

УДК: 534.836.2  
OECD: 01.03.AA

## Классификация автомобильных дорог по уровням шума

Буторина М.В.<sup>1\*</sup>, Тюрина Н.В.<sup>2</sup>, Иванов Н.И.<sup>3</sup>, Санников В.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> К.т.н., доцент кафедры «Экология и производственная безопасность»

<sup>2</sup> Д.т.н, профессор кафедры «Экология и производственная безопасность»

<sup>3</sup> Д.т.н, профессор, заведующий кафедрой «Экология и производственная безопасность»

<sup>4</sup> Д.т.н, доцент, заведующий кафедрой «Механика деформируемого твердого тела»

<sup>1,2,3,4</sup> Балтийский государственный технический университет  
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

### Аннотация

Шум автомобильного транспорта является одним из наиболее массовых факторов воздействия на городское население. Уровень шума автотранспортного потока оценивается в зависимости от различных параметров при помощи шумовой характеристики. Были проанализированы факторы, влияющие на шумовую характеристику потоков автотранспорта, вклад которых варьируется в диапазоне от -5 до +14 дБА. Произведено сравнение результатов расчетов по российской методике и западным расчетным методикам, показано, что разница в результатах расчета составляет до 20 дБА. При помощи российской расчетной методики была выполнена классификация автомобильных дорог общего пользования и улично-дорожной сети по уровням шума, что позволило оценить шумовые характеристики автомобильных дорог с наименьшей погрешностью и выработать рекомендации по применению шумозащитных мероприятий.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, шум, поток транспорта, шумовая характеристика, классификация, шумозащитные мероприятия.

### *Classification of roads by noise level*

*Butorina M.V.<sup>1\*</sup>, Tyurina N.V.<sup>2</sup>, Ivanov N.I.<sup>3</sup>, Sannikov V.A.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *PhD, assistant professor of the department of Environmental and Industrial Safety*

<sup>2</sup> *DSc, professor of the department of Environmental and Industrial Safety*

<sup>3</sup> *DSc, professor, head of the department of Environmental and Industrial Safety*

<sup>4</sup> *DSc, assistant professor, head of the department of Deformable Solid Mechanics*

<sup>1,2,3,4</sup> *Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia*

### **Abstract**

*Road traffic noise is one of the most widespread factors affecting urban population. The noise level of the traffic flow is estimated depending on various parameters using noise emission. The factors influencing the noise emission of traffic flows were analyzed, the contribution of which varies in the range from -5 to +14 dBA. Comparison of the results of calculations according to the Russian methodology and Western calculation methods is made, it is shown that the difference in the calculation results is up to 20 dBA. Using Russian computational methodology, the classification of public roads and urban road network by noise levels was carried out, which made it possible to assess the noise characteristics of highways with the smallest error and to develop recommendations for the application of noise protection measures.*

**Keywords:** *road, noise, traffic, noise emission, classification, noise protection*

## Введение

В России под действием шума транспорта, превышающего допустимые уровни, находится более трети населения [1]. Согласно Государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году» за последние годы уровни негативного воздействия транспортного шума на жилую застройку, расположенную вблизи улиц с интенсивным движением, стабилизировались на высоком уровне. Для людей, проживающих вблизи шумных автодорог с уровнем звука 65-75 дБА, риск связанных с шумом заболеваний увеличивается на 20%.

Автомобильная дорога – это объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств, включающий в себя конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью. Автомобильные дороги подразделяются на автомобильные дороги общего пользования – автомобильные дороги, предназначенные для движения транспортных средств неограниченного круга лиц и расположенные вне населенных пунктов, а также на улично-дорожную сеть, расположенную на территории городских населенных пунктов.

Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования приведена в ГОСТ Р 52398-2005 [2] и СП 34.13330.2012 [3]. Технические характеристики автомобильных дорог общего пользования устанавливаются в зависимости от интенсивности и скорости движения, числа полос, ширины полосы, обочины и разделительной линии, наличия уклонов и пересечений. В зависимости от этих параметров выделяется семь категорий автодорог: I (А, Б, В), II, III, IV и V.

Параметры улично-дорожной сети (УДС) населенных пунктов регламентирует СП 42.13330.2016 [4]. В составе УДС выделяются магистральные улицы и дороги городского и общегородского значения, а также улицы и дороги местного значения. Магистральные улицы подразделяются на классы в зависимости от интенсивности и скорости движения, количества и ширины полосы.

Основным признаком, отличающим автомобильные дороги, является наличие потока автотранспортных средств. Уровень шума автотранспортного потока оценивается в зависимости от различных параметров при помощи шумовой характеристики. Шумовые характеристики автотранспортных потоков являются основными исходными данными для выполнения акустических расчетов по оценке шумового режима на территориях, прилегающих к автомобильным дорогам.

### 1. Факторы, влияющие на шумовую характеристику автотранспортного потока

На шумовую характеристику потока автотранспорта влияет множество факторов, основными из которых является интенсивность движения, скорость движения, ускорение, состав потока, тип дорожного покрытия и т.п. [5].

*Интенсивность.* Интенсивность движения средств автотранспорта является вторым по значению фактором, определяющим уровень шума транспортного потока. Наблюдается логарифмическая зависимость эквивалентных уровней шума, рассчитанных за длительный период времени, от количества проезжающих мимо машин. Удвоение интенсивности при постоянной скорости и составе потока дает увеличение эквивалентного уровня звука на 3 дБА, увеличение интенсивности в 10 раз – на 9 дБА.

*Скорость* является одним из основных факторов, определяющих шумность потока автотранспорта. Эмиссия шума одиночного автомобиля увеличивается с ростом скорости по довольно сложным зависимостям, поскольку шум шин зависит от скорости

отлично от шума двигателя. При скоростях ниже 40 км/ч наблюдается нелинейная зависимость, обусловленная тем фактом, что медленно движущиеся машины производят шум в расчетной точке в течение более длительного времени, чем быстро движущиеся. В диапазоне скоростей от 15 до 40 км/ч изменение уровней звука составляет менее 1 дБА на 10 км/ч. При скоростях менее 15 км/ч изменение составляет 1 дБА на каждые 5 км/ч. При этом уровни звука увеличиваются при снижении скорости (рис. 1). Эта зависимость примерно одинакова как для легковых, так и для грузовых автомашин.

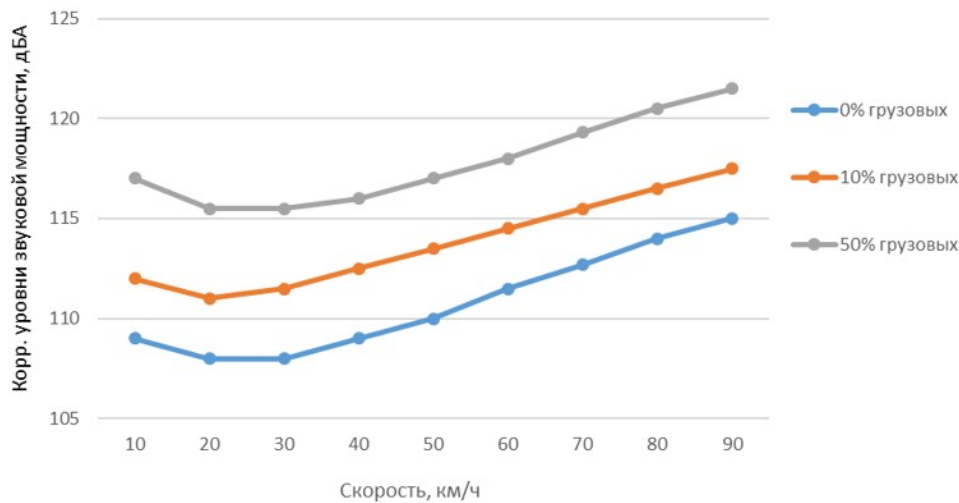


Рис. 1. Зависимость уровней шума автомобиля от скорости и состава потока [5]

*Разгон и торможение.* Зависимость уровня шума от режимов разгона и торможения автомашины довольно сложна. Она нелинейна и зависит от скорости. Для каждого класса автомашин она различна. Для легковой автомашины увеличение ускорения от -2 до +2 м/с<sup>2</sup> дает поправку к уровню звука от -5 до +8 дБА при скорости в 20 км/ч и от -1 до +4,3 дБА при скорости 80 км/ч.

*Состав потока.* Тяжелые и среднетяжелые грузовые автомобили производят больше шума, чем легковые, поэтому их шум может доминировать, даже если количество грузовых автомашин в потоке невелико. Если процент грузовых автомашин составляет 20 % и менее, уровень звука увеличивается на 1 дБА при каждом увеличении доли грузовых на 5 %, свыше 20 % - на 1 дБА при каждом увеличении на 10 %.

*Уклон дороги.* Влияние уклона дороги составляет 2 дБА на каждые 5 % при уклоне и 1,5 дБА на каждые 5 % при подъеме.

*Тип покрытия вблизи автодороги.* Шумовая характеристика автотранспортного потока исчисляется в разных странах на расстоянии от 7,5 до 15 м от ближайшей полосы движения. Поэтому на величину эквивалентного уровня звука потока может оказывать влияние тип поверхности вблизи автодороги. Так, при распространении над асфальтом и травой разница уровней шума может достигать 16 дБ.

*Мокрая дорога.* Пленка воды на дороге может повлечь увеличение шума до 4 дБА. Этот эффект сильнее сказывается на малых скоростях. Для легковых автомашин влияние мокрой дороги сказывается больше на низких частотах, для грузовых – на высоких.

*Дорожное покрытие.* Тип дорожного покрытия является одним из важных факторов, оказывающих влияние на уровень шума автодороги. Влияние дорожного покрытия зависит от типа автомобиля и его скорости, а также от размера зерна и возраста дорожного покрытия. С увеличением размера зерна увеличивается уровень шума. Этот эффект достигает 1-1,5 дБА. Пористое покрытие может повлечь снижение

шума до 6 дБА. Однако влияние пористого покрытия в значительной мере зависит от частоты (рис. 2). Возраст дорожного покрытия влияет, в основном, на шум шин. Новые дорожные покрытия в среднем тише, чем старые.

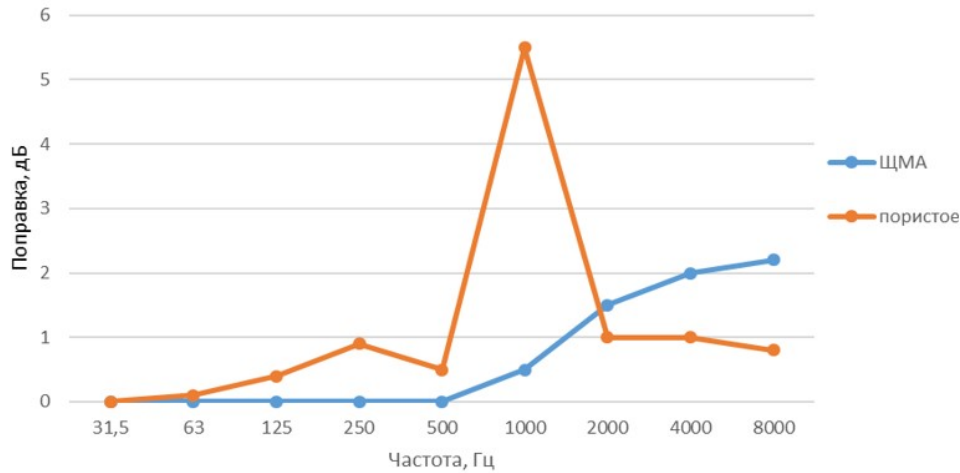


Рис. 2. Влияние пористого покрытия на различных частотах [5]

*Тип шин.* Были проанализированы уровни шума зимних шипованных шин в сравнении с летними. В среднем, разность уровней шума при применении данных видов шин составляет от 2 до 9 дБА. При увеличении скорости влияние шипованных шин заметнее. На рис. 3 представлены данные о разности в уровнях шума для автомобилей на нешипованных и шипованных шинах на различных скоростях, полученные с использованием [5]. Из анализа рисунка видно, что этот эффект сказывается сильнее на высоких частотах, что, очевидно, обусловлено визгом, создаваемым при трении шипов об асфальтовое покрытие.

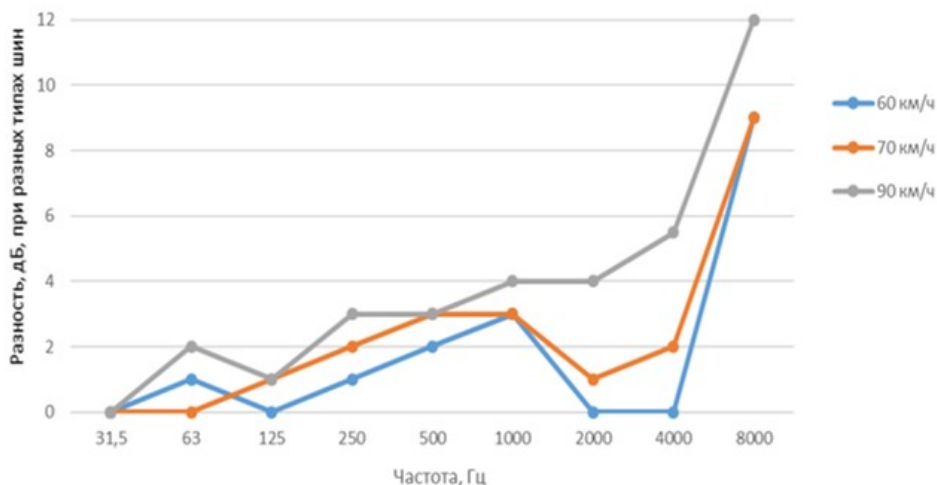


Рис. 3. Влияние шипованных шин

*Поправка на колесную базу.* При расчете уровня шума отдельного транспортного средства следует принимать поправку на тип колесной базы. За базовый тип принята легковая машина. Для различных автомашин величина поправки колеблется в пределах от -6 до +6 дБА.

*Двухуровневые искусственные сооружения.* Единственной методикой в мире, которая позволяет оценить уровни шума при наличии двухуровневых искусственных сооружений, является японская методика ASJ RTN. При этом вводится мнимый источник, уровень шума которого рассчитывается исходя из типа моста (стальной или бетонный) и типов опор. Западные методики предлагают увеличивать шумовую характеристику на 3 дБА при наличии двухуровневых пересечений.

## **2. Расчетные методики оценки шумовой характеристики автотранспорта**

В национальных методиках большинства стран Европы шум транспортного потока оценивается уровнем звуковой мощности либо с помощью эквивалентного уровня звука ( $L_{A_{э\text{кв}}}$ , дБА), измеренного или рассчитанного для базового расстояния в 10, 12,5, 15 и 25 м в зависимости от требований стандарта по определению шумовой характеристики. Анализ показывает, что наиболее приемлемой характеристикой транспортного шума является эквивалентный уровень звука  $L_{A_{э\text{кв}}}$ , дБА.

Расчетные методики определяют шумовую характеристику автотранспорта, исходя из скорости и интенсивности потока, а также ряда других факторов. Наиболее часто используется метод, реализованный в СП 276.1325800.2016 [6]. При этом шум автотранспортного потока определяется в зависимости от интенсивности движения. Далее к рассчитанным значениям применяют поправки на скорость движения, состав потока, продольный уклон проезжей части улицы (дороги), тип верхнего покрытия проезжей части, ширину разделительной полосы, число полос движения транспорта, длительность светофорного цикла на пересечениях улиц (дорог) со светофорным регулированием. Указанная методика является наиболее полной и соответствующей измеренным уровням шума на российских автодорогах.

Было произведено сравнение результатов расчетов, полученных по российской методике и наиболее распространенным западным расчетным методикам. На рис. 4 приведены результаты расчетов, выполненных нами по разным методикам для усреднённых данных российских дорог различных категорий. В расчете для каждой категории учтены одинаковые интенсивность, скорость движения и процент грузовых автомашин в потоке. Несмотря на то, что расчет был произведен для одинаковых параметров автодорог, разница в результатах расчета достигает 20 дБА. Как показывает анализ западных методик расчета, ни один из зарубежных методов не может быть использован в России из-за разницы в базовом расстоянии оценки шумовой характеристики (в РФ 7,5 м, на западе от УЗМ до УЗ на 25 м), учета высоты источника (в РФ 1 м, на западе 0,05 м), а, главное, уровней шума единичных автомобилей (по нормам ЕС от 72 до 82 дБА, у нас примерно на 10 дБА больше).

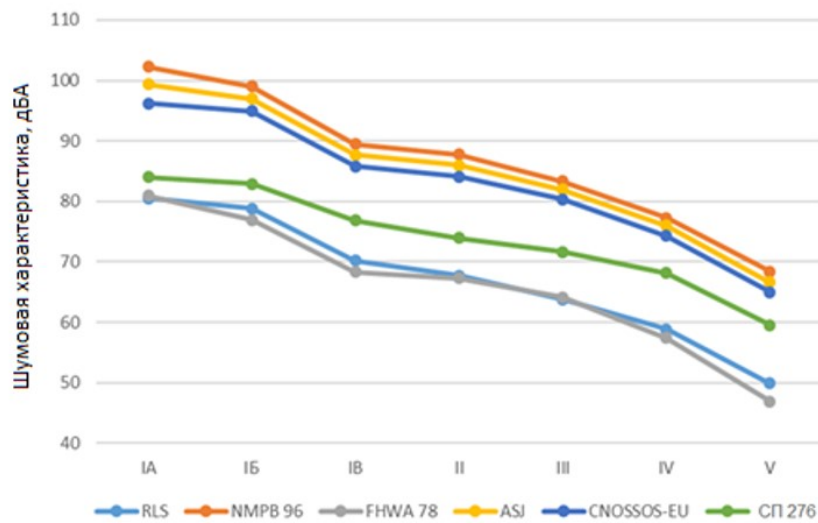


Рис. 4. Результаты расчета уровней шума потока автотранспорта по разным методикам для различных категорий автодорог

### 3. Классификация автомобильных дорог по уровням шума

В основании классификации автомобильных дорог по уровням шума лежит идея о том, что шумовые характеристики транспортных потоков зависят от категорий автомобильных улиц и дорог, поскольку категории присваиваются на основании интенсивности движения, скорости, состава потока и количества полос автодороги, т.е. тех факторов, которые, в основном, влияют на уровни шума потоков автотранспорта.

Наиболее предпочтительно разделение автомобильных дорог по уровням шума в соответствии с их категориями, определенными в ГОСТ Р 52398-2005 и СП 34.13330.2012, поскольку категория автодороги закреплена нормативными документами и установить ее несложно.

Классификация автомобильных дорог различных категорий по уровням шума была произведена расчетным методом на основании способа, приведенного в СП 276.1325800.2016 [6], с учетом различных факторов, влияющих на шумовую характеристику автодорог (таблица 1).

Таблица 1

Классификация автодорог общего пользования по уровням шума

Параметры автодороги	Категории						
	IA	IB	IB	II	III	IV	V
Средняя расчетная интенсивность движения, ед./сут.	100000	75000	14000	6000	4000	1100	200
Общее число полос движения, шт.	8	6	4	2	2	2	1
Ширина разделительной полосы, м	6	5	-	-	-	-	-
Расчетная скорость, км/ч	150	120	100	120	100	80	60
Скорость 85% обеспеченности, км/ч	128	102	85	102	85	68	51
Наибольшие продольные уклоны, ‰	30	40	50	40	50	60	70
Коэффициент загрузки	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	1	1

Таблица 1 (Продолжение)

Параметры автодороги	Категории						
	IA	IB	IV	II	III	IV	V
Интенсивность движения с учетом коэффициента загрузки, авт/час	5000	3700	750	350	250	100	20
Пересечение с автодорогами, уровней	2	2	1	1	1	1	1
$L_{A_{эkv7,5}}$ , дБА	84	81	78	74	72	67	59
$\Delta L_{уклон}$ , дБА	1	2	2	2	2	3	3
$\Delta L_{пересечение}$ , дБА	3	3	0	0	0	0	0

Результаты измерений уровней шума вблизи автомобильных дорог показывают, что при наличии пересечений автодорог в разных уровнях уровни шума увеличиваются на 3 дБА, что обусловлено отражением звука от нижней части верхнего яруса эстакады.

При наличии уклонов в 30-50 % шумовая характеристика автодороги увеличивается на 2 дБА в зависимости от категории автодороги. Данный эффект обуславливается тем, что при движении в гору увеличивается число оборотов двигателя автомобиля, а, следовательно, увеличиваются уровни шума, генерируемого им. Чем больше уклон, тем большие усилия приходится прикладывать для его преодоления, поэтому при увеличении уклона до 60-70 % уровни шума возрастают еще на 1 дБА.

Классификация элементов УДС по уровням шума также была проведена расчетным методом и подтверждена измерениями (таблица 2).

Таблица 2

Результаты измерения уровней шума в расчётных точках с использованием термочехла и без его использования

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения, км/ч	Скорость 85% обеспеченности, км/ч	Наибольший продольный уклон, %	Интенсивность движения, прив. ед/сут	$L_{A_{скорость}}$ , дБА	Интенсивность, авт/час	$L_{A_{эkv7,5}}$ , дБА	$\Delta L_{уклон}$ , дБА	$\Delta L_{пересечение}$ , дБА
Магистральные городские дороги									
1-го класса - скоростного движения	130	111	40	120000	4	4100	84	2	3
	110	94	45		3	4100	83	2	3
	90	77	55		2,5	4100	81	2	3
2-го класса - регулируемого движения	90	77	55	80000	2,5	2700	82	2	3
	80	68	60		1	2700	80	3	3
	70	60	65		0	2700	79	3	3

Таблица 2 (Продолжение)

Категория дорог и улиц	Расчетная скорость движения, км/ч	Скорость 85% обеспеченности, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Интенсивность движения, прив. ед/сут	$L_{A_{\text{скорость}}}$ , дБА	Интенсивность, авт/час	$L_{A_{\text{экв7,5}}}$ , дБА	$\Delta L_{\text{уклон}}$ , дБА	$\Delta L_{\text{пересечение}}$ , дБА
Магистральные улицы общегородского значения									
1-го класса - непрерывного движения	90	77	55	120000	2,5	4100	83	2	3
	80	68	60		1	4100	82	3	3
	70	60	65		1	4100	82	3	3
2-го класса - регулируемого движения	80	68	60	120000	1	4100	82	3	3
	70	60	65		1	4100	82	3	3
	60	51	70		0	4100	81	3	3

Расчетная классификация автомобильных дорог по уровням шума, приведенная в таблицах 1 и 2, подтверждается результатами измерений. Как показывает сравнение измеренных уровней шума с полученными по разработанной классификации, предлагаемая классификация автомобильных дорог позволяет получить шумовую характеристику с минимальной погрешностью (не более 1-2 дБА), что не превышает погрешности измерений. При этом данные шумовой характеристики не занижаются, позволяя учесть наиболее неблагоприятные условия. Таким образом, предлагаемая классификация автомобильных дорог по уровням шума позволяет заменить расчеты и измерения шумовой характеристики автодороги.

#### 4. Мероприятия по снижению шума автодорог

В таблице 3 приводятся рекомендации по оценке параметров автодорог по шуму, такие как расчетное требуемое снижение уровней шума, ориентировочные размеры зоны санитарного разрыва, оцененные на основании разработанной классификации автомобильных дорог, а также шумозащитные мероприятия, обеспечивающие снижение уровней шума вблизи автомобильных дорог до нормативных требований.

Для автомобильных дорог общего пользования, расположенных за пределами населенных пунктов, применение акустических экранов является наиболее эффективным и широко применяемым мероприятием. Акустические экраны могут располагаться как вблизи самой дороги на расстоянии, соответствующем требованиям нормативных документов, так и на более значительных расстояниях, при этом акустические экраны следует устанавливать на искусственных сооружениях – валах или насыпях.



Таблица 3

Результаты измерения уровней шума в расчётных точках с использованием термочехла и без его использования

Категория	$L_{A_{э\text{кв}7,5}}$ , дБА	Требуемое снижение уровней шума, дБА	Размер зоны санитарного разрыва, м	Рекомендуемые мероприятия
Автомобильные дороги общего пользования				
IA	84	29	1300	Установка шумозащитных экранов или валов высотой не менее 6 м, применение шумозащитного остекления, использование шумопоглощающего асфальта
IB	81	26	1100	Установка шумозащитных экранов высотой не менее 5 м, применение шумозащитного остекления, использование шумопоглощающего асфальта
IV	78	23	500	Установка шумозащитных экранов высотой не менее 4 м, применение шумозащитного остекления
II	74	19	320	Установка шумозащитных экранов высотой не менее 3 м либо прокладка дороги в выемке, применение шумозащитного остекления
Магистральные городские дороги				
1-го класса	84	29	1300	Установка шумозащитных экранов высотой не менее 6 м или экранирование ненормируемыми объектами, соблюдение размера санитарного разрыва, применение шумозащитного остекления, использование шумопоглощающего асфальта
2-го класса	82	27	900	Установка шумозащитных экранов высотой не менее 5 м, применение шумозащитного остекления, использование шумопоглощающего асфальта

Следует отметить, что несмотря на высокую эффективность акустических экранов, их применение в городской застройке довольно ограничено в связи с нарушением инсоляции в условиях тесной городской застройки, а также исходя из архитектурной концепции развития городского строительства. Поэтому для элементов системы УДС следует использовать экранирование нежилыми зданиями, применение шумозащитных типов домов, включая дома с установленным шумозащитным остеклением.

В тех местах, где позволяет городская территория и тип застройки (административные и промышленные районы) следует соблюдать рекомендуемые размеры

санитарных разрывов, вынося из них жилые здания, что широко практикуется, например, в Санкт-Петербурге, где организовано 48 промышленных зон.

### Заклучение

Шум автомобильных дорог является одним из наиболее неблагоприятных факторов, под воздействием которого находится более трети городского населения.

На шумовую характеристику потока автотранспорта влияет множество факторов, вклад которых составляет: интенсивность движения (3-9 дБА); скорость (1-14 дБА); характер движения: разгон и торможение (от -5 до +8,5 дБА); состав потока или доля грузовых и легковых автомобилей (до 8 дБА); тип шин автомобилей (2-9 дБА); дорожное покрытие: его тип (1-6 дБА), состояние (до 4 дБА) и возраст (от -1 до 1 дБА); уклон дороги (до 9 дБА); наличие многоуровневых пересечений (до 3 дБА).

Выполненный анализ западных методик расчета шумовой характеристики потоков автотранспорта показывает, что ни один из зарубежных методов не может быть использован в России из-за разницы в базовом расстоянии оценки шумовой характеристики, высоты источника и уровней шума единичных автомобилей.

При помощи российской расчетной методики была выполнена классификация автомобильных дорог по уровням шума, которая позволяет оценить уровни шума автомобильных дорог с наименьшей погрешностью.

Разработанная классификация позволила выработать рекомендации по применению шумозащитных мероприятий, таких как установка шумозащитных экранов различной высоты, применение шумозащитного остекления, использование шумопоглощающего асфальта, которые бы позволили снизить шум в жилой застройке до нормативных требований.

### Список литературы

1. Буторина М.В., Иванов Н.И., Кудяев А.В., Куклин Д.А., Курцев Г.М., Олейников А.Ю., Шашурин А.Е. Результаты картирования шума Санкт-Петербурга, Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 8. С. 9-12.
2. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования.
3. СП 34.13330.2012 СНиП 2.05.02-85\* Актуализированная редакция «Автомобильные дороги.»
4. СП 42.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.
5. Source modelling of road vehicles: Technical Report = Моделирование источника шума автотранспорта: технический отчет / Deliverable 9 of the Harmonoise project. HAR11TR-041210-SP10.
6. СП 276.1325800.2016 Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков.

### References

1. Butorina M.V., Ivanov N.I., Kudayev A.V., Kuklin D.A., Kurtsev G.M., Oleynikov A.Yu., Shashurin A.Ye. Rezul'taty kartirovaniya shuma Sankt-Peterburga, Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2009. № 8. p. 9-12.

2. GOST R 52398-2005 Classification of automobile roads. General parameters and requirements.
3. SP 34.13330.2012 (SNiP 2.05.02-85\*) Automobile roads.
4. SP 42.13330.2016 (SNiP 2.07.01-89\*) Urban development. Urban and rural planning and development.
5. Source modelling of road vehicles: Technical Report. Deliverable 9 of the Harmonoise project. HAR11TR-041210-SP10.
6. SP 276.1325800.2016 Buildings and territories. Protection design rules from traffic noise.