор}}=50$ км/ч:

- для потока легковых автомобилей $L_{A_{\max} 50}^{\text{авт}}=74$ дБА;
- при наличии в потоке грузовых автомобилей и/или автобусов $L_{A_{\max} 50}^{\text{авт}}=80$ дБА.

При скорости движения транспортного потока v , отличной от 50 км/ч, максимальный уровень звука $L_{A_{\max} v}^{\text{авт}}$, дБА, на расстоянии 7,5 м от оси ближней

полосы движения автомобильного транспорта, соответствующий скорости движения v , км/ч, следует рассчитывать по формуле (2.6).

$$L_{A_{\max}V}^{aut} = L_{A_{\max}50}^{aut} + 32 \lg(V/50) \quad (2.6)$$

где $L_{A_{\max}50}^{aut}$ - максимальный уровень звука, соответствующий скорости движения 50 км/ч, дБА.

V - прогнозируемая средняя скорость движения автомобильного транспортного потока, км/ч. [20]

На значение максимального уровня шума по данному методу оказывает влияние:

наличие грузового автотранспорта в автомобильном потоке (до 6 дБА),

средняя скорость движения (до 9 дБА).

2.3 Расчёт по ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам»

2.3.1 Расчёт эквивалентного уровня шума по ОДМ 218.2.013-2011

В соответствие с ОДМ 218.2.013-2011, для проектируемых или реконструируемых автомобильных дорог значение ШХТП в виде эквивалентного уровня звука рассчитывают по формуле (2.7), которая аналогична ф. (1).

$$L_{A_{\text{экв}} 7,5} = L_{A_{\text{тпн}} 7,5} + \Delta L_{A_{\text{груз}}} + \Delta L_{A_{\text{ск}}} + \Delta L_{A_{\text{ук}}} + \Delta L_{A_{\text{пок}}} + \Delta L_{A_{\text{р.п}}} + \Delta L_{A_{\text{пер}}} \quad (2.7)$$

где $L_{A_{\text{тпн}}}$ - вспомогательная величина, определяемая в зависимости от интенсивности движения автомобильного транспорта N , ед./ч, передвигающегося по прямому сухому горизонтальному участку дороги с мелкозернистым асфальтобетонным покрытием со скоростью 60 км/ч и имеющего в своем составе 40% грузовых автомобилей и автобусов, дБА;

$\Delta L_{A_{\text{груз}}}$ - коррекция, учитывающая влияние доли грузовых автомобилей и автобусов в рассматриваемом транспортном потоке на его шумовую характеристику, дБА (к грузовым относят автомобили, масса которых составляет более 3500 кг);

$\Delta L_{A_{\text{ск}}}$ - коррекция, учитывающая влияние средней скорости движения транспортного потока, дБА;

$\Delta L_{A_{\text{ук}}}$ - коррекция, учитывающая влияние продольного уклона улицы (дороги), дБА;

$\Delta L_{A_{\text{пок}}}$ - коррекция, учитывающая влияние типа дорожного покрытия, дБА;

$\Delta L_{A_{\text{р.п.}}}$ - коррекция, учитывающая влияние ширины центральной разделительной полосы на проезжей части, дБА;

$\Delta L_{A_{\text{пер}}}$ - коррекция, учитывающая наличие пересечения улиц (дорог) со светофорным регулированием, дБА. [31]

Наибольшее влияние на получаемый эквивалентный уровень шума по данному методу оказывает:

- интенсивность движения автомобильного потока (до 20 дБА),
- доля грузового автотранспорта и автобусов (до 3 дБА),
- средняя скорость движения (до 3,5 дБА),
- наличие значительного уклона (до 5 дБА),
- поправка на тип покрытия (до 4 дБА),

- поправка на ширину разделительной полосы (до 1,5 м (при размере полосы более 20 метров)),
- наличие перекрестков и пересечений (до 3,5 дБА).

2.3.2 Расчёт максимального уровня звука по ОДМ 218.2.013-2011

В соответствие с ОДМ 218.2.013-2011, расчетное значение шумовой характеристики транспортного потока в виде максимального уровня звука $L_{A_{\max}}^{\text{авт}}$, дБА, на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения автомобильного транспорта следует принимать в соответствии с ГОСТ Р 41.51-2004* при скорости движения автомобильного транспортного потока $v_{\text{опр}} = 50$ км/ч:

для потока легковых автомобилей $L_{A_{\max} 50}^{\text{авт}} = 74$ дБА;

при наличии в потоке грузовых автомобилей и/или автобусов $L_{A_{\max} 50}^{\text{авт}} = 80$ дБА.

При скорости движения транспортного потока v , отличной от 50 км/ч, максимальный уровень звука $L_{A_{\max} v}^{\text{авт}}$, дБА, на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения автомобильного транспорта, соответствующий скорости движения v , км/ч, следует рассчитывать по формуле (2.8).

$$L_{A_{\max} v}^{\text{авт}} = L_{A_{\max} 50}^{\text{авт}} + 32 \lg(V/50) \quad (2.8)$$

где $L_{A_{\max} 50}^{\text{авт}}$ - максимальный уровень звука, соответствующий скорости движения 50 км/ч, дБА;

V - прогнозируемая средняя скорость движения автомобильного транспортного потока, км/ч. [31]

На значение максимального уровня шума по данному методу оказывает влияние:

- наличие грузового автотранспорта в автомобильном потоке (до 6 дБА),
- средняя скорость движения (до 9 дБА).

2.4 Расчёт по методике Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

2.4.1 Расчёт эквивалентного уровня звука по Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

На стадиях разработки проектов детальной планировки и проектов застройки, когда известны характеристики движения и состава транспортных потоков, параметры поперечного и продольного профиля магистральных улиц и дорог, при покрытия проезжей части улицы или дороги, шумовая характеристика потоков средств автомобильного транспорта определяется по табл. 10 [23] с учётом поправок, приведенных в табл. 11-13 [23]. Расчёт производится по формуле 2.9.

$$L_{A_{\text{экв}}}^{\text{авт}} = L_{A_{\text{тр.п}}}^* + \Delta L_{A_{\text{ск}}} + \Delta L_{A_{\text{ук}}} + \Delta L_{A_{\text{пок}}} + \Delta L_{A_{\text{пол}}} + \Delta L_{A_{\text{пер}}} \quad (2.9)$$

где $L_{A_{\text{тр.п}}}^*$ - вспомогательная величина, определяемая в зависимости от интенсивности движения автомобильного транспорта N , ед./ч, передвигающегося по прямому сухому горизонтальному участку дороги с мелкозернистым асфальтобетонным покрытием со скоростью 60 км/ч, дБА;

$\Delta L_{A_{\text{ск}}}$ - коррекция, учитывающая влияние средней скорости движения транспортного потока, дБА;

$\Delta L_{A_{\text{ук}}}$ - коррекция, учитывающая влияние продольного уклона улицы (дороги), дБА;

$\Delta L_{A_{\text{пок}}}$ - коррекция, учитывающая влияние типа дорожного покрытия, дБА;

$\Delta L_{\text{Апол.}}$ - коррекция, учитывающая влияние количество полос движения проезжей части улицы или дороги в обоих направлениях, дБА;

$\Delta L_{\text{Апер}}$ - коррекция, учитывающая наличие пересечения улиц (дорог) со светофорным регулированием, дБА. [23]

Наибольшее влияние на получаемый эквивалентный уровень шума по данному методу оказывает:

- интенсивность движения автомобильного потока (до 25 дБА),
- доля грузового автотранспорта и автобусов (до 11 дБА),
- средняя скорость движения (до 6,5 дБА),
- наличие значительного уклона (до 8 дБА),
- поправка на тип покрытия (до 3 дБА),
- поправка на число полос движения в обоих направлениях (до 2 дБА),
- наличие перекрестков и пересечений (до 4 дБА).

2.4.2 Расчёт максимального уровня звука по Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Определение максимального уровня шума в справочнике проектировщика предлагается осуществлять в зависимости от наиболее шумного вида и типа транспорта в потоке, данные представлены в таблице 2.1. Максимальный уровень шума, аналогично эквивалентному определяется на расстоянии 7,5 м. от оси первой полосы движения.

Таблица 2.1 – Максимальные уровни звука различного автомобильного транспорта

Вид и тип автомобиля или общественного транспортного средства	Максимальный уровень звука, дБА, при скорости движения, км/ч	
	60	80
<i>Легковые автомобили</i>		
ВАЗ	74	78
РАФ	76	80
"Москвич"	78	82
ГАЗ-24	78	82
ЗАЗ	81	85
<i>Грузовые автомобили</i>		
УАЗ	83	87
ГАЗ-53	86	90
ГАЗ-52	86	90
ЗИЛ-130	88	92
КамАЗ	89	93
МАЗ	94	98
КрАЗ	95	99
<i>Общественные транспортные средства</i>		
Автобусы:		
ПАЗ	80	84
ЛАЗ	87	91
ЛИАЗ	88	92
ИКАРУС	88	92
Троллейбусы:		
ЗИУ-5	89	93
ЗИУ-9	91	95

На значение максимального уровня шума по данному методу оказывает влияние:

- наличие грузового автотранспорта в автомобильном потоке (до 21 дБА),
- средняя скорость движения (до 4 дБА).

2.5 Расчёт по методике Пospelова П.И. «Борьба с шумом на автомобильных дорогах»

2.5.1 Расчёт эквивалентного уровня звука по Пospelов П.И. «Борьба с шумом на автомобильных дорогах»

Определяется аналогично прочим на расстояние 7,5 м. по формуле (2.10).

$$L_{\text{экв}}^{\text{авт}} = L_{\text{трп}}^* + \Delta L_{\text{тяж}} + \Delta L_{\text{диз}} + \Delta L_{\text{ск}} + \Delta L_{\text{ук}} + \Delta L_{\text{пок}} + \Delta L_{\text{Ар}} \quad (2.10)$$

где $\Delta L_{\text{Аск}}$ - коррекция, учитывающая влияние средней скорости движения транспортного потока, дБА;

$\Delta L_{\text{Аук}}$ - коррекция, учитывающая влияние продольного уклона улицы (дороги), дБА;

$\Delta L_{\text{Апок}}$ - коррекция, учитывающая влияние типа дорожного покрытия, дБА;

$\Delta L_{\text{Ар.п.}}$ - коррекция, учитывающая влияние ширины центральной разделительной полосы на проезжей части, дБА;

$L_{\text{Атр.п}}^*$ - то же, что $L_{\text{Атр.п}}$ с учётом доли грузовых автомобилей;

$L_{\text{Атяж}}$ - поправка, учитывающая изменение числа грузовых автомобилей с карбюраторными двигателями;

$L_{\text{Адиз}}$ - коррекция, учитывающая изменение числа грузовых автомобилей с дизельными двигателями. [24]

Наибольшее влияние на получаемый эквивалентный уровень шума по данному методу оказывает:

- интенсивность движения автомобильного потока (до 20 дБА),
- доля грузового автотранспорта и автобусов (до 3 дБА),
- средняя скорость движения (до 2,5 дБА),

- поправка на тип покрытия (до 4 дБА),
- наличие грузовых автомобилей с дизельным двигателем (до 1 дБА).

Отметим, что в рассмотренной методике нет метода определения максимальных уровней звука.

2.6 Расчёт по методике Мининой Н.Н.

Основная идея, которая была положена в основу настоящего метода, заключается в связи шумовой характеристики с категорией автомобильных дорог. Был проведен большой анализ данных, полученных в результате экспериментов, была установлена связь УЗД и УЗ со скоростью, при рассматриваемой частоте. Эксперименты, представленные в данной работе, не выявили существенной связи характеристики шума с прочими факторами. [25]

Автотранспортные магистрали по их шумности в дневное время суток можно подразделить на следующие 6 классов (табл. 2.2). [25]

Таблица 2.2 – Классификация автомобильных дорог по шуму

Класс шумности	Наименование класса шумности	Эквивалентный УЗ, дБА (7,5 м)	Скорость движения (км/ч)	Категория автомобильных дорог и городских магистралей
I	малошумные	свыше 55 до 60	до 40	Проезды, парковые дороги, шумозащищенные улицы
II	повышенной шумности	свыше 60 до 65	до 50	Улицы и дороги местного значения, магистральные улицы районного значения
III	шумные	свыше 65 до 70	до 60 – 70	Магистральные улицы транспортнопешеходные
IV	очень шумные	свыше 70 до 75	до 80 – 90	Магистральные улицы непрерывного и регулярного движения

Таблица 2.2 (Продолжение)

Класс шумности	Наименование класса шумности	Эквивалентный УЗ, дБА (7,5 м)	Скорость движения (км/ч)	Категория автомобильных дорог и городских магистралей
V	сверхшумные	свыше 75 до 80	до 100 – 110	Магистральные дороги
VI	непереносимо шумные	свыше 80 до 85	120	Скоростные дороги

I класс – малошумные (УЗ на расстоянии 7,5 м свыше 55 до 60 дБА);

II класс – повышенной шумности (свыше 60 до 65 дБА);

III класс – шумные (свыше 65 до 70 дБА);

IV класс – очень шумные (свыше 70 до 75 дБА);

V класс – сверхшумные (свыше 75 до 80 дБА);

VI класс – непереносимо шумные (свыше 80 до 85 дБА).

Экспериментальная проверка в данной работе показала, что, если эквивалентный УЗ в норме, то и максимальный УЗ будет в норме. Это значит, что в рассчитанные значения УЗ можно вводить поправку на максимальные значения равную 10 дБА. [25]

Для а/д классом шумности I – IV поправка на ночное время составит - 10 дБА, а классов V – VI поправка -5 дБА.[25]

Наибольшее влияние на получаемый эквивалентный и максимальный уровень шума по данному методу оказывает категория дороги.

2.7 Сравнение результатов расчёта по различным методикам

Для сравнения методов расчёта шумовой характеристики, представленных выше и определения расхождения получаемых результатов. Были выбраны несколько вариантов исходных данных с различной средней скоростью движения потока (выбраны типовые скорости движения по различным категориям дорог: 60, 90 и 110 км/ч), с различной интенсивностью

(1000, 2000, 4000 и 8000 авт/ч) и процентом грузовых автомобилей в потоке (0 и 25), от общего числа автомобилей.

2.7.1 Расчёт ожидаемых шумовых характеристик автомобильного потока

Для определения расхождения получаемых результатов был произведен расчет в соответствии с формулами (1)-(7). Результаты представлены в таблице 2.3 и 2.4 ниже, подробный расчёт представлен в Приложении Б.

Таблица 2.3 – Результаты расчётов

№ п.п	V, км/ч	N, авт/ч	% груз	ф.1 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»		ф.7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»		ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам»	
				$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1	60	1000	0	76,4	76,5	65,4	76,5	76,4	76,5
2	60	2000	0	79,0	76,5	68,3	76,5	79,0	76,5
3	60	4000	0	81,7	76,5	71,1	76,5	81,7	76,5
4	60	8000	0	84,3	76,5	74,0	76,5	84,3	76,5
5	60	1000	25	76,9	82,5	75,2	82,5	76,9	82,5
6	60	2000	25	79,5	82,5	78,1	82,5	79,5	82,5
7	60	4000	25	82,2	82,5	80,9	82,5	82,2	82,5
8	60	8000	25	84,8	82,5	83,8	82,5	84,8	82,5
9	90	1000	0	78,9	82,2	67,6	82,2	78,9	82,2
10	90	2000	0	81,5	82,2	70,5	82,2	81,5	82,2
11	90	4000	0	84,2	82,2	73,3	82,2	84,2	82,2
12	90	8000	0	86,8	82,2	76,2	82,2	86,8	82,2
13	90	1000	25	79,4	88,2	77,4	88,2	79,4	88,2
14	90	2000	25	82,0	88,2	80,3	88,2	82,0	88,2

Таблица 2.3 (Продолжение)

№ п.п	V, км/ч	N, авт/ч	% груз	ф.1 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»		ф.7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»		ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам»	
				$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА	$L_{экв7,5}$, дБА			
15	90	4000	25	84,7	88,2	83,1	88,2	84,7	88,2
16	90	8000	25	87,3	88,2	86,0	88,2	87,3	88,2
17	110	1000	0	79,4	85,0	68,7	85,0	78,9	85,0
18	110	2000	0	82,0	85,0	71,6	85,0	81,5	85,0
19	110	4000	0	84,7	85,0	74,4	85,0	84,2	85,0
20	110	8000	0	87,3	85,0	77,3	85,0	86,8	85,0
21	110	1000	25	79,9	91,0	78,5	91,0	79,4	91,0
22	110	2000	25	82,5	91,0	81,4	91,0	82,0	91,0
23	110	4000	25	85,2	91,0	84,2	91,0	84,7	91,0
24	110	8000	25	87,8	91,0	87,1	91,0	87,3	91,0

Таблица 2.4 – Результаты расчётов

№ п.п	V, км/ч	N, авт/ч	% груз	Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»		Поспелова П.И. «Борьба с шумом на автомобильных дорогах»	Методика Мининой Н.Н.	
				$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1	60	1000	0	69,0	78	76	67,5	77,5
2	60	2000	0	72,0	78	79	67,5	77,5
3	60	4000	0	75,0	78	82	67,5	77,5
4	60	8000	0	78,0	78	84	67,5	77,5
5	60	1000	25	75,0	88	79	67,5	77,5
6	60	2000	25	78,0	88	82	67,5	77,5
7	60	4000	25	81,0	88	85	67,5	77,5
8	60	8000	25	84,0	88	87	67,5	77,5
9	90	1000	0	71,5	84	79	77,5	87,5
10	90	2000	0	74,5	84	82	77,5	87,5
11	90	4000	0	77,5	84	84	77,5	87,5
12	90	8000	0	80,5	84	87	77,5	87,5
13	90	1000	25	77,5	94	82	77,5	87,5
14	90	2000	25	80,5	94	85	77,5	87,5
15	90	4000	25	83,5	94	87	77,5	87,5

Таблица 2.4 (Продолжение)

№ п.п	V, км/ч	N, авт/ч	% груз	Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»		Поспелова П.И. «Борьба с шумом на автомобильных дорогах»	Методика Мининой Н.Н.	
				$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
16	90	8000	25	86,5	94	90	77,5	87,5
17	110	1000	0	72,0	88	79	82,5	92,5
18	110	2000	0	75,0	88	82	82,5	92,5
19	110	4000	0	78,0	88	84	82,5	92,5
20	110	8000	0	81,0	88	87	82,5	92,5
21	110	1000	25	78,0	98	82	82,5	92,5
22	110	2000	25	81,0	98	85	82,5	92,5
23	110	4000	25	84,0	98	87	82,5	92,5
24	110	8000	25	87,0	98	90	82,5	92,5

Как видно из таблицы 2.3 и 2.4 результаты расчётов по различным формулам дает расхождение среднем по эквивалентному уровню до 11 дБА, по максимальному уровню в среднем до 6 дБА.

Для удобства восприятия полученных результатов были составлены графики для $L_{\text{экв}7,5}$, дБА рисунки 2.1 – 2.3

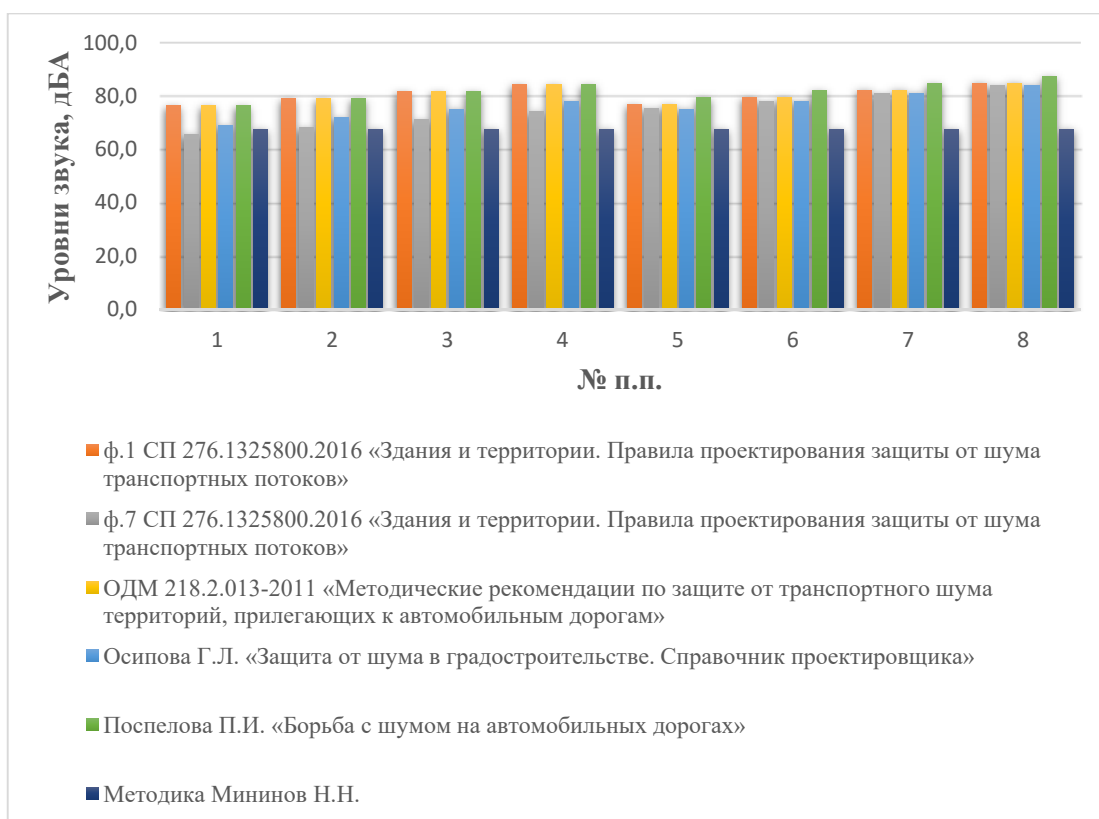


Рисунок 2.1 – Графики с результатами расчётов эквивалентного уровня шума при скорости 60 км/ч



Рисунок 2.2 – Графики с результатами расчётов эквивалентного уровня шума при скорости 90 км/ч

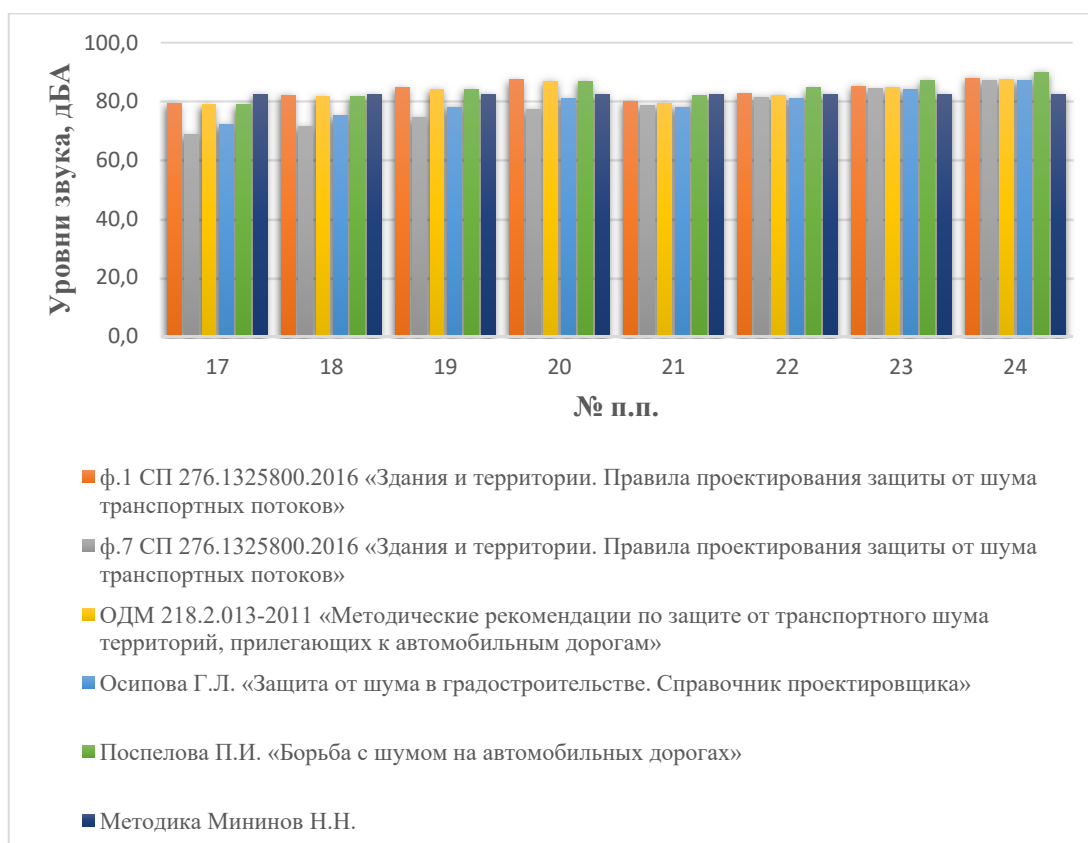


Рисунок 2.3 – Графики с результатами расчётов эквивалентного уровня шума при скорости 110 км/ч

Аналогично, как для $L_{\text{экв}7,5}$, дБА для удобства восприятия полученных результатов были составлены графики для $L_{\text{макс}7,5}$, дБА рисунки 2.4 – 2.6.

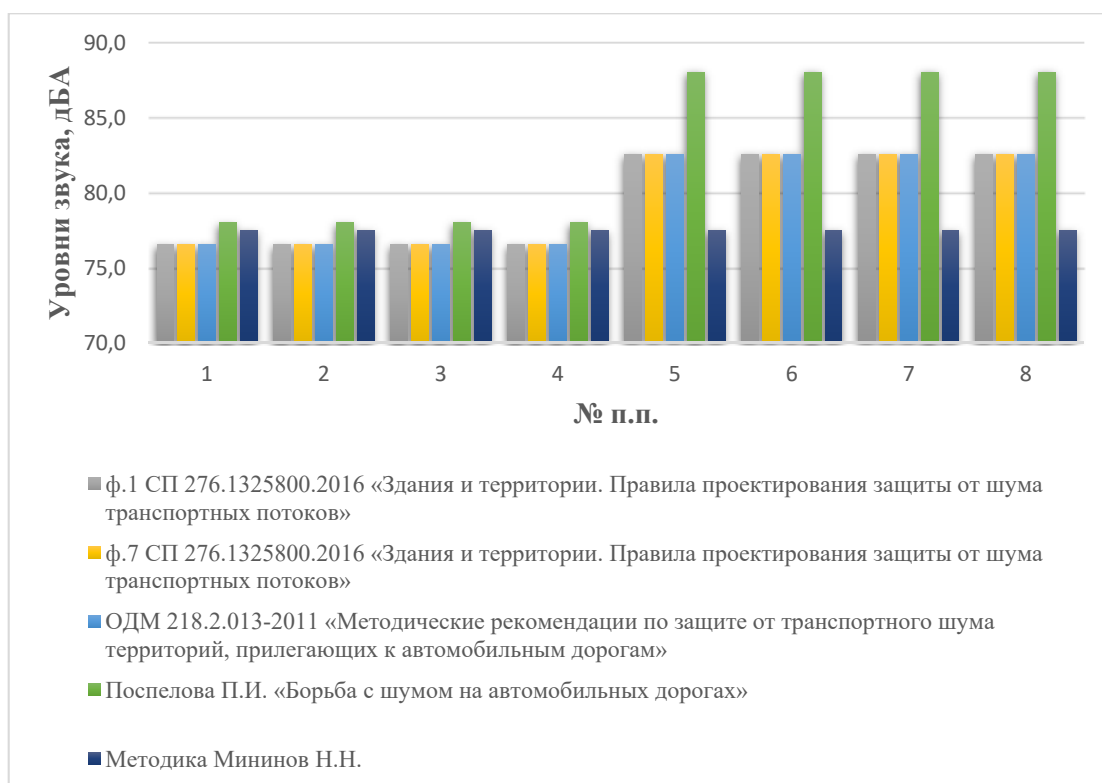


Рисунок 2.4 – Графики с результатами расчётов максимального уровня шума при скорости 60 км/ч



Рисунок 2.5 – Графики с результатами расчётов максимального уровня шума при скорости 90 км/ч

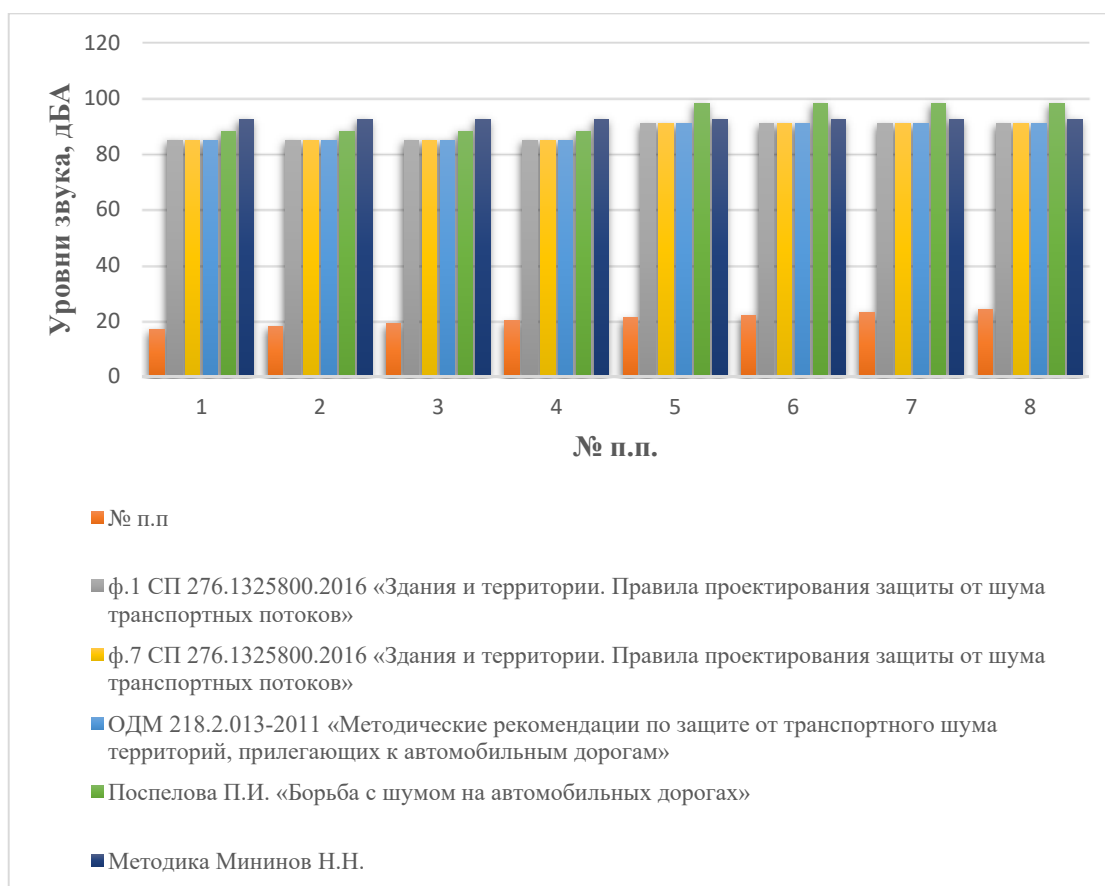


Рисунок 2.6 – Графики с результатами расчётов максимального уровня шума при скорости 110 км/ч

Выводы по главе

1. Основываясь на результатах, полученных в таблицах 2.1 и 2.2, можно сделать вывод, о большом расхождении получаемых расчётных значений, до 20 дБА по эквивалентному уровню звука и до 11 дБА по максимальному уровню звука, при прочих равных исходных данных.

2. В работе [30] было проведено сравнение измеренных значений и расчётных; было выявлено значительное расхождение расчётных значений с измеренными. Наибольшую сходимость с экспериментальным показали две методики. По формуле 7 СП 276.1325800.2016 и по формуле, представленной в книге «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Осипова Г.Л., но даже они дают завышенные уровни и расхождение с натурными измерениями до 8-10 дБА.

3. Заметим, что расчётные формулы были получены несколько десятилетий назад. Формулы, представленные в литературных источниках, были опубликованы в 1981 г. П.И. Поспелов «Борьба с шумом на автомобильных дорогах» и в 1993 г. Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика». А формулы, представленные в действующей нормативной документации, основываются или полностью дублируют на литературные источники упомянутые ранее, которые в свою очередь были выведены более 25 лет назад.

По всей видимости, завышенные уровни шумовой характеристики связаны, с изменением шумности транспортных средств, с каждым годом выпускаемые автомобили становятся всё более тихими, что в свою очередь снижает шумность транспортного потока. Формулы, представленные в действующей нормативной документации и литературных источниках, являются уже не актуальными и требуют уточнения, с учётом современного состава транспортного потока. Второй возможной причиной расхождения натурных измерений с результатами расчётом может являть неясность с выбором акустического центра и отсутствием учёта распределения транспорта по полосам на многополосных магистралях являющимися, основными источниками повышенного шума.

4. Было выдвинуто предположение, что автомобильный поток не распределен равномерно по всем полосам движения (при наличии более 2 полос в каждую сторону) и грузовой автотранспорт движется ближе к правым полосам по ходу движения, т.к. в соответствии с п. 9.4 ПДД в населенных пунктах вводится ограничение для грузовых автомобилей с разрешенной максимальной массой более 2,5 тонн. На дорогах с тремя полосами и более такие грузовики могут занимать крайнюю левую полосу только для поворота налево и разворота. Вне населенных пунктов водители всех автомобилей не должны занимать левые полосы при свободных правых, т.е. грузовой

автотранспорт должен в первую очередь двигаться по крайней правой полосе. И только в случае, если правая полоса занята, можно занимать вторую и последующие полосы. А при движении по автомагистрали в соответствии с п. 16.1 на автомагистралях грузовики категории С (более 3,5 тонн) могут двигаться только по двум правым полосам. Выезжать на остальные полосы они не могут ни при каких условиях.

5. В данной работе предложено решение с целью уточнение шумовой характеристики с использованием действующей нормативной документации с учётом параметров и предположений, описанных выше. Также учёт распределения потока по полосам может позволить точнее определять акустическую эффективность шумозащитных экранов, из-за учёта распределения энергии по полосам в таком случае.

ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Метод экспериментальных исследований

Для проверки гипотезы, о влияние распределения потока по проезжей части, выдвинутой во второй главе, было принято решение, о необходимости проведения натурных измерений.

Целью исследования был анализ влияния интенсивности движения автомобильного транспорта по полосам, на шумовую характеристику автодороги и эффективность шумозащитных экранов. Также с использованием существующей нормативной документации определение снижения шумности потока, на примере снижения шума от отдельных транспортных средств.

Исследования проводились с помощью шумомеров 1-ой категории Октава 110А и «Экофизика» 110А.

На основании ГОСТ 20444-2014. «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики» [21], проводилось измерение шумовой характеристики автомобильной дороги, на расстояние 7,5 м от ближайшей оси автодороги на высоте 1,5 м, и по ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий» [32] выбирались точки измерения на удаление от автомобильной дороги, на высоте 1,5 м. Параллельно с измерением шума, производилась видеозапись автомобильного потока с целью выделения состава и интенсивности движения по полосам.

Был проведен анализ существующих автомобильных дорог федерального значения, для мест проведения измерений выдвигались следующие требования:

1. Возможность проведения измерений с шумозащитным экраном и без (в некоторых случаях, только одно из требований);
2. Количество полос движения не менее 4;
3. Возможность проведения измерений на удалении от автомобильной дороги до 100 м.

3.2 Результаты замеров без шумозащитных экранов

3.2.1 Объекты исследования

Для исследования были выбраны пять участков дорог в районе города Санкт-Петербург, удовлетворяющих требованиям пункта 3.1 настоящей диссертации.

1. Витебский проспект (4-х полосный);
2. Киевское шоссе (6-ти полосный);
3. Пулковское шоссе (8-ми полос)
4. КАД 82 км (6-ти полосный);
5. КАД 86 км. (6-ти полосный).

3.2.2 Измерения на Витебский проспект (4 полосы)

Первым объектом стал участок 4-и полосной дороги, проходящей между п. Шушары и г. Пушкин (Витебский пр.). Измерения шумовой характеристики автомобильной дороги проводились один раз, параллельно проводились измерения на удалении, от ближайшей оси дороги, на 25, 50 и 100 метров, минимальное время измерения 5 минут. Параллельно измерениям шума, проводилась видео запись автомобильного потока, с целью подсчёта интенсивностей движения по каждой из полос. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по

железнодорожной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой деятельности человека Измерения проводились на восточной стороне дороги, точки измерений представлены на Рисунке 3.1



Рисунок 3.1 – Схема проведения измерений Витебский пр.

Результаты измерений шумовой характеристики и интенсивностей движения, пересчитанная на час, представлены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Данные интенсивности дороги в зависимости от полосы и шумовой характеристики

№ полосы	Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1 полоса	648	60	24	82	88
2 полоса	948	0	0		
3 полоса	372	36	0		
4 полоса	444	72	60		

*- нумерация полос от бровки измерений

Как видно из таблицы 3.1 для 4-х полосной дороги интенсивность по полосам распределена равномерно. В свою очередь движение автобусов и грузовых автомобилей осуществляется в основном по крайней полосе.

В дополнение к измерениям шумовой характеристики были проведены измерения на расстоянии 25, 50 и 100 метров. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Результаты представлены в Таблице 3.2

Таблица 3.2 – Данные измерений в зависимости от расстояния

Расстояние до ИШ, м	Измерения	
	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
7,5	82	88
25	71	75
50	67	72
100	62	66

Скорость движения по данному участку в среднем составляет 90 км/ч. Затухание на данном участке с удвоением расстояния по эквивалентному уровню звука составило 4 дБА от 25 до 50 метров и 5 дБА от 50 до 100 метров.

3.2.3 Измерения на Киевском шоссе (6 полос)

Вторым объектом стал участок 6-и полосной дороги, проходящей в обход г. Гатчина (Киевское ш.). Измерения шумовой характеристики автомобильной дороги проводились три раза, параллельно проводились

измерения на удалении, от ближайшей оси дороги, на 25, 50 и 100 метров, минимальное время измерения 5 минут. Параллельно измерениям шума, проводилась видео запись автомобильного потока, с целью подсчёта интенсивностей движения по каждой из полос. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Измерения проводились между деревней Романовка и Киевским шоссе, точки измерений представлены на Рисунке 3.2.

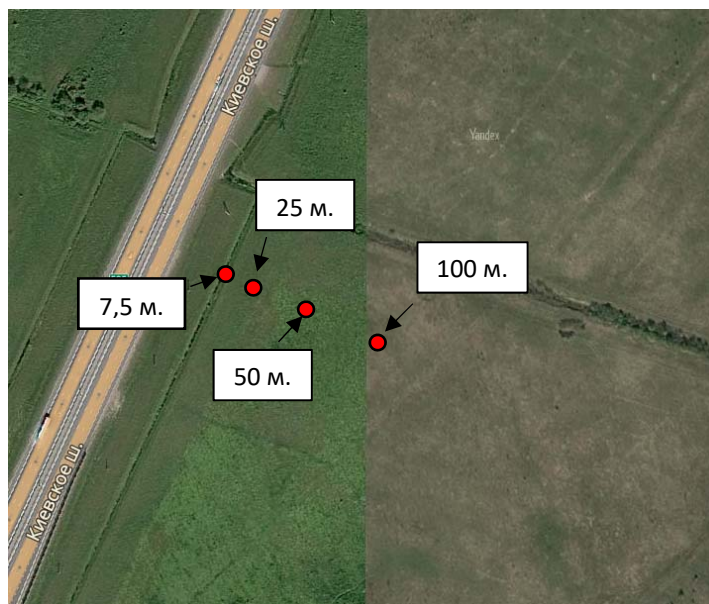


Рисунок 3.2– Схема проведения измерений Киевское ш.

Результаты измерений шумовой характеристики и интенсивностей движения, пересчитанная на час, представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Данные интенсивности дороги в зависимости от полосы и шумовой характеристики

№ полосы	Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1 полоса	24	71	0	78	91
2 полоса	141	24	0		
3 полоса	35	0	0		
4 полоса	271	0	0		
5 полоса	482	47	12		
6 полоса	35	12	0		
1 полоса	71	94	0	78	86
2 полоса	247	12	0		
3 полоса	0	0	0		
4 полоса	376	0	0		
5 полоса	388	24	24		
6 полоса	12	24	12		
1 полоса	35	59	0		
2 полоса	224	12	0		
3 полоса	12	0	0		
4 полоса	259	0	0		
5 полоса	435	94	12		
6 полоса	59	35	0		

*- нумерация полос от бровки измерений

Как видно из таблицы 3.3 наибольшая интенсивность движения наблюдается по средней полосе каждой из проезжих частей. В свою очередь движение автобусов и грузовых автомобилей осуществляется только по средней и крайней полосе, каждой из проезжих частей, что соответствует требованиям ПДД России.

В дополнение к измеренным шумовой характеристики были проведены измерения на расстояние 25, 50 и 100 метров. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Результаты представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Данные измерений в зависимости от расстояния

Расстояние до ИШ, м	Измерения	
	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
7,5	78	91
25	68	79
7,5	78	86
50	62	68
7,5	77	85
100	53	58

Скорость движения по данному участку в среднем составляет 90 км/ч. Затухание на данном участке с удвоением расстояния по эквивалентному уровню звука составило 6 дБА от 25 до 50 метров и 9 дБА от 50 до 100 метров.

3.2.4 Измерения на Пулковском шоссе (8 полос)

Третьим объектом стал участок 8-и полосной дороги, проходящей вдоль исторического района Кокколево (Пулковское ш.). Измерения шумовой характеристики автомобильной дороги проводились один раз, параллельно проводились измерения на удалении, от ближайшей оси дороги, на 25, 50 и 100 метров, минимальное время измерения 5 минут. Параллельно измерениям шума, проводилась видео запись автомобильного потока, с целью подсчёта интенсивностей движения по каждой из полос. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Измерения проводились на

обратной стороне от исторического района Кокколево, точки измерений представлены на Рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Схема проведения измерений Пулковское ш.

Результаты измерений шумовой характеристики и интенсивностей движения, пересчитанная на час, представлены в Таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Данные интенсивности дороги в зависимости от полосы и шумовой характеристики

№ полосы	Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1 полоса	144	12	24	80	86
2 полоса	288	144	0		
3 полоса	768	60	0		
4 полоса	648	0	0		
5 полоса	528	0	12		
6 полоса	684	132	0		
7 полоса	510	230	10		
8 полоса	154	9	26		

*- нумерация полос от бровки измерений

Как видно из таблицы 3.5 наибольшая интенсивность движения наблюдается по средним полосам каждой из проезжих частей. В свою очередь движение автобусов и грузовых автомобилей осуществляется только по средней и крайней полосе, каждой из проезжих частей, что соответствует требованиям ПДД России.

В дополнение к измерениям шумовой характеристики были проведены измерения на расстояние 25, 50 и 100 метров. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Результаты представлены в Таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Данные измерений в зависимости от расстояния

Расстояние до ИШ, м	Измерения	
	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
7,5	80	86
25	69	72
50	67	69
100	63	67

Скорость движения по данному участку в среднем составляет 90 км/ч. Затухание на данном участке с удвоением расстояния по эквивалентному уровню звука составило 3 дБА от 25 до 50 метров и 4 дБА от 50 до 100 метров.

3.3 Результаты замеров с шумозащитным экраном

3.3.1 Измерения на Киевском шоссе (6 полос)

Четвертым объектом стал участок 6-и полосной дороги с установленным шумозащитным экраном, проходящей в обход г. Гатчина (Киевское ш.). Измерения шумовой характеристики автомобильной дороги проводились три раза, параллельно проводились измерения на удалении, от ближайшей оси дороги, на 25, 50 и 100 метров, минимальное время измерения 5 минут. Параллельно измерениям шума, проводилась видео запись автомобильного потока, с целью подсчёта интенсивностей движения по каждой из полос. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой деятельности человека. Измерения проводились около СТ Кировец-2, точки измерений представлены на Рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Схема проведения измерений Киевское ш.

Результаты измерений шумовой характеристики и интенсивностей движения, пересчитанная на час, представлены в таблице 3.3.1.1

Таблица 3.7 – Данные интенсивности дороги в зависимости от полосы и шумовой характеристики

№ полосы	Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1 полоса	82	35	12	82	90
2 полоса	353	47	0		
3 полоса	424	12	0		
4 полоса	235	0	0		
5 полоса	259	71	12		
6 полоса	24	12	12		
1 полоса	106	59	0	83	91
2 полоса	471	47	0		
3 полоса	329	12	0		
4 полоса	129	0	0		
5 полоса	106	59	12		
6 полоса	12	12	0		
1 полоса	71	24	0	83	89
2 полоса	424	47	24		
3 полоса	424	12	0		
4 полоса	106	0	0		
5 полоса	224	47	0		
6 полоса	0	0	0		

*- нумерация полос от бровки измерений

Как видно из таблицы 3.7 наибольшая интенсивность движения наблюдается по средней полосе каждой из проезжих частей. В свою очередь движение автобусов и грузовых автомобилей осуществляется только по средней и крайней полосе, каждой из проезжих частей, что соответствует требованиям ПДД России.

В дополнение к измерениям шумовой характеристики были проведены измерения на расстояние 25, 50 и 100 метров. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых,

пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека Результаты представлены в таблице 3.8

Таблица 3.8 – Данные измерений в зависимости от расстояния

Расстояние до ИШ, м	Измерения	
	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
7,5	82	90
25	60	63
7,5	83	91
50	59	64
7,5	83	89
100	58	61

Скорость движения по данному участку в среднем составляет 90 км/ч. Из изменений эквивалентных уровней звука видно, что при удвоение расстояния снижение составляло 1 дБА, соответственно можно сделать вывод о нахождения точек измерения в зоне акустической тени.

3.3.2 Измерения на кольцевой автомобильной дороге в районе п. Торики (6 полос)

Пятым объектом стал участок 6-и полосной дороги с установленным шумозащитным экраном, проходящей в районе п. Торики (Кольцевая автомобильная дорога (КАД 82 км.)). Измерения шумовой характеристики автомобильной дороги проводились два раза, параллельно проводились измерения на удалении, от ближайшей оси дороги, 25 и 50 метров, минимальное время измерения 5 минут. На 100 метрах измерения не проводились по причине отсутствия физической возможности, в момент измерений, отойти на заданное расстояние. Параллельно измерениям шума, проводилась видео запись автомобильного потока, с целью подсчёта

интенсивностей движения по каждой из полос. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Измерения проводились севернее п. Торики, точки измерений представлены на Рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Схема проведения измерений КАД (п. Торики)

Результаты измерений шумовой характеристики и интенсивностей движения, пересчитанная на час, представлены в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Данные интенсивности дороги в зависимости от полосы и шумовой характеристики

№ полосы	Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1 полоса	271	271	0	85	93
2 полоса	1084	97	0		
3 полоса	890	0	0		
4 полоса	948	0	0		
5 полоса	871	310	0		
6 полоса	135	97	0		
1 полоса	240	280	0	85	93
2 полоса	1080	120	20		
3 полоса	860	0	0		
4 полоса	1020	0	0		
5 полоса	980	200	0		
6 полоса	220	180	20		

*- нумерация полос от бровки измерений

Как видно из таблицы 3.9 наибольшая интенсивность движения наблюдается по средней полосе каждой из проезжих частей. В свою очередь движение автобусов и грузовых автомобилей осуществляется только по средней и крайней полосе, каждой из проезжих частей, что соответствует требованиям ПДД России.

В дополнение к измерениям шумовой характеристики были проведены измерения на расстоянии 25 и 50 метров. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Результаты представлены в таблице 3.10

Таблица 3.10 – Данные измерений в зависимости от расстояния

Расстояние до ИШ, м	Измерения	
	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
7,5	85	93
25	62	67
50	61	66
7,5	85	93
25	62	70
50	61	66

Скорость движения по данному участку в среднем составляет 110 км/ч. Из изменений эквивалентных уровней звука видно, что при удвоение расстояния снижение составляло 1 дБА, соответственно можно сделать вывод о нахождении точек измерения в зоне акустической тени.

3.3.3 Измерения на кольцевой автомобильной дороге в районе п. Новоселье (6 полос)

Шестым объектом стал участок 6-и полосной дороги с установленным шумозащитным экраном, проходящей в районе п. Новоселье (Кольцевая автомобильная дорога (КАД 86 км.)). Измерения шумовой характеристики автомобильной дороги проводились два раза, параллельно проводились измерения на удалении, от ближайшей оси дороги, 25 и 50 метров, минимальное время измерения 5 минут. На 100 метрах измерения не проводились по причине отсутствия физической возможности, в момент измерений, отойти на заданное расстояние. Параллельно измерениям шума, проводилась видео запись автомобильного потока, с целью подсчёта интенсивностей движения по каждой из полос. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по

иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой деятельности человека. Измерения проводились северо-западнее п. Новоселье, точки измерений представлены на Рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Схема проведения измерений КАД (п. Новоселье)

Результаты измерений шумовой характеристики и интенсивностей движения, пересчитанная на час, представлены в таблице 3.11

Таблица 3.11 – Данные интенсивности дороги в зависимости от полосы и шумовой характеристики

№ полосы	Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во	$L_{экв7,5}$, дБА	$L_{макс7,5}$, дБА
1 полоса	300	100	0	85	93
2 полоса	586	0	29		
3 полоса	329	0	0		
4 полоса	814	0	0		
5 полоса	757	143	0		
6 полоса	129	100	14		
1 полоса	360	120	20	85	93
2 полоса	760	40	0		
3 полоса	500	0	0		
4 полоса	680	0	0		
5 полоса	920	60	20		
6 полоса	120	120	20		

*- нумерация полос от бровки измерений

Как видно из таблицы 3.11 наибольшая интенсивность движения наблюдается по средней полосе каждой из проезжих частей. В свою очередь движение автобусов и грузовых автомобилей осуществляется только по средней и крайней полосе, каждой из проезжих частей, что соответствует требованиям ПДД России.

В дополнение к измерениям шумовой характеристики были проведены измерения на расстояние 25 и 50 метров. Во время измерений было выявлено отсутствие иных шумов, таких как шум движения автомобилей по иным дорогам (соседние шоссе, проселочные дороги и т.д.), шум движения по железной дороге (грузовых, пригородных, пассажирских и высокоскоростных поездов), шум бытовой детальности человека. Результаты представлены в таблице 3.12

Таблица 3.12 – Данные измерений в зависимости от расстояния

Расстояние до ИШ, м	Измерения	
	$L_{\text{экв}7,5}$, дБА	$L_{\text{макс}7,5}$, дБА
7,5	85	93
25	62	67
50	61	66
7,5	85	93
25	62	70
50	61	66

Скорость движения по данному участку в среднем составляет 110 км/ч. Из изменений эквивалентных уровней звука видно, что при удвоение расстояния снижение составляло 1 дБА, соответственно можно сделать вывод о нахождении точек измерения в зоне акустической тени.

Вывод по главе

1. Как видно из результатов измерений интенсивности по полосам грузовой автотранспорт в момент измерений соблюдал требования ПДД и осуществлял движения только по двум крайним полосам. Для проверки теории, о том, что при учете распределения по полосам и использование существующих формул, можно увеличить точность расчета, необходимо провести моделирование измеренных участком с разделением потока на полосы, проезжие части и для одиночного источника.

2. Экспериментально установлено, что уровень звука незначительно изменяется при изменении числа полос движения, при прочих равных факторах.

3. Эксперименты подтвердили основную гипотезу, применяемую для расчётов эквивалентного уровня звука транспортных

потоков, о линейном характере транспортного потока, как источника шума, т.к. затухание с удвоением расстояния в среднем составило 3-4 дБА.

ГЛАВА IV. ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЁТА ШУМА АВТОТРАНСПОРТА

4.1 Описание метода

Для проверки гипотезы, выдвинутой в ранее, о том, что при учете распределения по полосам и использование существующих формул, можно увеличить точность расчета, необходимо провести моделирование измеренных участком с разделением потока на полосы, проезжие части и на один источник.

Было выдвинуто предположение, что автомобильный поток не распределен равномерно по всем полосам движения (при наличии более 2 полос в каждую сторону) и грузовой автотранспорт движется ближе к правым полосам по ходу движения, т.к. в соответствии с п. 9.4 ПДД в населенных пунктах вводится ограничение для грузовых автомобилей с разрешенной максимальной массой более 2,5 тонн. На дорогах с тремя полосами и более такие грузовики могут занимать крайнюю левую полосу только для поворота налево и разворота. Вне населенных пунктов водители всех автомобилей не должны занимать левые полосы при свободных правых, т.е. водители грузовиков должны в первую очередь ехать по правой полосе. И только, если правая полоса занята, можно выезжать во вторую полосу». А при движении по автомагистрали в соответствии с п. 16.1 на автомагистралях грузовики категории С (более 3,5 тонн) могут двигаться только по двум правым полосам [35]. Выезжать на остальные полосы они не могут ни при каких условиях.

Из полученных в Главе 3 данных, видно, что интенсивность по полосам различена и наиболее шумными являются две крайние полосы. Что в свою очередь, должно привести к увеличению расчётной эффективности шумозащитных экранов, относительно расчёта единым источником шума, т.к.

наиболее шумные источники будут ближе к шумозащитным экранам, а при расчете единым источником в соответствии с п. 10.1.6 СП 276.1325800.2016 расчёт производится только от дальней полосы относительно экрана. Для проверки сходимости расчётные результаты будут сравниваться с результатами натурных измерений.

Для проверки данного предположения, был произведен расчёт шума в расчётных точках аналогичным точкам измерения.

В соответствие с [30] наибольшую сходимость показывают формула 7 СП 276.1325800.2016 и по формуле, представленной в книге «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» Осипов Г.Л., но даже они дают завышенные уровни и расхождение с натурными измерениями до 8-10 дБА. Дальнейший расчёт и уточнение будет производиться по этим документам.

4.2 Выбор расположения источника шума

В соответствие с [20] и [31]. Расчёт ожидаемых уровней шума необходимо проводить от акустического центра дороги, который при условии равномерного движения по полосам будет расположен по центру дороги. Графически в п.7.2.8 [20] и п.7.1 [31] акустический центр указан над ближайшей крайней полосой, что и будет принято для расчёта при едином источнике и разделение на две проезжие части.

4.3 Сравнение с экспериментальными данными

4.3.1 Общие понятия

С использованием программного комплекса АРМ «Акустика», были построены модели участков, на которых проводились натурные измерения. Источник шума задавался в трех вариантах, с разделением:

- По полосам;
- На проезжие части;
- Единым источником.

4.3.2 Расчёт без шумозащитного экрана

4.3.2.1 Витебский проспект (4 полосы)

Первым моделируемым объектом стал участок 4-и полосной дороги, проходящей между п. Шушары и г. Пушкин (Витебский пр.). Для расчёта была выбрана расчётная точка на удалении, от середины крайней полосы на 7,5 м.

Результаты расчёта шумовой характеристики для каждой из полос движения, проезжих частей и единого источника представлены в Приложении В.

Расчётная схема, реализованная в программном комплексе, представлена на Рисунке 4.1

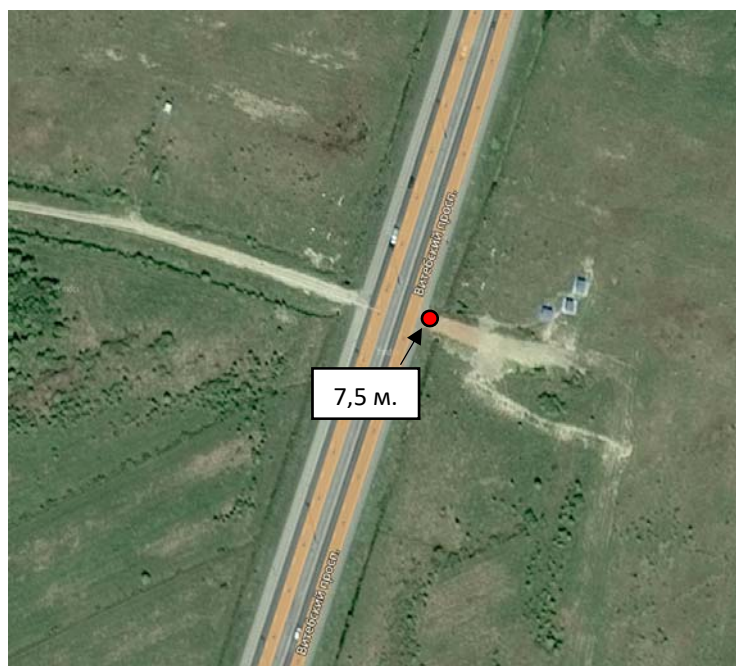


Рисунок 4.1 – Схема проведения расчётов Витебский пр.

Результаты расчётов шумовой характеристики представлены в Таблице 4.1. и 4.2.

Таблица 4.1 – Уровни звука полученные по формуле Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая проезжая часть			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
82	88	7,5	77	87	5	1	77	87	5	1	77	87	5	1

Таблица 4.2 – Уровни звука полученные по формуле 7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Формула 7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая проезжая часть			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
82	88	7,5	77	87	5	1	77	87	5	1	78	87	4	1

При расчёте шумовой характеристики независимо от способа задания источника шума, расхождения с экспериментальными данными и получаемая шумовая характеристика не изменяется.

Вероятнее всего, это связано с тем, что основной вклад в энергию, получаемую в точке на удаление 7,5 метров, вносят ближайшие полосы движения.

4.3.2.2 Киевское шоссе (6 полос)

Вторым моделируемым объектом стал участок 6-и полосной дороги, проходящей в обход г. Гатчина (Киевское ш.). Для расчёта была выбрана расчётная точка на удалении, от середины крайней полосы на 7,5 м.

Результаты расчёта шумовой характеристики для каждой из полос движения, проезжих частей и единого источника представлены в Приложении В.

Расчётная схема, реализованная в программном комплексе, представлена на Рисунке 4.2

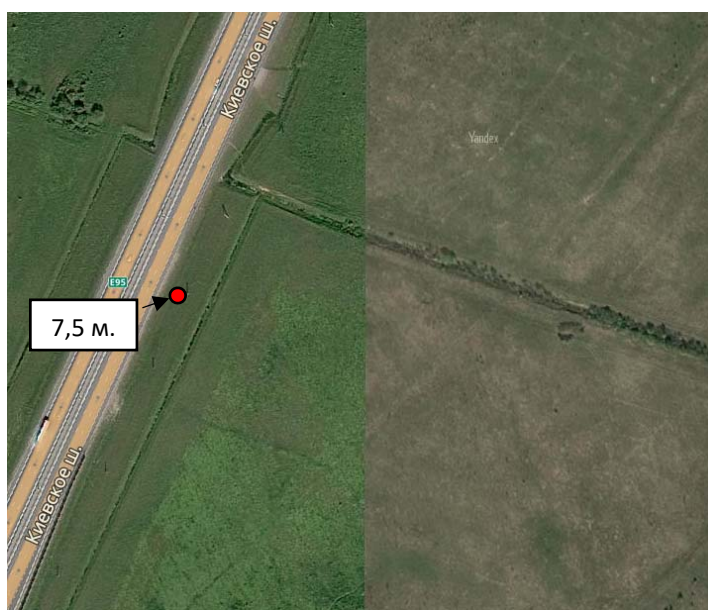


Рисунок 4.2 – Схема проведения расчётов Киевское ш.

Результаты расчётов шумовой характеристики представлены в Таблице 4.3. и 4.4.

Таблица 4.3 – Уровни звука полученные по формуле Осипова Г.Л.
«Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая проезжая часть			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
78	91	7,5	74	88	5	3	73	8	5	3	76	88	2	3

Таблица 4.4 – Уровни звука полученные по формуле 7 СП
276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования
защиты от шума транспортных потоков»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Формула 7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая проезжая часть			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
78	91	7,5	72	88	6	4	74	88	4	3	75	88	3	3

При расчёте шумовой характеристики от единого источника сходимость с экспериментальными данными выше, чем при разделении на отдельные полосы движения.

4.3.2.3 Пулковское шоссе (8 полос)

Вторым моделируемым объектом стал участок 6-и полосной дороги, проходящей вдоль исторического района Кокколево (Пулковское ш.). Для расчёта была выбрана расчётная точка на удалении, от середины крайней полосы на 7,5 м.

Результаты расчёта шумовой характеристики для каждой из полос движения, проезжих частей и единого источника представлены в Приложении В.



Результаты расчётов шумовой характеристики представлены в Таблице 4.5. и 4.6.

Таблица 4.5– Уровни звука полученные по формуле Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Измерения		Расстояние до ИЩ, м	Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»											
$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая проезжая часть			
			$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{ЭКВ}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{МАКС}},$ 7,5 дБА
80	86	7,5	81	88	1	2	81	88	1	2	82	88	2	2

Таблица 4.6 – Уровни звука полученные по формуле 7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Формула 7 СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая проезжая часть			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
80	86	7,5	81	88	1	2	84	88	4	2	82	88	2	2

При расчёте шумовой характеристики от источника с разделением полос движения сходимость с экспериментальными данными незначительно выше, чем расчёте от единого источника шума.

Вывод

Анализ результатов показал, что расхождение результатов, полученных расчётным путём в сравнение с натурными измерениями, в случае учёта распределения потока по полосам даёт либо аналогичный единому источнику результат, либо уменьшает точность до 2 дБА, что свидетельствует, о необходимости поиска иного варианта решения проблемы, завышенных шумовых характеристик, получаемых в результата расчёта. Одним из таких вариантов учёт изменения шумности потока по причине изменения состава автотранспортного потока, данная проблема рассмотрена в п. 4.4.

Хотя метод, учитывающий распределение потока по полосам, не показал нужного эффекта для более точного определения шумовой характеристики автомобильного потока, он может быть применен для оценки эффективности шумозащитного экрана (насыпи и т.п.). Так как учёт прохождения грузового автотранспорта ближе к экрану, позволит точнее определять эффективность экрана вдоль многополосных магистралей, данное предположение рассмотрено в п. 4.5.

4.4 Изменение шума по причине изменения состава автотранспортного потока.

В начале было выдвинуто предположение, что завышенные уровни шумовой характеристики автомобильного потока, получаемые расчётным путём, относительно натурных измерений, вызваны изменением состава автомобильного потока. По всей видимости, завышенные уровни шумовой характеристики связаны, с изменением шумности транспортных средств, с каждым годом выпускаемые автомобили становятся всё более тихими, что в свою очередь снижает шумность всего потока. О чём свидетельствует информация о требуемой наибольшей шумности вновь выпускаемого транспорта [26-28]. Данные с допустимыми уровнями шума базовых моделей автомобилей представлена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Допустимые уровни шума базовых моделей автомобилей

Тип автомобиля	ГОСТ 27436-87				ГОСТ Р 41.51-99, ГОСТ Р 41.51-04
	Допустимые уровни шума базовых моделей автомобилей				
	до 01.01.87	с 01.01 87	с 01.01 89	с 01.07.00	
Легковые и грузопассажирские автомобили	82	80	77	74	
Автобусы с двигателем мощностью до 147 кВт и полной массой, кг:					
до 3500 включ.	84	81	78	76	
св.3500	89	82	80	80	

Таблица 4.7 (Продолжение)

Тип автомобиля	ГОСТ 27436-87			ГОСТ Р 41.51-99, ГОСТ Р 41.51-04
	Допустимые уровни шума базовых моделей автомобилей			
	до 01.01.87	с 01.01 87		до 01.01.87
Автобусы с двигателем мощностью 147 кВт и выше	91	85	83	78
Грузовые автомобили, автопоезда с полной массой, кг:				
до 3500 включ.	84	81	79	77
св. 3500	89	86	83	78
12000 с двигателем мощностью 147 кВт и выше	91	88	84	80

Для оценки влияния изменения допустимых уровней базовых моделей автомобилей на снижение шума автотранспортного потока, необходимо понять возраст существующего автомобильного парка в России. По данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», являющейся ведущим аналитическим агентством в сфере статистики и аналитики автомобильного бизнеса России, предоставляем самую полную и актуальную информацию о нём. Средний возраст автомобилей в России составляет 13,1 год. Что говорит, о том, что большинство автомобилей имеют шумность меньше или равную представленной в ГОСТ Р 41.51-04 [28].

Существующие стандарты, базируется на источниках двадцатипятилетней давности. Шумовая характеристика, получаемая по данным формулам, соответствует допустимым уровням шума базовых моделей автомобилей соответствующим ГОСТ 27436-87 [26]. В среднем отличие шумности базовых моделей по ГОСТ 27436-87 [26] и ГОСТ Р 41.51-04 [28], составляет 10 дБ. Данное различие соответствует полученным в п.2.7 результатам, где получаемое расхождение натурных измерений с результатами расчётов по формуле 7 СП 276.1325800.2016 [20] и по формуле, представленной в книге «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» Осипов Г.Л [23], составило от 8-10 дБА.

Полученные результаты говорят, о необходимости актуализации существующих нормативных документов по расчёту шумовой характеристики, с учётом того, что, с каждым годом выпускаемые автомобили становятся всё более тихими, что в свою очередь снижает шумность всего транспортного потока.

4.5 Расчёт с учётом распределения потока по полосам при наличии шумозащитного экрана.

4.5.1 Общие сведения о шумозащитных экранах

Акустический экран (АЭ) – физическая преграда между источником шума и защищаемым объектом (точкой наблюдения). В отличие от бесконечной преграды, к которой можно отнести, например, звукоизолирующую перегородку, АЭ имеет свободное ребро (или рёбра), на котором звук дифрагирует в точку наблюдения. Дифракция ухудшает эффективность акустических экранов, но почти любые акустические экраны снижают, шум, проникающий в точку наблюдения [37-40].

Наиболее массово АЭ применяются для установки вдоль автомобильных и железных дорог в районе жилой застройки для защиты от акустического загрязнения жилых зданий, больниц, школ, офисов и др. Такие АЭ установлены в Германии, Италии, Дании, Швейцарии, Швеции, России, США, Нидерландах, Японии, Южной Кореи, Гонконге, Франции и др. странах. Начало массовой установки АЭ для снижения транспортного шума относятся к концу 60-х годов XXв. Так, например, первый АЭ в США был установлен в Калифорнии в 1968г [41]. В настоящее время суммарная протяжённость таких АЭ составляет десятки тыс. км, расходы на их изготовление и установку составляют, вероятно, несколько млрд. долларов в год.

Здесь же следует отметить, что для снижения шума также широко применяются экранирующие сооружения (например, выемки, насыпи, тоннели), использование которых для целей шумозащиты высоко оценивается жителями городов и специалистами по борьбе с шумом [42].

Акустические экраны также нашли широкое применение для снижения шума в офисных, производственных и др. помещениях [43-45]. Эти экраны устанавливаются, как правило, в зоне действия прямого звука от источника. Экраны такого типа используются во многих странах, но масштабы их использования в полной мере установить трудно.

Для снижения акустического загрязнения окружающей среды вокруг чиллеров, вентиляторов, градирен и пр. устанавливаются АЭ [46-48]. Во многих аэропортах мира АЭ устанавливаются в районе взлёта самолётов, на испытательных площадках и др. для снижения шума от аэропортов [49]. Применяются АЭ также для ограждения строительных площадок [47].

Широко используются АЭ в составе шумозащитных конструкций или отдельных элементов шумозащиты на автомобилях, самолётах, строительно-дорожных машинах [50]. Так, например, на автомобилях устанавливается АЭ между глушителем и полом салона, экраны используются в газотурбинных установках реактивных самолётов. Экраны устанавливаются как дополнительное средство снижения шума в звукоизолирующих капотах, на строительно-дорожных машинах, на жалюзи в автомобилях и др.

АЭ – конструкции, предназначенные специально для снижения шума. Но в качестве экранирующих систем снижения шума могут использоваться также устройства, которые или первоначально не предназначены для снижения шума, и эффект шумозащиты является побочным (например, тоннели), или те системы, которые предназначены для снижения шума, одновременно выполняя другие полезные функции. Такие системы, в отличие от АЭ, будем называть экранирующими сооружениями. Примером экранирующих сооружений могут служить выемки, тоннели и насыпи, в которых или за которыми располагаются транспортные потоки. В практике

защиты от шума нередко используются комбинация АЭ и экранирующих сооружений, когда, например, для дополнительного шумоглушения АЭ устанавливаются на краю выемки или насыпи.

По принципу действия АЭ подразделяются на:

- отражающие;
- отражающе-поглощающие.

АЭ – звукоизолирующая конструкция, работающая на отражении звука. В отражающе-поглощающих дополнительно устанавливаются звукопоглощающие материалы (ЗПМ). В свою очередь, отражающе-поглощающие по конструктивному исполнению подразделяются на сплошные, где АЭ набраны из однородных панелей, и составные, где, наряду, например, с панелями со ЗПМ, установлены светопрозрачные панели, работающие на отражение звука.

По характеру дифракции на свободном ребре АЭ подразделяются на:

- тонкие (одинарная дифракция);
- широкие (двойная дифракция).

Для большинства типов АЭ – барьеров характерна одинарная дифракция. Примером АЭ и экранирующих сооружений с двойной дифракцией могут служить насыпи, а также АЭ с Т-образной формой свободного ребра.

По материалам, из которых изготавливаются панели АЭ, последние подразделяются на:

- бетонные или из других плотных строительных материалов (асбоцемент, кирпич, строительный камень и др.);
- металлические (в основном изготавливаются из стали или алюминия, реже из нержавеющей стали);
- деревянные (изготавливаются из импрегнированной древесины);
- пластмассовые (например, прозрачные панели из плексигласа и др.).

По конструктивному исполнению верхнего свободного ребра АЭ подразделяются на:

- АЭ без надстройки на свободном ребре;
- АЭ с надстройкой на свободном ребре.

В свою очередь, надстройка на верхнем ребре может быть различного конструктивного исполнения и с различным принципом действия. Эти конструкции можно условно разделить на такие группы:

- устройства, увеличивающие угол дифракции за счет изменения формы верхнего ребра. Такие экраны по форме верхнего ребра могут быть Г-, Т-, У- и др. образными;
- устройства, которые работают на принципе интерференции звука (например, резонаторы Гельмгольца);
- устройства, которые обеспечивают дополнительное звукопоглощение на свободном ребре. Конструктивно такие устройства представляют перфорированный цилиндр (или другие формы), внутри которого располагается ЗПМ;
- устройства, в которых сочетаются несколько перечисленных принципов шумоглушения.

По расположению в пространстве АЭ подразделяются на прямые и наклонные.

4.5.2 Особенности снижения шума акустическими экранами.

Акустический экран можно рассматривать как твёрдое относительно звуконепроницаемое препятствие. Прохождение звука за АЭ происходит на свободных его рёбрах путём дифракции звуковых волн. Объясняют качественную сторону дифракции основываясь на принципе Гюйгенса. Согласно этому принципу каждую точку среды, в которую проникла звуковая волна, можно считать источником новой элементарной волны. На крае огибаемом звуком тела образуется вторичный источник звука. За АЭ образуется акустическая тень, в зоне которой наблюдается цилиндрическая волна, излучаемая свободным ребром АЭ [51].

Чтобы понять процесс образования звуковой тени за АЭ рассмотрим рис. 4.4.

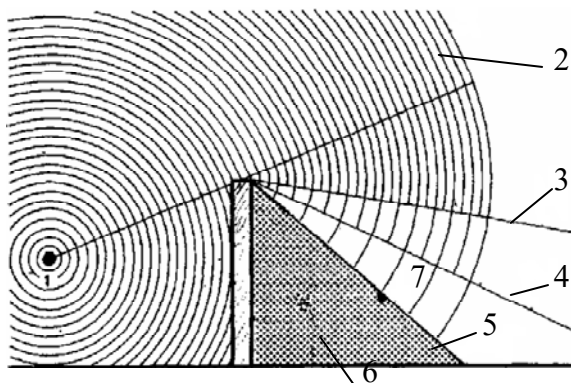


Рисунок 4.4 - Дифракция звука на ребре АЭ: 1 – источник звука, 2 – сферическая звуковая волна, 3 – высокочастотный участок звуковой тени, 4 – среднечастотный участок, 5 – низкочастотный участок, 6 – глубокая звуковая тень, 7 – точка наблюдения.

Из рис. 4.5 можно понять, что линия, соединяющая источник звука и вершину АЭ, начиная от вершины и в сторону противоположную АЭ будет условной границей акустической тени. Процесс снижения звука на границе акустической тени объясняется изменением направления распространения звука в результате появления в звуковом поле сферической или цилиндрической волны АЭ. Характер этого процесса может быть объяснён следующим примером. Хорошо известно, что если источник шума вершина АЭ и точка наблюдения находятся на одной точке (рис. 4.5), то снижение уровня шума в точке наблюдения составляет 5 дБ. Это величина равна $10 \lg \frac{1}{\pi}$, обозначающей изменение направленности излучения каким-либо элементом.

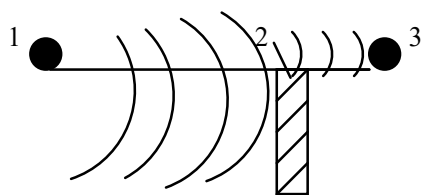


Рисунок 4.5 - Схема расположения АЭ: 1 – источник шума, 2 – АЭ, 3 – точка наблюдения.

Размер зоны тени зависит от соотношения длины звуковой волны и размеров препятствия. Чем больше длина звуковой волны, тем меньше область тени за препятствием. Условно весь участок звуковой тени можно разбить на 4 участка по аналогии со спектром шума источников звука: высокочастотный, среднечастотный, низкочастотный и участок глубокой акустической тени. Длина звуковой тени за препятствием (а следовательно границы принятых условных участков) вычисляются по формуле:

$$l_T = \frac{h^2 f}{4c} \quad (4.1),$$

где h – высота АЭ, м; f – частота звука; c – скорость звука (в воздухе при $t=20^\circ\text{C}$, $c=340\text{м/с}$).

Отметим здесь, что за универсальный показатель эффективности АЭ можно принять угол дифракции АЭ (θ), образуемый между лучами: источник шума – вершина АЭ, вершина АЭ – точка наблюдения – расчётная точка (рис. 1.3,а). Величина дифракции определяется расположением источника шума и точки наблюдения по отношению к АЭ, а также высотой АЭ. Чем ближе две первых к АЭ и выше его высота, тем больше угол дифракции и выше эффективность АЭ.

Для широких АЭ процесс дифракции несколько сложнее, чем для тонких: в первых наблюдается двойная дифракция, что увеличивает

эффективность АЭ. Из схемы на рис. 4.6 можно видеть, что за счёт двойной дифракции условная высота АЭ увеличивается.

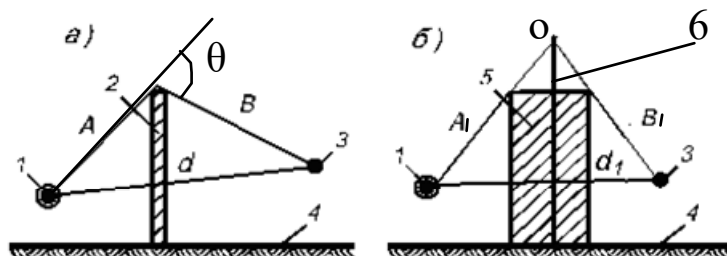


Рисунок 4.6 - Схема дифракции на тонком АЭ (а) и широком АЭ (б):

- 1 – источник шума; 2 – плоский (тонкий) АЭ; 3 – расчетная точка;
4 - опорная поверхность; 5 – широкий АЭ, 6 – условная высота широкого АЭ

Принципиальным является вопрос о соотношении прошедшей через АЭ и дифрагирующей за АЭ звуковой энергии. По измерениям в акустических камерах, которые выполняются с целью сертификации АЭ, известно, что для плоских АЭ $ЗИ_{экp} = 28 - 35$ дБА. В то же время, предельно возможная эффективность акустических экранов-барьеров не превышает 15 - 18 дБА. Если вклад одного канала (через АЭ) на 10 дБА ниже, чем вклад другого (дифракция звука), то вклад первого может не учитываться. Если АЭ правильно спроектирован и установлен (без щелей и проемов), то всегда звукоизоляция АЭ достаточна для обеспечения эффективности АЭ. Это означает, что стремиться к увеличению эффективности АЭ-барьера, увеличивая его толщину и массу нецелесообразно. Но в реальных условиях, если АЭ сборно-разборные, звукоизоляция АЭ может влиять на его эффективность, т.к. часть звука проходит прямым путем.

Важным элементом в конструкции АЭ являются звукопоглощение, располагаемое со стороны источника звука. Звукопоглощение заметно повышает эффективность АЭ. Необходимость звукопоглощения для

транспортных АЭ можно понять из рис. 4.7. Здесь видно, что при наличии барьера и транспортного потока происходят переотражения звука, которые необходимо снижать.

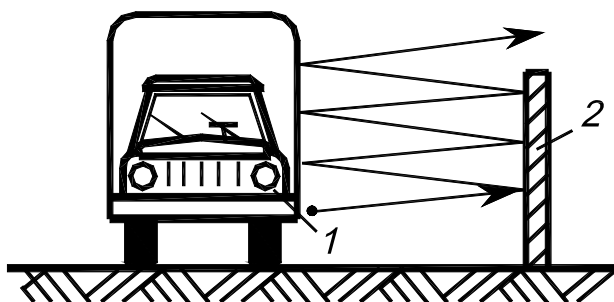


Рисунок 4.7 - Схема переотражений отражающего АЭ без звукопоглощения:

1 – источник шума; 2 – отражающий экран

Для рассмотрения АЭ используются все три теории акустики.

Геометрическая рассматривает условно звук в виде лучей, ее основы взяты из оптики, поэтому теория носит название оптико-геометрической теории. Этот подход наиболее распространен, но требует ряда допущений (бесконечный, звуконепроницаемый АЭ без учета его звукопоглощения), поэтому расчеты по этой теории зачастую расходятся с практикой.

Волновая теория рассматривает волновые процессы и применяется в численных методах. Допущения требуют строго определять границы (идеально отражающая или поглощающая поверхность), что редко достижимо на практике.

Статистическая теория рассматривает изменение звуковых полей в присутствии АЭ и позволяет учитывать многие конструктивные и др. факторы.

4.5.3 Снижение шума автотранспорта

В нашей стране одним из первых исследовал АЭ, установленные на автомобильных дорогах П.И. Поспелов. Он в основном рассмотрел АЭ, установленные на МКАД [25]. Он показал, что шум автотранспортных потоков имеет в основном низко-среднечастотный характер, что повышает требования к высоте АЭ.

Высота АЭ [53] на а/д находится, в основном, в диапазоне 3-6 м. Эффективность в среднем составляет 5-12 дБА. В различных странах имеются отличия от приведенных значений, например, в Италии в основном высота АЭ от 3 до 5 м [54], в США нередко применяются экраны высотой 6-7 м [55], а в Австралии 5-6 м. Значения эффективности АЭ, полученные натурными испытаниями, покажем на следующих примерах.

Измеренные значения эффективности АЭ в Нидерландах 5-11 дБА. Выполненные в России испытания АЭ, установленных на МКАД, показали, что их эффективность колеблется от 3 до 10 дБА. В Португалии эффективность АЭ от 2 до 9 дБА.

Отметим, что понятие акустической эффективности АЭ в натуральных условиях – понятие относительное. Один и тот же АЭ может показывать различные значения эффективности для различных измерительных (контрольных) точек в зависимости от расстояния до АЭ и высоты точки измерения.

Наименее эффективны АЭ, когда а/д имеет много полос движения (8-10), защищаются здания с числом этажей более 3-4. Для дальних от АЭ полос движения его эффективность ниже, чем для ближних из-за разницы угла дифракции. В этих случаях для повышения эффективности АЭ устанавливается малый АЭ в центре а/д [56].

Для изготовления АЭ используются бетон, алюминий, сталь, дерево и пластмассы для прозрачных вставок.

4.5.4 Методы расчёта с учётом шумозащитного экрана

Основными параметрами, влияющими на акустическую эффективность экрана, являются его габаритные размеры – длина и высота. Определение длины шумозащитного экрана производилось исходя из условия достижения нормативных значений уровней шума в начале и конце защищаемого объекта. Длина шумозащитного экрана определялась из трех характерных участков: в начале нормируемого объекта, в середине, и в конце. Критерием выбора протяженности начального и конечного участка шумозащитного экрана служит расстояние зоны акустического дискомфорта. Длина данных участков определялась из условия обеспечения достижения расстояния превышающего величину зоны акустического дискомфорта от неэкранированного участка пути автомобильной дороги до ближайшей точки нормируемой территории. Концом начального участка шумозащитного экрана являлась точка его пересечения с перпендикуляром, опущенным от начальной точки жилой застройки на линию ближайшего оси пути. Центральный характерный участок представлял собой отрезок шумозащитного экрана, заключенный между перпендикулярами, опущенными на ось ближайшего проектируемого пути. Длина конечного шумозащитного экрана определялась по вышеописанной методике выбора начального характерного участка.

Высота каждого участка пути определяется исходя из условия достижения нормативных значений зоны акустического дискомфорта за шумозащитным экраном.

Рассмотрим два метода расчёта эффективности шумозащитного экрана:

- Расчет эффективности экрана по формуле Маекавы;
- Затухание из-за экранирования по методике ГОСТ 31295.2-2005 [36].

4.5.5 Расчет эффективности экрана по формуле Маекавы

Расчет эффективности экрана выполнен по формуле Маекавы:

$$\Delta L = 10 \lg(20N), \text{ дБ} \quad (4.2)$$

где N – число Френеля, представляющее зависимость между разностью хода (δ) и длиной волны (λ); расстояния a , b , и c .

$$N = \delta \frac{2}{\lambda} \quad (4.3)$$

Разность длин путей звукового луча определялась по формуле 4.4:

$$\delta = (a + b) - c \quad (4.4)$$

где: a – кратчайшее расстояние между акустическим центром источника шума и верхней кромкой экрана, м;

b – кратчайшее расстояние между расчетной точкой и верхней кромкой экрана, м;

c – кратчайшее расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м.

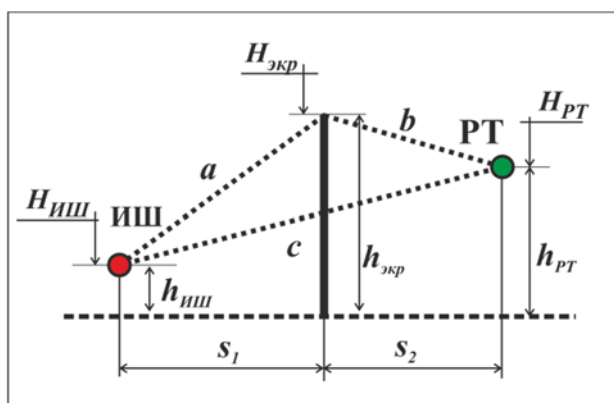


Рисунок 4.8 - Принципиальная расчетная схема снижения уровня звука экраном.

$h_{ИШ}$ – высота источника шума над поверхностью проезжей части; $h_{экр}$

– высота экрана;

$h_{РТ}$ – высота расчетной точки над поверхностью земли;

$H_{ИШ}$ - отметка источника шума;

$H_{экр}$ - отметка верха экрана;

$H_{РТ}$ - отметка расчетной точки

Расстояния a , b и c определяют с точностью до сотых долей метра по формулам 4.5:

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{s_1^2 + (h_{экр} - h_{ИШ})^2}, \\ b &= \sqrt{s_2^2 + (h_{экр} - h_{РТ})^2}, \\ c &= \sqrt{(s_1 + s_2)^2 + (h_{РТ} - h_{ИШ})^2}, \end{aligned} \quad (4.5)$$

где $h_{ИШ}$ - высота источника шума над уровнем проезжей части, м;

$h_{экр}$ - высота экрана, м;

$h_{РТ}$ - высота расчетной точки над уровнем земли, м.

S_1 - расстояние от источника шума до экрана, м;

S_2 - расстояние от экрана до расчетной точки, м.

4.5.6 Затухание из-за экранирования по методике ГОСТ 31295.2-2005

В данном источнике выдвинуты следующие требования к объекту, чтобы считать его барьером или экранирующим препятствием:

- поверхностная плотность объекта должна быть не менее 10 кг/м^2 ;
- поверхность его сплошная, без разрывов и больших отверстий.
- горизонтальный размер экрана в направлении, перпендикулярном к линии, соединяющей источник и приемник, более длины звуковой волны λ с частотой, равной среднегеометрической частоте октавной полосы, т.е. $l_l + l_r > \lambda$ (рисунок 4.9).

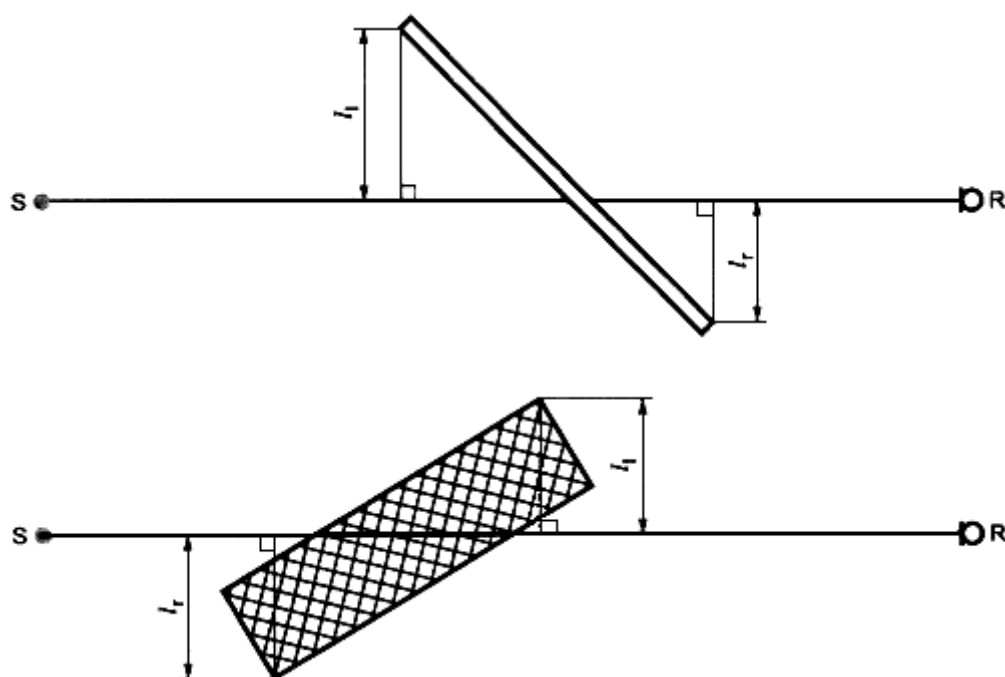


Рисунок 4.9 - Вид сверху на два экрана между источником шума S и приемником R

Затухание на верхней кромке рассчитывается по формуле 4.6.

$$A_{\text{bar}} = D_z - A_{\text{gr}} > 0 \quad (4.6)$$

Затухание на вертикальных кромках рассчитывается по формуле 4.7.

$$A_{\text{бар}} = D_z > 0 \quad (4.7)$$

где D_z - затухание на экране для каждой октавной полосы частот, рассчитываемое по формуле (4.7);

$A_{\text{гр}}$ - затухание из-за влияния земли при отсутствии экрана.

Значение $A_{\text{гр}}$ рассчитывают по 7.3.[36]

При расчете затухания на экране D_z предполагают, что имеется один основной путь распространения звука от источника шума к приемнику. Если данное предположение недействительно, то следует выполнить расчет для разных путей распространения звука и определить суммарный результат как среднеквадратичное значение.[36]

Затухание на экране D_z , дБ, для данного пути рассчитывают по формуле 4.8.

$$D_z = 10 \lg [3 + (C_2 / \lambda) C_3 z K_{\text{мет}}], \quad (4.8)$$

где C_2 - константа, учитывающая эффект отражения от земли ($C_2 = 20$). Если в особых случаях (твердый грунт, скальные породы и т.п.) во внимание принимают отражение от земли звука мнимых источников, то $C_2 = 40$;

C_3 - константа, учитывающая дифракцию на верхних кромках. При дифракции на одной кромке (рисунок 4.10) $C_3 = 1$. При дифракции на двух кромках (рисунок 4.11) константу рассчитывают по формуле 4.9.

$$C_3 = [1 + (5\lambda/e)^2] / [(1/3) + (5\lambda/e)^2], \quad (4.9)$$

где λ - длина звуковой волны с частотой, равной среднегеометрической частоте октавной полосы, м;

z - разность длин путей распространения звука через дифракционную кромку (кромки) и прямого звука, рассчитанных по формулам (4.9) и (4.10), м;

K_{met} - коэффициент, учитывающий влияние метеорологических условий, определяемый по формуле (4.11);

e - расстояние между дифракционными кромками (рисунок 4.10).

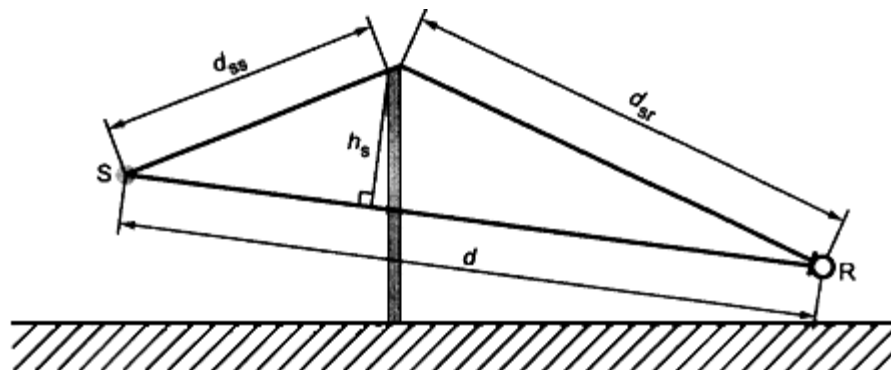


Рисунок 4.10 - Геометрические величины для определения разности длин путей распространения звука при дифракции на одной кромке

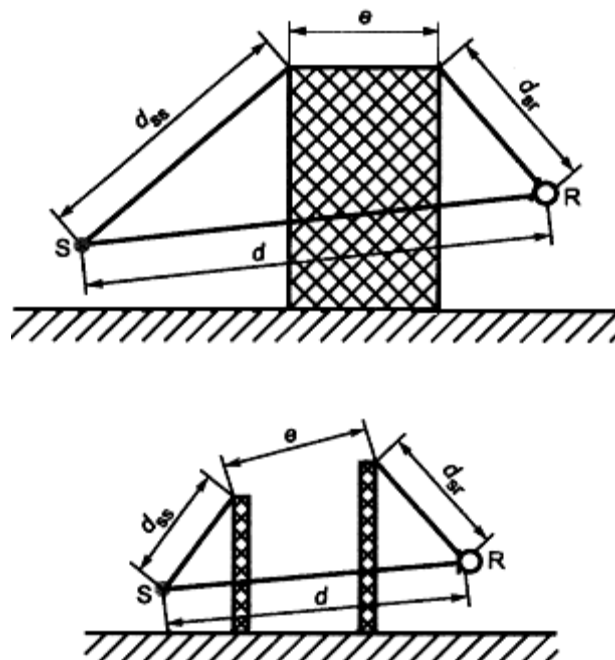


Рисунок 4.11 - Геометрические величины для определения разности длин путей распространения звука при дифракции на двух кромках

При дифракции на одной кромке (рисунок 4.10) разность длин путей распространения звука z , м, рассчитывают по формуле 4.10.

$$z = [(d_{ss} + d_{sr})^2 + \alpha^2]^{1/2} - d, \quad (4.10)$$

где d_{ss} - расстояние от источника шума до дифракционной кромки (до первой дифракционной кромки в случае дифракции на двух кромках), м;

d_{sr} - расстояние от дифракционной кромки (от второй дифракционной кромки в случае дифракции на двух кромках) до приемника, м;

α - проекция на кромку экрана траектории распространения звука от источника к приемнику через верхнюю кромку экрана, м.

Если линия, соединяющая источник шума S и приемник R , проходит над верхней кромкой экрана, то значению z приписывают знак минус.

При дифракции на двух кромках (рисунок 4.11) разность длин путей z рассчитывают по формуле 4.11.

$$z = [(d_{ss} + d_{sr} + e)^2 + \alpha^2]^{1/2} - d. \quad (4.11)$$

Коэффициент $K_{\text{мет}}$ в формуле (4.8) рассчитывают по формулам 4.12.

$$K_{\text{мет}} = \exp[-(1/2000)\sqrt{d_{ss}d_{sr}d/(2z)}] \text{ для } z > 0; \quad (4.12)$$

$$K_{\text{мет}} = 1 \text{ для } z \leq 0.$$

Затухание на экране D_z в любой октавной полосе частот не следует принимать более 20 дБ в случае дифракции на одной кромке (тонкие экраны) и 25 дБ в случае дифракции на двух кромках (толстые экраны).

В программном комплексе АРМ Акустика, где производилось моделирование объектов измерений реализован второй метод по ГОСТ 31295.2-2005. Также он является предпочтительнее, т.к. учитывает большее количество факторов, что должно сократить влияние метода расчёта экранирующего эффекта, на результат оценки эффективности шумозащитных экранов при учёте распределение по полосам.

4.5.7 Общие сведения

Так как наибольшую точность при расчёте шумовой характеристики автомобильного потока показал метод представленный в книге Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» [23], то при сравнительных расчётах с шумозащитным экраном будет учитываться шумовые характеристики, полученные по данной методике.

4.5.8 Киевское шоссе (6 полос)

Первым моделируемым объектом стал участок 6-и полосной дороги с установленным шумозащитным экраном, проходящей в обход г. Гатчина (Киевское ш.). Для расчёта были выбраны расчётных точки на удалении, от середины крайней полосы на 7.5, 25, 50 и 100 метров.

Результаты расчёта шумовой характеристики для каждой из полос движения, проезжих частей и единого источника представлены в Приложении В.

Расчётная схема, реализованная в программном комплексе, представлена на Рисунке 4.12

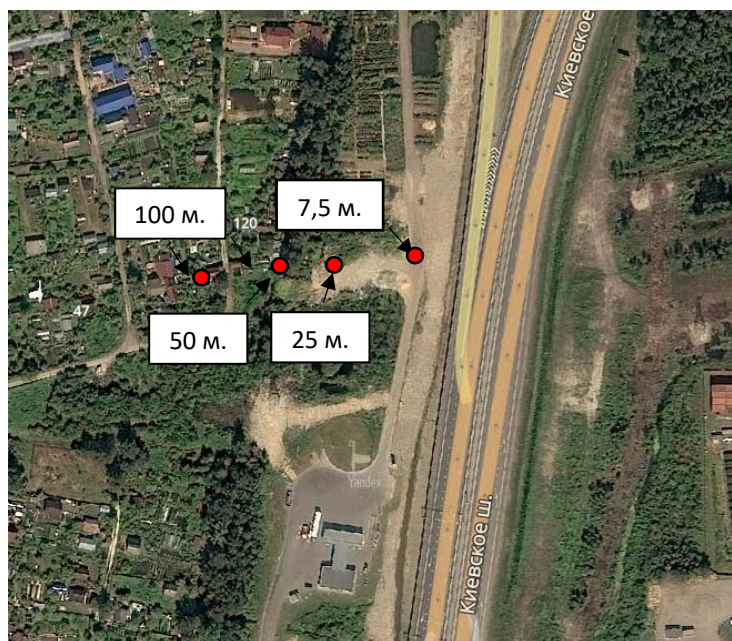


Рисунок 4.12 – Схема проведения расчётов Киевское ш.

Результаты, полученные в результате расчётов представлены в Таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Уровни звука полученные по формуле Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая ПЧ			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
60	63	25	62	65	2	2	64	66	4	3	69	76	9	13
59	64	50	60	65	1	1	62	67	3	3	63	66	4	2
58	61	100	56	61	2	0	59	65	1	4	60	66	2	5

При расчёте шума с учётом шумозащитного экрана от источника с разделением полос движения сходимость с экспериментальными данными значительно выше, чем расчёте от единого источника шума.

4.5.9 Кольцевая автомобильная дорога в районе п. Торики (6 полос)

Вторым моделируемым объектом стал участок 6-и полосной дороги с установленным шумозащитным экраном, проходящей в районе п. Торики (Кольцевая автомобильная дорога (КАД 82 км.)). Для расчёта были выбраны расчётные точки на удалении, от середины крайней полосы на 7,5, 25, 50 и 100 метров.

Результаты расчёта шумовой характеристики для каждой из полос движения, проезжих частей и единого источника представлены в Приложении В.

Расчётная схема, реализованная в программном комплексе, представлена на Рисунке 4.13



Рисунок 4.13– Схема проведения расчётов КАД (п. Торики)

Результаты, полученные в результате расчётов представлены в Таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Уровни звука полученные по формуле Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»											
L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая ПЧ			
			L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА	Расхождение		L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА	Расхождение		L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА	Расхождение	
					L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА			L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА			L _{экв} , 7,5 дБА	L _{макс} , 7,5 дБА
62	67	25	63	65	1	2	64	69	2	2	65	71	3	4
61	66	50	62	64	1	2	63	68	2	2	64	70	3	4
62	70	25	63	68	1	2	66	70	4	0	66	74	4	4
61	66	50	62	67	1	1	65	68	4	2	65	71	4	5

При расчёте шума с учётом шумозащитного экрана от источника с разделением полос движения сходимость с экспериментальными данными значительно выше, чем расчёте от единого источника шума.

4.5.10 Кольцевая автомобильная дорога в районе п. Новоселье (6 полос)

Третьим моделируемым объектом стал участок 6-и полосной дороги с установленным шумозащитным экраном, проходящей в районе п. Новоселье (Кольцевая автомобильная дорога (КАД 86 км.)). Для расчёта были выбраны расчётные точки на удалении, от середины крайней полосы на 7.5, 25, 50 и 100 метров.

Результаты расчёта шумовой характеристики для каждой из полос движения, проезжих частей и единого источника представлены в Приложении В.

Расчётная схема, реализованная в программном комплексе, представлена на Рисунке 4.14



Рисунок 4.14 – Схема проведения расчётов КАД (п. Новоселье)

Результаты, полученные в результате расчётов представлены в Таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Уровни звука полученные по формуле Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»

Измерения		Расстояние до ИШ, м	Осипов Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика»											
$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА		По полосам				Две проезжие части				Единая ПЧ			
			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение		$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА	Расхождение	
					$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА			$L_{\text{экв}},$ 7,5 дБА	$L_{\text{макс}},$ 7,5 дБА
62	67	25	63	68	1	1	65	71	3	4	70	80	8	13
61	66	50	62	67	1	1	66	70	5	4	67	77	6	11
62	70	25	63	72	1	2	65	74	3	4	70	86	8	16
61	66	50	62	67	1	1	66	70	5	4	67	77	6	11

Вывод по главе

1. Проверка теории, о влияние распределения автотранспортного потока по полосам на расчётную характеристику, показала, что получаемые результаты с распределение по полосам и единым источником аналогичны или отличаются на 2 дБА, что свидетельствует, об отсутствие необходимости учёта распределения по полосам при расчёте шумовой характеристики, но выдвинуто предложение, о возможности использования учёта распределения по полосам при расчёте шума автотранспорта с учётом шумозащитного экрана, т.к. наиболее шумными являются крайние полосы движения, по причине движения по ним грузового автотранспорта.

2. В результате проверки первой теории была выявлена необходимость поиска иного пути решения завышенных уровней шума получаемых в результате расчёта. Было выдвинуто предположение, что завышенные уровни шумовой характеристики автомобильного потока, получаемые расчётным путём, относительно натурных измерений, вызваны изменением состава автомобильного потока. По всей видимости, завышенные уровни шумовой характеристики связаны, с изменением шумности транспортных средств, с каждым годом выпускаемые автомобили становятся всё более тихими, что в свою очередь снижает шумность всего потока. Был проведен анализ нормативной документации, позволяющей определить изменение шума отдельных автотранспортных средств. Анализ показал, что допустимые уровни шума базовых моделей за последние 30 лет в среднем изменились на 10 дБА, что равняется получаемым расхождениям измеренных значений и получаемых расчётным путём.

3. Проверка учёта распределение транспортного потока по полосам, при расчёте с учётом шумозащитного экрана показала, увеличение сходимости результатов измерений с уровнями получаемыми в результате расчётов.

4. В результате расчёта было выявлено, что на уровень звука на удалении 7,5 метров, основное влияние оказывают близлежащие полосы, можно предположить, что для определения шумовой характеристики многополосной дороги, можно учитывать шумовую характеристику трех близлежащих полос движения.

Заключение

1. Объектом исследования являлись автомобильные дороги, в работе было исследовано состояние вопроса, шума автомобильного потока.

Была поставлена задача по анализу существующих методик расчёта шума автомобильного потока, проведение экспериментальных исследований, с целью их сравнения, выявления причин расхождения и вывода новой уточняющей методики расчёта.

Для анализа были выбраны следующие методы расчёта:

- Первый метод из СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [20];
- Второй метод из СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [20];
- Метод из ОДМ 218.2.013.2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам» [31];
- Методика из документа «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» Осипов Г.Л [23];
- Подход, изложенный в работе «Борьба с шумом на автомобильных дорогах» Пospelов П.И [24];
- Методика из диссертации Мининой Н.Н [25].

2. Проведя расчёты по представленным выше методам, можно сделать вывод о большом расхождении получаемых расчётных значений, до 20 дБА по эквивалентному уровню звука и до 11 дБА по максимальных при прочих равных исходных данных.

В работе [30] было проведено сравнение измеренных значений и расчётных; было выявлено значительное расхождение расчётных значений с

измеренными. Наибольшую сходимость с экспериментальным показали две методики. По формуле 7 СП 276.1325800.2016 и по формуле, представленной в книге «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» Осипова Г.Л., но даже они дают завышенные уровни и расхождение с натурными измерениями до 8-10 дБА.

Заметим, что расчётные формулы были получены несколько десятилетий назад. Формулы, представленные в литературных источниках, были опубликованы в 1981 г. П.И. Поспелов «Борьба с шумом на автомобильных дорогах» и в 1993 г. Осипова Г.Л. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика». А формулы, представленные в действующей нормативной документации, основываются или полностью дублируют на литературные источники упомянутые ранее, которые в свою очередь были выведены более 25 лет назад.

По всей видимости, завышенные уровни шумовой характеристики связаны, с изменением шумности транспортных средств, с каждым годом выпускаемые автомобили становятся всё более тихими, что в свою очередь снижает шумность транспортного потока. Формулы, представленные в действующей нормативной документации и литературных источниках, являются уже не актуальными и требуют уточнения, с учётом современного состава транспортного потока. Второй возможной причиной расхождения натурных измерений с результатами расчётом может являть неясность с выбором акустического центра и отсутствием учёта распределения транспорта по полосам на многополосных магистралях являющимися, основными источниками повышенного шума.

Было выдвинуто предположение, что автомобильный поток не распределен равномерно по всем полосам движения (при наличии более 2 полос в каждую сторону) и грузовой автотранспорт движется ближе к правым полосам по ходу движения, т.к. в соответствии с п. 9.4 ПДД в населенных пунктах вводится ограничение для грузовых автомобилей с разрешенной максимальной массой более 2,5 тонн. На дорогах с тремя полосами и более

такие грузовики могут занимать крайнюю левую полосу только для поворота налево и разворота. Вне населенных пунктов водители всех автомобилей не должны занимать левые полосы при свободных правых, т.е. грузовой автотранспорт должен в первую очередь двигаться по крайней правой полосе. И только в случае, если правая полоса занята, можно занимать вторую и последующие полосы. А при движении по автомагистрали в соответствии с п. 16.1 на автомагистралях грузовики категории С (более 3,5 тонн) могут двигаться только по двум правым полосам. Выезжать на остальные полосы они не могут ни при каких условиях.

В данной работе предложено решение с целью уточнение шумовой характеристики с использованием действующей нормативной документации с учётом параметров и предположений, описанных выше. Также учёт распределения потока по полосам может позволить точнее определять акустическую эффективность шумозащитных экранов, из-за учёта распределения энергии по полосам в таком случае.

3. Как видно из результатов измерений интенсивности по полосам грузовой автотранспорт в момент измерений соблюдал требования ПДД и осуществлял движения только по двум крайним полосам. Для проверки теории, о том, что при учете распределения по полосам и использование существующих формул, можно увеличить точность расчета, необходимо провести моделирование измеренных участков с разделением потока на полосы, проезжие части и для одиночного источника.

Экспериментально установлено, что уровень звука незначительно изменяется при изменении числа полос движения, при прочих равных факторах.

Эксперименты подтвердили основную гипотезу, применяемую для расчётов эквивалентного уровня звука транспортных потоков, о линейном характере транспортного потока, как источника шума, т.к. затухание с удвоением расстояния в среднем составило 3-4 дБА.

4. Проверка теории, о влияние распределения автотранспортного потока по полосам на расчётную характеристику, показала, что получаемые результаты с распределение по полосам и единым источником аналогичны или отличаются на 2 дБА, что свидетельствует, об отсутствие необходимости учёта распределения по полосам при расчёте шумовой характеристики, но выдвинуто предложение, о возможности использования учёта распределения по полосам при расчёте шума автотранспорта с учётом шумозащитного экранна, т.к. наиболее шумными являются крайние полосы движения, по причине движения по ним грузового автотранспорта.

В результате проверки первой теории была выявлена необходимость поиска иного пути решения завышенных уровней шума получаемых в результате расчёта. Было выдвинуто предположение, что завышенные уровни шумовой характеристики автомобильного потока, получаемые расчётным путём, относительно натурных измерений, вызваны изменением состава автомобильного потока. По всей видимости, завышенные уровни шумовой характеристики связаны, с изменением шумности транспортных средств, с каждым годом выпускаемые автомобили становятся всё более тихими, что в свою очередь снижает шумность всего потока. Был проведен анализ нормативной документации, позволяющей определить изменение шума отдельных атотренспортных средств. Анализ показал, что допустимые уровни шума базовых моделей за последние 30 лет в среднем изменились на 10 дБА, что равняется получаемым расхождением измеренных значений и получаемых расчётным путём.

Проверка учёта распределение транспортного потока по полосам, при расчёте с учётом шумозащитного экрана показала, увеличение сходимости результатов измерений с уровнями получаемыми в результате расчётов.

В результате расчёта было выявлено, что на уровень звука на удаление 7,5 метров, основное влияние оказывают близлежащие полосы, можно предположить, что для определения шумовой характеристики многополосной

дороги, можно учитывать шумовую характеристику трех близлежащих полос движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марков, С.Б. Оценка максимальных уровней звука, создаваемых транспортным потоками, на основе экспериментальных исследований / С.Б. Марков, Пшенин В.Н., Пименов И.К. // II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2009. – С. 467 – 476.;

2. Мутовкин, С.А. Уточнение методов расчета эквивалентных уровней звука транспортных потоков на многополосных автомагистралях / С.А. Мутовкин., Пшенин В.Н., Марков С.Б. // II Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2009. – С. 477- 481.;

3. Иванов, Н.И. Проблема защиты населения от повышенного шума / Н.И. Иванов, М.В. Буторина, Н.Н. Минина // III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2011. – С. 12 – 22.;

4. Malcolm J. Crocker. Introduction to community noise and vibration prediction and control / Malcolm J. Crocker // III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2011. – С. 33 – 58.;

5. Марков С.Б. Влияние местных условий на определение эффективности шумозащитных экранов на месте их установки / С.Б. Марков // III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2011. – С. 345 – 352.;

6. Асминин В.Ф. Использование экранирующего эффекта сооружений остановочных пунктов общественного транспорта для снижения шума в жилой застройке городов / В.Ф. Асминин, У.Ф. Корда // III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2011. – С. 613 – 620.;

7. Волкодаева М.В. Химическое и шумовое воздействия автотранспорта на окружающую среду на примере автомагистралей г. Санкт-Петербурга / М.В. Волкодаева, А.В. Левкин // III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2011. – С. 687 – 691.;

8. Жигаев Д.С. Гигиеническая характеристика шума в условиях г. Владивостока / Д.С. Жигаев, В.Ю. Ананьев, П.Ф. Кику // III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Защита населения от повышенного шумового воздействия. – 2011. – С. 709 - 711.;

9. Иванов Н.И. Проблема шума в Российской Федерации: «кто виноват?» и «что делать?» / Н.И. Иванов // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 14-35.;

10. Цукерников И.Е. Современные методы расчёта шума транспортных потоков / И.Е. Цукерников // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 36 - 51.;

11. Поспелов П.И. Методическое обеспечение проектирования / П.И. Поспелов, В.И. Пуркин, Б.А. Щит, Д.С. Пасулько, И.Л. Шубин, И.Е. Цукерников // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 105 - 115.;

12. Luzzi Sergio. Noise Mapping and Action Plans for transport noise reduction and control in cities / Sergion Luzzi // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 146 - 162.;

13. Бенов Д.М. Детальное моделирование характеристики шума транспортного потока на автомагистралях / Д.М. Бенов, М.Г. Маждраков, Н.Д. Николов, Й.Л. Тошков // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 477 - 482.;

14. Лёвкин А.В. Об учете воздействия автотранспортных потоков при планировании размещения жилых зданий и территорий жилой застройки / А.В. Лёвкин, М.В. Волкодаев, К.В. Демина // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 572 - 577.;

15. Смирнов Ю.Ю. Обоснование управленческих решений по снижению акустической нагрузки на население от автотранспорта / Ю.Ю. Смирнов, Е.И. Дроздова // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 639 - 647.;
16. Князев Д.А. Акустическое воздействие в закрытых надземных пешеходных переходах / Д.А. Князев, Ю.И. Элькин // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – 2013. – С. 698 - 703.;
17. ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. – Введ. 2015-01-07. - М.: Стандартинформ, 2015.;
18. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – Введ. 2011-20-05. – М.: ОАО "ЦПП", 2011.;
19. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – Введ. 2005-22-11. – М.: Стандартинформ, 2006.;
20. СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. – Введ. 2017-04-06. - Официальный сайт Минстроя РФ <http://www.minstroyrf.ru/> (по состоянию на 21.03.2017);
21. ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. – Введ. 2015-01-07. - М.: Стандартинформ, 2015.;
22. ГОСТ Р 41.51-2004 Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом. – Введ. 2015-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.;

23. Осипов Г.Л. Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика / Г.Л. Осипов, В.Е. Коробков, А.А. Климухин и др.– М.: Стройиздат, 1993.;
24. Поспелов П.И. Борьба с шумом автомобильных дорог. / П.И. Поспелов. – Издательство «Транспорт», 1981.;
25. Минина Н.Н. Снижение шума при строительстве автомобильных дорог [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. док. тех. наук (01.04.06) / Наталия Николаевна Минина. – Санкт-Петербург, 2006.;
26. ГОСТ 27436-87 Внешний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений. – Введ. 1989-01-01. - М.: Издательство стандартов, 1988.;
27. ГОСТ Р 41.51-99 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом. – Введ. 2000-01-07. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.;
28. ГОСТ Р 41.51-04 Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом. – Введ. 2005-01-01. - М.: Издательство стандартов, 2004.;
29. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (с Изменением N 1) . – Введ. 2013-01-07. - М.: Госстрой России, 2013;
30. Васильев В.А. Сравнение шумовых характеристик автотранспортных потоков, полученных расчётным путем и в результате натурных измерений / В.А. Васильев // Сборник трудов Третьей Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. Акустика среды обитания. – 2018. – с. 54 -59.;
31. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. – Введ. 2012-12-26, 2012;

32. ГОСТ Р 53187-2008 Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий. – Введ. 2009-12-01. – М.: Стандартиформ, 2009 ;
33. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – Введ. 31-10-1996. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997;
34. Европейское руководство по контролю ночного шума. Всемирная организация здравоохранения. 2014.
35. О правилах дорожного движения (с изменениями на 4 декабря 2018 года). – Введ. 01-07-1994. - Библиотечка "Российской газеты", N 1, 2003;
36. ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996). – Введ. 01-01-2007. - М.: Стандартиформ, 2006;
37. Arenas Jorge P. Use of Barriers: Handbook Noise and Vibration Control/ Ed. by Malcolm J. Crocker. –J.Willy&Sons Inc., 2007. pp. 714-724.
38. Иванов Н.И., Семенов Н.Г, Тюрина Н.В и др. Испытания акустических экранов в натурных условиях. Сборник трудов III научно-практической конференции с международным участием, «Защита населения от повышенного шумового воздействия», СПб, 22-24 марта 2011 г., -с. 555-562.
39. Иванов Н.И., Семенов Н.Г., Тюрина Н.В. Акустические экраны для снижения шума в жилой застройке. Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности», апрель №4, 2012, с. 1-24.
40. Иванов Н.И., Тюрина Н.В. Акустические экраны и экранирующие сооружения: в кн. Иванов Н.И. «Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом» -М.: Логос, 2010. -с 213-238.
41. Шумозащитные стенки в США. A sound solution. Sorvig Kim. Planning (VS A Schallschutzwand fur Verkehrswege: Заявка 19938676. Т 2001. 67, №4, с. 10-15.
42. K.R. Fyfe, C.C. Harrison, L. Cremers. Performance of barriers and berms for road noise attenuation. 15th International Congress on Acoustics, Trondheim, Norway 26 – 30, June 1995.

43. Иванов Н.И., Зюзликова Н.В., Самойлов М.М. Экспериментальные и теоретические исследования малых акустических экранов на рабочих местах/ Докл. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности и экологии», 14-16 октября; 1996, СПб.: БГТУ, 1996. –с 181-185.
44. Kai Johansen, Michael Möser. The influence of the surface of small barriers on the sound reflection efficiency of Shroud-Barrier combination. Fourth Int. congress of Sound and Vibration, June 24-27, 1996, St. Petersburg, Russia, pp. 2623-2630.
45. О расчете уровней шума в рабочей зоне операторов металло- и деревообрабатывающего оборудования. Гергерт В. А., Месхи Б. Ч., Чукарин А. Н., Цветков В. М. Вести. Дон. гос. техн. ун-та. 2004. 4, № 1, с. 92-97, с 29, (РЖ «Шум», №2, 2006, 06.02-99.312).
46. Минина Н.Н., Бобровских В. П. Опыт снижения шума при строительстве транспортных объектов. Сборник докладов международной научно-практической конференции «Применение акустических экранов для снижения шума и увеличение безопасности движения поездов», М, 14 дек. 2006г., М.: БГТУ, -с 112-115.
47. Гусев В.П., Шубин И.Л. Решения защиты от шума оборудования систем кондиционирования воздуха, охлаждения и воздушного отопления. Academia/ Архитектура и строительство, М.: НИИСФ РААСН, 2009. –с. 257-266.
48. Иванов Н.И., Тюрина Н.В. и др. Снижение шума вентиляционных установок акустическими экранами. «Новое в теоретической и прикладной акустике», Труды семинара 17-18 октября 2002 г. / Под ред. Н.И. Иванова, СПб.: БГТУ, - с. 417-428.
49. Wolfgang. HLH: Hei-zung. Luftung Klima, Hauatechn. 2001. 52, № 9, с 22. 107 Противозумное ограждение площадки для наземных испытаний авиационных ГТД в аэропорту. (Stable flow enhancements for ground runup

enclosure). Патент 6016888 США. МПК7 В 64 F 1/26. Lynn Christopher № 08/963214,; Заявл. 03.11.1997; Оpubл. 25.01.2000; НПК 181/218.

50. Теплозащитный и шумоотражающий экран с комплексным покрытием для выпускного трубопровода автомобиля. Ecran de protection thermique et acoustique comprenant un complexe cousu: Заявка 2860036 Франция, МПК7 F 01 N7/00, F 01 N 7/14. Centre d'etudes et recherche pour l'automobile (Cera) Soc. SAS, Merrien Raphael. № 0350598; Заявл. 24.09.2003; Оpubл. 25.03.2005. (Французский).

51. Маева З. Акустические экраны: в кн. «Снижение шума в зданиях и жилых районах» / под ред. Г.Л. Осипова и Е.Я. Юдина, М.: Стройиздат, 1987. -с 426-447.

52. Поспелов П.И. Прогнозирование и расчет транспортного шума и средств защиты при проектировании автодорог: автореф. дис. на соискание ученой степени док. техн. наук. М.: МАДИ, 2003.

53. Daigle Grilles A. Report by the International Institute of Noise Control Engineering Working Party of the Effectiveness of Noise Walls, Noise/ News, vol. 7, N3, 1999. -pp 139-160.

54. Шумозащитные экраны на дорогах. (Larmschutzanlagen aus Recycling Produkten.) Заявка 4030270 ФРГ. МКIf F 01 F 8/00, В 09 В 3/00. Unterlander R.. N 40302709, Заявл. 25.09.90; Оpubл. 26.03.92. с 13, (РЖ «Шум», №2, 1994, 2.98.0237-П)

55. Towards a Comprehensive Noise Strategy/ European Parliament Study, 2012. -82p.

56. Малюжинец Г.Д. Формула обобщения для интеграла Зоммерфельда //ДАН СССР. -1958. -т.118. -(6). -с. 1099.

57. Возможности снижения уровней вредных воздействий автомобильного транспорта на окружающую среду в городах. (Lokale Null-Emission ist moglich.) Werner, H., Fordertechnik, 1995, 64, (5), 76, (РЖ «Шум», №2, 1997, 2.99.0281).

58. Перспективы использования электромобилей и экология. (Elektromobile. Solarstromtechnik.) Elektrotechn und Informationstechn., 1994, 111, (9), 478-479, (РЖ «Шум», №2, 1997, 2.99.0281).
59. Иванов Н.И. Инженерная акустика: Теория и практика борьбы с шумом: учебник. -М.: Университетская книга, Логос, 2008.-424с.
60. Возможности снижения шума на типах покрытий из плотных смесей. (Larmmindernde dichte Fahrbahnbeläge.) Nies, V., Forsch. Strassenbau und Strassenverkehrstechn., 1994, (648), 1-147, (РЖ «Шум», №4, 1995, 4.98.0525).
61. Репрезентативный спектр шума от дорожного транспорта. (Representative spectrum of road traffic noise.) Makarewicz R., Sato Y., J. Acoust. Soc. Jap. E., 1996, 17, (5), 249-254, (РЖ «Шум», №4, 1997, 4.99.0564).
62. Шумы и вибрации, вызываемые транспортными средствами. Noises and vibrations due to vehicles. Silas. Gheorghe, Brindeu Liviu, Toader Mihai, Bacria Vasile, Herisanu Nicolae, Chiriac Adrian. Proceedings of the 6th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, 9-11 Nov., 1998: VSDIA'98. Budapest: Techn. Univ. Budapest. [1998], 513-518, (РЖ «Шум», №4, 2000, 01.12-99.485).
63. Источники транспортного шума. Characterisation des sources sonores d'ongine rontiere pour le milieu urbain. Gaulin D., Berengier M. Bull. lab. Fonts et Chaussees. 1999, № 222, 71-84, 94, 96, 98, (РЖ «Шум», №4, 2000, 01.12-99.485).
64. Тольский В. Е. Проблема снижения внешнего шума автомобилей отечественного производства. Научно-техническая конференция «Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса»: Москва, 4-5 февр., 2003: Тезисы докладов. М.: Изд-во МАДИ. 2003, с. 121-122, (РЖ «Шум», №2, 2007, 07.02-151).
65. Распространение шума дорожного движения на дальние расстояния. М.К.Беренгир, Тр. междунар. конф. по борьбе с шумом и

вибрацией «Noise-93», Санкт-Петербург, 31 мая - 3 июня, 1993, Тез. докл., Том 4, с. 143-148, (РЖ «Шум», №2, 1994, 2.98.0202).

66. Шубин И.Л. Опыт снижения шума в г. Москве. Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием «Защита населения от повышенного шумового воздействия», СПб.:2006,с. 58-65.

67. Выбоины и дорожный шум. Ornierage, bruit hi lan des etudes ASF A et perspectives. Caroff Gilbert.\ Spemol Alexandra. Rev. gen. routes et aerodr. 2000, Hors serie N1. 106-108, (РЖ «Шум», №4, 2000, 01.12-99.485).

68. Исследование и пути снижения шума при движении автомобиля по мосту. (Open grid bridge noise from grid and tire vibrations.) Cuschieri J. M., Gregory S., Tournour M., J. Sound and Vibr.,1996, 190, (3), 317-343, , (РЖ«Шум»,№6, 1997,6.99.0874).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Марков С.Б. Оценка максимальных уровней звука, создаваемых транспортным потоками, на основе экспериментальных исследований[1]			
Интенсивность, авт/ч	Скорость	Lэкв, дБА	Lмакс, дБА
100	-	32	45
150	-	33	48
250	-	34	48
400	-	36	53
800	-	38	53
1000	-	38	53
Жигаев Д.С. Гигиеническая характеристика шума в условиях г. Владивостока [8]			
10	-	52	53
20	-	53	54
60	-	50	52
60	-	57	58
180	-	55	57
600	-	65	66
2220	-	72	73
2300	-	75	76
2300	-	57	58
2300	-	58	59
3000	-	68	70
3200	-	77	80
3700	-	74	76
3800	-	73	76
Цукерников И.Е. Современные методы расчёта шума транспортных потоков [10]			
3390	70	72	
3390	70	80	
463	50	71	
452	50	66	
372	50	64	
72	30	60	
Бенов Д.М. Детальное моделирование характеристики шума транспортного потока на автомагистралях [13]			
510	100	81	
540	110	83	
820	110	83	
990	120	85	
2230	130	89	
2440	125	89	
3940	135	89	
Смирнов Ю.Ю. Обоснование управленческих решений по снижению акустической нагрузки на население от автотранспорта [15]			
1308		66	
1384		69	
1452		74	
2152		68	
2528		74	
2676		74	
Князев Д.А. Акустическое воздействие в закрытых надземных пешеходных переходах [16]			
12000		80	83
15900		82	83

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

№ пп	V, км³/ч	N, шт/ч	% от 100%	Уклон	Лагр.п.	Лагр.з.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок.	Ла.р.п.	Ла пер.	Ф.1 СП 276.1325800.2016		Ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод ОДМ 218.2.013-2011				Метод Осипова Г.Л.				Метод Поспелова П.И.				Методика Мининой Н.Н.		
									Асфальт обетон табл. 6.5 СП 276.1325		табл. 6.7 СП 276.1325 800.2016	Лаэв	Ламах	Лаэв	Ламах	Ла ск.	Ла ук.	Лаэв	Ламах	Лагр.п.	Поправка на изменение типа покрытия	Тип покрытия	Лаэв	Ламах	Лагр.з.	Ла пок. Асфальт обетон стр.45	Лаэв	Лаэв	Ламах	
1	60	1000	0	0	76	-3	0,0	0	3	0	0	76,4	76,5	65,4	76,5	0,0	0,0	76,4	76,5	68	1	0	69,0	78	0	2	76	67,5	77,5	
2	60	2000	0	0	79	-3	0,0	0	3	0	0	79,0	76,5	68,3	76,5	0,0	0,0	79,0	76,5	71	1	0	72,0	78	0	2	79	67,5	77,5	
3	60	4000	0	0	82	-3	0,0	0	3	0	0	81,7	76,5	71,1	76,5	0,0	0,0	81,7	76,5	74	1	0	75,0	78	0	2	82	67,5	77,5	
4	60	8000	0	0	84	-3	0,0	0	3	0	0	84,3	76,5	74,0	76,5	0,0	0,0	84,3	76,5	77	1	0	78,0	78	0	2	84	67,5	77,5	
5	60	1000	25	0	76	-1	0,0	0	1,5	0	0	76,9	82,5	75,2	82,5	0,0	0,0	76,9	82,5	74	1	0	75,0	88	3	1,5	79	67,5	77,5	
6	60	2000	25	0	79	-1	0,0	0	1,5	0	0	79,5	82,5	78,1	82,5	0,0	0,0	79,5	82,5	77	1	0	78,0	88	3	1,5	82	67,5	77,5	
7	60	4000	25	0	82	-1	0,0	0	1,5	0	0	82,2	82,5	80,9	82,5	0,0	0,0	82,2	82,5	80	1	0	81,0	88	3	1,5	85	67,5	77,5	
8	60	8000	25	0	84	-1	0,0	0	1,5	0	0	84,8	82,5	83,8	82,5	0,0	0,0	84,8	82,5	83	1	0	84,0	88	3	1,5	87	67,5	77,5	
9	90	1000	0	0	76	-3	2,5	0	3	0	0	78,9	82,2	67,6	82,2	2,5	0,0	78,9	82,2	68	1	0	71,5	84	0	2	79	77,5	87,5	
10	90	2000	0	0	79	-3	2,5	0	3	0	0	81,5	82,2	70,5	82,2	2,5	0,0	81,5	82,2	71	1	0	74,5	84	0	2	82	77,5	87,5	
11	90	4000	0	0	82	-3	2,5	0	3	0	0	84,2	82,2	73,3	82,2	2,5	0,0	84,2	82,2	74	1	0	77,5	84	0	2	84	77,5	87,5	
12	90	8000	0	0	84	-3	2,5	0	3	0	0	86,8	82,2	76,2	82,2	2,5	0,0	86,8	82,2	77	1	0	80,5	84	0	2	87	77,5	87,5	
13	90	1000	25	0	76	-1	2,5	0	1,5	0	0	79,4	88,2	77,4	88,2	2,5	0,0	79,4	88,2	74	1	0	77,5	94	3	1,5	82	77,5	87,5	
14	90	2000	25	0	79	-1	2,5	0	1,5	0	0	82,0	88,2	80,3	88,2	2,5	0,0	82,0	88,2	77	1	0	80,5	94	3	1,5	85	77,5	87,5	
15	90	4000	25	0	82	-1	2,5	0	1,5	0	0	84,7	88,2	83,1	88,2	2,5	0,0	84,7	88,2	80	1	0	83,5	94	3	1,5	87	77,5	87,5	
16	90	8000	25	0	84	-1	2,5	0	1,5	0	0	87,3	88,2	86,0	88,2	2,5	0,0	87,3	88,2	83	1	0	86,5	94	3	1,5	90	77,5	87,5	
17	110	1000	0	0	76	-3	3,0	0	3	0	0	79,4	85,0	68,7	85,0	2,5	0,0	78,9	85,0	68	1	0	72,0	88	0	2	79	82,5	92,5	
18	110	2000	0	0	79	-3	3,0	0	3	0	0	82,0	85,0	71,6	85,0	2,5	0,0	81,5	85,0	71	1	0	75,0	88	0	2	82	82,5	92,5	
19	110	4000	0	0	82	-3	3,0	0	3	0	0	84,7	85,0	74,4	85,0	2,5	0,0	84,2	85,0	74	1	0	78,0	88	0	2	84	82,5	92,5	
20	110	8000	0	0	84	-3	3,0	0	3	0	0	87,3	85,0	77,3	85,0	2,5	0,0	86,8	85,0	77	1	0	81,0	88	0	2	87	82,5	92,5	
21	110	1000	25	0	76	-1	3,0	0	1,5	0	0	79,9	91,0	78,5	91,0	2,5	0,0	79,4	91,0	74	1	0	78,0	98	3	1,5	82	82,5	92,5	
22	110	2000	25	0	79	-1	3,0	0	1,5	0	0	82,5	91,0	81,4	91,0	2,5	0,0	82,0	91,0	77	1	0	81,0	98	3	1,5	85	82,5	92,5	
23	110	4000	25	0	82	-1	3,0	0	1,5	0	0	85,2	91,0	84,2	91,0	2,5	0,0	84,7	91,0	80	1	0	84,0	98	3	1,5	87	82,5	92,5	
24	110	8000	25	0	84	-1	3,0	0	1,5	0	0	87,8	91,0	87,1	91,0	2,5	0,0	87,3	91,0	83	1	0	87,0	98	3	1,5	90	82,5	92,5	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

С разделением на полосы																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.1325800.2016	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.1325800.2016	Метод Ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	90	648	60	24	732	11	0	75	-2	2,5	0	1,5	0	0	74	88	70	2	0	74	88
2	90	948	0	0	948	0	0	76	-3	2,5	0	3	0	0	67	82	68	2	0	72	79
3	90	372	36	0	408	9	0	73	-2	2,5	0	3	0	0	72	88	67	2	0	71	88
4	90	444	72	60	576	23	0	74	-1	2,5	0	1,5	0	0	75	88	71	2	0	76	88
Две проезжие части																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.1325800.2016	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.1325800.2016	Метод Ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	90	1596	60	24	1680	5	0	78	-2	2,5	0	3	0	0	76	88	70	2	0	75	88
2	90	816	108	60	984	17	0	76	-2	2,5	0	1,5	0	0	76	88	73	2	0	78	88
Единый источник																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.1325800.2016	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.1325800.2016	Метод Ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	90	2412	168	84	2664	9	0	80	-2	2,5	0	3	0	0	80	88	74	2	0	79	88

С разделение на полосы																						
№ п.п	№ полосы	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок.	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
			Легковые , кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во								Асфальто бетон табл. 6.5 СП 276.13258 00.2016			Лэкв	Ламax	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лэкв	Ламax
1 измерение	1	90	24	71	0	95	75	0	67	2	3	0	1	0	0	70	88	68	2	0	72	88
	2	90	141	24	0	165	15	0	70	-2	3	0	2	0	0	68	88	64	2	0	69	88
	3	90	35	0	0	35	0	0	64	-3	3	0	3	0	0	54	82	54	2	0	59	79
	4	90	271	0	0	271	0	0	71	-3	3	0	3	0	0	62	82	63	2	0	67	79
	5	90	482	47	12	541	11	0	74	-2	3	0	2	0	0	72	88	68	2	0	73	88
	6	90	35	12	0	47	26	0	65	-1	3	0	2	0	0	65	88	61	2	0	66	88
2 измерение	1	90	71	94	0	165	57	0	70	1	3	0	1	0	0	72	88	70	2	0	74	88
	2	90	247	12	0	259	5	0	71	-3	3	0	3	0	0	68	88	62	2	0	67	88
	3	90	0	0	0	0	0	0	0	-3	3	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	4	90	376	0	0	376	0	0	73	-3	3	0	3	0	0	64	82	65	2	0	70	79
	5	90	388	24	24	436	11	0	73	-2	3	0	2	0	0	71	88	67	2	0	72	88
	6	90	12	24	12	48	75	0	65	2	3	0	1	0	0	68	88	65	2	0	70	88
3 измерение	1	90	35	59	0	94	63	0	67	2	3	0	1	0	0	70	88	67	2	0	71	88
	2	90	224	12	0	236	5	0	71	-2	3	0	3	0	0	68	88	62	2	0	66	88
	3	90	12	0	0	12	0	0	59	-3	3	0	3	0	0	49	82	49	2	0	54	79
	4	90	259	0	0	259	0	0	71	-3	3	0	3	0	0	62	82	62	2	0	67	79
	5	90	435	94	12	541	20	0	74	-2	3	0	2	0	0	74	88	70	2	0	74	88
	6	90	59	35	0	94	37	0	67	0	3	0	1	0	0	68	88	65	2	0	70	88
Две проезжие части																						
№ п.п	№ полосы	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок.	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
			Легковые , кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во								Асфальто бетон табл. 6.5 СП 276.13258 00.2016			Лэкв	Ламax	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лэкв	Ламax
1 измерение	1	90	200	95	0	295	32	0	72	-1	2,5	0	1,5	0	0	73	88	69	2	0	73	88
	2	90	788	59	12	859	8	0	76	-2	2,5	0	3	0	0	75	88	68	2	0	72	88
2 измерение	1	90	318	106	0	424	25	0	73	-1	2,5	0	1,5	0	0	74	88	71	2	0	75	88
	2	90	776	48	36	860	10	0	76	-2	2,5	0	3	0	0	75	88	70	2	0	75	88
3 измерение	1	90	271	71	0	342	21	0	72	-1	2,5	0	1,5	0	0	72	88	67	2	0	72	88
	2	90	753	129	12	894	16	0	76	-2	2,5	0	1,5	0	0	75	88	73	2	0	77	88
Единый источник																						
№ п.п	№ полосы	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок.	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
			Легковые , кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во								Асфальто бетон табл. 6.5 СП 276.13258 00.2016			Лэкв	Ламax	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лэкв	Ламax
1 измерение	1	90	988	154	12	1154	14	0	77	-2	2,5	0	1,5	0	0	76	88	72	2	0	77	88
2 измерение	2	90	1094	154	36	1284	15	0	77	-2	2,5	0	1,5	0	0	77	88	73	2	0	78	88
3 измерение	3	90	1024	200	12	1236	17	0	77	-2	2,5	0	1,5	0	0	77	88	73	2	0	78	88

С разделением на полосы																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.13258 00.2016	Латр.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	90	144	12	24	180	20	0	70	-1	3	0	2	0	0	70	88	66	2	0	70	88
2	90	288	144	0	432	33	0	73	-1	3	0	2	0	0	75	88	71	2	0	76	88
3	90	768	60	0	828	7	0	76	-2	3	0	3	0	0	74	88	67	2	0	72	88
4	90	648	0	0	648	0	0	75	-3	3	0	3	0	0	66	82	67	2	0	71	79
5	90	528	0	12	540	2	0	74	-3	3	0	3	0	0	69	88	66	2	0	70	88
6	90	684	132	0	816	16	0	76	-2	3	0	2	0	0	75	88	67	2	0	72	88
7	90	510	230	10	750	32	0	75	-1	3	0	2	0	0	77	88	73	2	0	78	88
8	90	154	9	26	189	19	0	70	-2	3	0	2	0	0	70	88	66	2	0	70	88
Две проезжие части																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.13258 00.2016	Латр.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	90	1848	216	24	2088	11	0	79	-2	2,5	0	1,5	0	0	78	88	73	2	0	78	88
2	90	1876	371	48	2295	18	0	80	-2	2,5	0	1,5	0	0	80	88	75	2	0	80	88
Единый источник																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.13258 00.2016	Латр.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	90	3724	587	72	4383	15	0	82	-2	2,5	0	1,5	0	0	82	88	78	2	0	83	88

№ п.п	№ полосы	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Лагруз.	Ла ск.	Ла ук.	Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.132580.2016	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.1325800.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.						
			Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах		
1 измерение	1	90	82	35	12	129	36	0	69	0	2,5	0	1	0	0	70	88	66,5	2	0	71	88		
	2	90	353	47	0	400	12	0	73	-2	2,5	0	1,5	0	0	71	88	66,5	2	0	71	88		
	3	90	424	12	0	436	3	0	73	-3	2,5	0	3	0	0	69	88	64,5	2	0	69	88		
	4	90	235	0	0	235	0	0	71	-3	2,5	0	3	0	0	62	82	61,5	2	0	66	79		
	5	90	259	71	12	342	24	0	72	-1	2,5	0	1,5	0	0	73	88	69,5	2	0	74	88		
	6	90	24	12	12	48	50	0	65	1	2,5	0	1	0	0	67	88	64	2	0	69	88		
2 измерение	1	90	106	59	0	165	36	0	70	0	2,5	0	1	0	0	71	88	68	2	0	73	88		
	2	90	471	47	0	518	9	0	74	-2	2,5	0	3	0	0	73	88	67	2	0	72	88		
	3	90	329	12	0	341	4	0	0	-3	2,5	0	3	0	0	68	88	64	2	0	69	88		
	4	90	129	0	0	129	0	0	69	-3	2,5	0	3	0	0	59	82	59	2	0	64	79		
	5	90	106	59	12	177	40	0	70	0	2,5	0	1	0	0	71	88	68	2	0	73	88		
	6	90	12	12	0	24	50	0	62	1	2,5	0	1	0	0	64	88	55	2	0	60	88		
3 измерение	1	90	71	24	0	95	25	0	67	-1	2,5	0	1,5	0	0	68	88	63	2	0	68	88		
	2	90	424	47	24	495	14	0	74	-2	2,5	0	1,5	0	0	73	88	67,5	2	0	72	88		
	3	90	424	12	0	436	3	0	73	-3	2,5	0	3	0	0	69	88	64,5	2	0	69	88		
	4	90	106	0	0	106	0	0	68	-3	2,5	0	3	0	0	58	82	58,5	2	0	63	79		
	5	90	224	47	0	271	17	0	71	-2	2,5	0	1,5	0	0	71	88	67,5	2	0	72	88		
	6	90	0	0	0	0	0	0	#ЧИСЛО!	-3	2,5	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0		
Две проезжие части																								
№ п.п	№ полосы	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Лагруз.	Ла ск.	Ла ук.	Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.132580.2016	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.1325800.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.						
			Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах		
1 измерение	1	90	859	94	12	965	11	0	76	-2	2,5	0	1,5	0	0	75	88	69	2	0	74	88		
	2	90	518	83	24	625	17	0	75	-2	2,5	0	1,5	0	0	74	88	71	2	0	76	88		
2 измерение	1	90	906	118	0	1024	12	0	76	-2	2,5	0	1,5	0	0	75	88	69	2	0	74	88		
	2	90	247	71	12	330	25	0	72	-1	2,5	0	1,5	0	0	73	88	70	2	0	75	88		
3 измерение	1	90	919	83	24	1026	10	0	76	-2	2,5	0	1,5	0	0	75	88	69	2	0	74	88		
	2	90	330	47	0	377	12	0	73	-2	2,5	0	1,5	0	0	71	88	65	2	0	70	88		
Единый источник																								
1 измерение	1	90	1377	177	36	1590	13	0	78	-2	2,5	0	1,5	0	0	77	88	72	2	0	77	88		
2 измерение	2	90	1153	189	12	1354	15	0	78	-2	2,5	0	1,5	0	0	77	88	73	2	0	78	88		
3 измерение	3	90	1249	130	24	1403	11	0	78	-2	2,5	0	1,5	0	0	76	88	72	2	0	77	88		

С разделением на полосы																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латгруз.	La ск.	La ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.13258	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Фд ф.7 СП 276.1325800.1		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламатх	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламатх
1	110	271	271	0	542	50	0	74	1	3,0	0	1	0	0	78	91	74	2	0	79	88
2	110	1084	97	0	1181	8	0	77	-2	3,0	0	3	0	0	77	91	71	2	0	76	88
3	110	890	0	0	890	0	0	76	-3	3,0	0	3	0	0	68	85	67,5	2	0	73	88
4	110	948	0	0	948	0	0	76	-3	3,0	0	3	0	0	69	85	68	2	0	73	88
5	110	871	310	0	1181	26	0	77	-1	3,0	0	1,5	0	0	79	91	75,5	2	0	81	88
6	110	135	97	0	232	42	0	71	0	3,0	0	1	0	0	74	91	69,5	2	0	75	88
1	110	240	280	0	520	54	0	74	1	3,0	0	1	0	0	78	91	73,5	2	0	79	88
2	110	1080	120	20	1220	11	0	77	-2	3,0	0	1,5	0	0	77	91	71,5	2	0	77	88
3	110	860	0	0	860	0	0	76	-3	3,0	0	3	0	0	68	85	67,5	2	0	73	79
4	110	1020	0	0	1020	0	0	76	-3	3,0	0	3	0	0	69	85	68	2	0	73	79
5	110	980	200	0	1180	17	0	77	-2	3,0	0	1,5	0	0	78	91	74	2	0	79	88
6	110	220	180	20	420	48	0	73	0	3,0	0	1	0	0	77	91	72,5	2	0	78	88
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латгруз.	La ск.	La ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.13258	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Фд ф.7 СП 276.1325800.1		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламатх	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламатх
1	110	2245	368	0	2613	14	0	80	-2	3,0	0	1,5	0	0	80,6	91,0	75	2	0	80,0	88
2	110	1954	407	0	2361	17	0	80	-2	3,0	0	1,5	0	0	80,8	91,0	74	2	0	79,0	88
1	110	2180	400	20	2600	16	0	80	-2	3,0	0	1,5	0	0	81,0	91,0	77	2	0	82,0	88
2	110	2220	380	20	2620	15	0	80	-2	3,0	0	1,5	0	0	80,9	91,0	77	2	0	82,0	88
Единый источник																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латгруз.	La ск.	La ук.	Ла пок. Асфальтобетон табл. 6.5 СП 276.13258	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Фд ф.7 СП 276.1325800.1		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламатх	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламатх
1	110	4199	775	0	4974	16	0	83	-2	3,0	0	1,5	0	0	83,6	91,0	79	2	0	84,0	88
2	110	4400	780	40	5220	16	0	83	-2	3,0	0	1,5	0	0	83,8	91,0	80	2	0	85,0	88

С разделением на полосы																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобет он табл. 6.5 СП 276.1325800.	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	110	300	100	0	400	25	0	73	-1	3,0	0	1,5	0	0	75	91	69	2	0	74	88
2	110	586	0	29	615	5	0	75	-3	3,0	0	3	0	0	73	91	66	2	0	71	88
3	110	329	0	0	329	0	0	72	-3	3,0	0	3	0	0	64	85	63	2	0	68	79
4	110	814	0	0	814	0	0	76	-3	3,0	0	3	0	0	68	85	67	2	0	72	79
5	110	757	143	0	900	16	0	76	-2	3,0	0	1,5	0	0	77	91	72	2	0	77	88
6	110	129	100	14	243	47	0	71	0	3,0	0	1	0	0	74	91	70	2	0	75	88
1	110	360	120	20	500	28	0	74	-1	3,0	0	1,5	0	0	76	91	71	2	0	76	88
2	110	760	40	0	800	5	0	76	-2	3,0	0	3	0	0	74	91	67	2	0	72	88
3	110	500	0	0	500	0	0	74	-3	3,0	0	3	0	0	66	85	65	2	0	70	79
4	110	680	0	0	680	0	0	75	-3	3,0	0	3	0	0	67	85	66	2	0	71	79
5	110	920	60	20	1000	8	0	76	-2	3,0	0	3	0	0	76	91	70	2	0	75	88
6	110	120	120	20	260	54	0	71	1	3,0	0	1	0	0	75	91	70	2	0	75	88
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобет он табл. 6.5 СП 276.1325800.	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	110	1215	100	29	1344	10	0	78	-2	3,0	0	3	0	0	78,1	91,0	71	2	0	76,0	88
2	110	1700	243	14	1957	13	0	79	-2	3,0	0	1,5	0	0	79,2	91,0	73	2	0	78,0	88
1	110	1620	160	20	1800	10	0	79	-2	3,0	0	1,5	0	0	78,0	91,0	73	2	0	78,0	88
2	110	1720	180	40	1940	11	0	79	-2	3,0	0	1,5	0	0	78,7	91,0	73	2	0	78,0	88
Единый источник																					
№ п.п	V, км/ч				N, авт/ч	% груз	Уклон	Латр.п.	Латруз.	Ла ск.	Ла ук.	Ла пок. Асфальтобет он табл. 6.5 СП 276.1325800.	Лар.п.	Ла пер. табл. 6.7 СП 276.13258 00.2016	Метод ф.7 СП 276.1325800.2016		Метод Осипова Г.Л.				
		Легковые, кол-во	Грузовые, кол-во	Автобусы, кол-во											Лаэкв	Ламах	Латр.п. Таблица 10	Поправка на число полос	Тип покрытия	Лаэкв	Ламах
1	110	2915	343	43	3301	12	0	81	-2	3,0	0	1,5	0	0	81,0	91,0	76	2	0	81,0	88
2	110	3320	403	34	3757	12	0	81	-2	3,0	0	1,5	0	0	81,5	91,0	76	2	0	81,0	88