

УДК: 534.836.2:534.832

OECD: 01.03.AA

## Звуковое поле над проезжей частью, формируемое движением автотранспорта

Васильев В.А.

Соискатель, Балтийский Государственный Технический Университет  
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

### Аннотация

Представлена общая информация, о существующих методах определения шумовой характеристики автотранспортного потока. Полученные в статье результаты позволяют характеризовать параметры звукового поля, формируемого над проезжей частью и всей дорогой в целом в зависимости от интенсивности и скорости движения, количества полос движения и доли грузовых автомобилей и автобусов в транспортном потоке. Согласно полученным результатам, с учётом затухания с расстоянием, сформулирован вывод о влиянии шума полос движения на звуковое поле, формируемое на расстоянии семи с половиной метров от оси ближайшей полосы движения. Сформулирована дальнейшая цель исследований в данной сфере, с учётом полученных результатов, с целью получения корректных расчетов акустической эффективности шумозащитных экранов, выемок, насыпей и других шумозащитных препятствий.

**Ключевые слова:** шум, шум автотранспортного потока, расчёт шума, распространение шума, звуковое поле.

### *The sound field above the highway formed by the movement of vehicles*

Vasilyev V.A.

Applicant, Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinova,  
St. Petersburg, Russia

### Abstract

General information on the existing methods for determining the noise characteristics of the traffic flow is presented. The results obtained in the article make it possible to characterize the parameters of the sound field formed over the carriageway and the entire road as a whole, depending on the intensity and speed of traffic, the number of lanes and the share of trucks and buses in the traffic flow. According to the results obtained, taking into account attenuation with distance, a conclusion was formulated about the effect of traffic lane noise on the sound field formed at a distance of seven and a half meters from the axis of the nearest traffic lane. It was formulated as a further purpose of research in this area, taking into account the results obtained, in order to obtain correct calculations of the acoustic efficiency of noise barriers, excavations, embankments and other noise barriers.

**Keywords:** noise, highway traffic noise, noise calculation, noise propagation, sound field.

## Введение

Шумовое загрязнение является одним из основных и часто встречающихся источников жалоб на качество экологической среды в Европе, особенно данная проблема выражена в густонаселённых городских районах и жилых районах вблизи автомобильных дорог. По сравнению с другими загрязнителями последствия шумового воздействия недостаточно изучены, но известно, что шум оказывает негативное воздействие на нервную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию человека, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям. Данная проблема вызывает растущую озабоченность как среди широкой общественности, так и среди политиков.

### 1. Определение шумовой характеристики автомобильного потока

Шумовая характеристика автотранспортного потока характеризуется эквивалентным ( $L_{\text{экв}}$ ) и максимальным ( $L_{\text{макс}}$ ) уровнем звука в точке на высоте от земли 1,5 м, на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения и зависит от:

- интенсивности движения потока;
- суммарной доли грузовых автомобилей и автобусов в транспортном потоке;
- скорости движения потока;
- продольного уклона дороги;
- типа покрытия проезжей части;
- числа полос движения;
- ширина разделительной полосы;
- от режима движения на пересечениях улиц. [3]

В действующей нормативной документации и литературе, представлены следующие методики расчета:

1. По формуле 1 из СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [3];
2. По формуле 7 из СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков» [3];
3. Метод из ОДМ 218.2.013.2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам» [4];
4. Методика из книги «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика» Осипов Г.Л. [5];
5. Подход, изложенный в работе «Борьба с шумом на автомобильных дорогах» Пospelов П.И. [6];
6. Метод из книги «Справочник по технической акустике» Хекл М., Мюллер Х.А. [7].

По результатам исследований, представленных в работах [8,9] можно сделать вывод, что действующие методики расчета показывают низкую сходимость с результатами натуральных измерений до 20 дБА и 11 дБА по эквивалентному и максимальному уровню звука, соответственно. Данное расхождение связано с изменением состава транспортного потока, относительно года первых публикаций данных формул более 25 лет назад. [5,6] Наибольшую сходимость 8-10 дБА показали результаты расчета по формуле 7 из СП 276.1325800.2016. Для дальнейшего расчета принимается данная методика.

Согласно существующей нормативной документации, акустический центр автодороги вне зависимости от количества проезжих частей принимается на оси ближайшей к краю дороги полосе движения. Данный вариант расположения акустического центра приемлем при расчете акустического воздействия без учета

шумозащитного экрана, в случае расчета с учетом шумозащитного экрана, принимаю за акустический центр, либо ближайшую полосу движения, либо на дальней полосе движения, данные варианты расположения акустического центра дают большое расхождение относительно реальной картины.

Для определения акустического центра в зависимости от количества полос движения и состава автомобильного потока, необходимо рассмотреть вопрос распределения автотранспорта по полосам движения и их средней скорости на каждой из них.

## 2. Распределение автотранспортного потока по полосам

Согласно статье [10] в нормативной документации распределение транспортного потока по полосам представлено в ОДН 218.046-01 [13], где используется коэффициент  $f_{\text{пол}}$ , в ОДМ 218.2.020-2012 приведен коэффициент распределения по полосам для четырех- и шестиполосных дорог, также интересующая нас информация представлена в отчете НИР [14] и другие подходы.

Авторы работы [10] сопоставили существующие подходы к определению распределения потока по полосам с результатами мониторинга ГК «Автодор» с 2011 по 2015 гг. получившиеся данные не дали удовлетворительных результатов сходимости. Ниже представлены таблицы с результатами обобщения и систематизации данных с пунктов автоматизации учета движения ГК «Автодор».

Таблица 1

Доля транспортных средств, движущихся по полосе №1 на двухполосной проезжей части

| Доля грузовых автомобилей в составе потока | Часовая интенсивность движения, авт/ч (Полоса №1) |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |             |            |
|--|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|
|  | до 99   | 100 - 199 | 200 - 299 | 300 - 399 | 400 - 499 | 500 - 599 | 600 - 699 | 700 - 799 | 800 - 899 | 900 - 999 | 1000 - 1499 | 1500 - 1999 | более 2000 |
| до 30 %                                    | 0,72  | 0,8       | 0,83      | 0,73      | 0,65      | 0,45      | 0,35      | 0,34      | 0,5       | 0,54      | 0,51        | 0,48        | 0,42       |
| 31-40 %                                    | 0,61  | 0,55      | 0,57      | 0,58      | 0,51      | 0,47      | 0,43      | 0,45      | 0,45      | 0,43      | 0,4         | 0,33        | 0,32       |
| 41-50 %                                    | 0,6   | 0,63      | 0,62      | 0,59      | 0,6       | 0,55      | 0,58      | 0,55      | 0,51      | 0,47      | 0,39        | 0,35        | 0,32       |
| 51-60 %                                    | 0,64  | 0,69      | 0,67      | 0,62      | 0,63      | 0,62      | 0,66      | 0,62      | 0,56      | 0,51      | 0,53        | 0,45        | 0,43       |
| более 60 %                                 | 0,73  | 0,62      | 0,64      | 0,64      | 0,68      | 0,73      | 0,75      | 0,75      | 0,56      | 0,51      | 0,53        | 0,45        | 0,43       |

Таблица 2

Доля транспортных средств, движущихся по полосе №1 и №2 на трехполосной проезжей части

| Доля грузовых автомобилей в составе потока | Часовая интенсивность движения, авт/ч (Полоса №1) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | до 299  | 400 - 499   | 500 - 599   | 600 - 699   | 700 - 799   | 800 - 899   | 900 - 999   | 1000 - 1499 | 1500 - 1999 | 2000 - 2499 | 2500 - 2999 | более 3000  |
| до 30 %                                    | 0,18 / 0,68                                       | 0,18 / 0,56 | 0,15 / 0,64 | 0,17 / 0,58 | 0,14 / 0,60 | 0,15 / 0,58 | 0,18 / 0,54 | 0,19 / 0,50 | 0,24 / 0,45 | 0,29 / 0,44 | 0,42 / 0,36 | 0,43 / 0,37 |
| 31-40 %                                    | 0,22 / 0,61                                       | 0,20 / 0,58 | 0,22 / 0,56 | 0,18 / 0,58 | 0,16 / 0,54 | 0,17 / 0,52 | 0,18 / 0,49 | 0,15 / 0,51 | 0,16 / 0,50 | 0,10 / 0,50 | 0,07 / 0,50 | 0,06 / 0,42 |
| 41-50 %                                    | 0,24 / 0,57                                       | 0,24 / 0,55 | 0,22 / 0,53 | 0,23 / 0,52 | 0,21 / 0,53 | 0,21 / 0,52 | 0,22 / 0,51 | 0,18 / 0,52 | 0,16 / 0,48 | 0,08 / 0,48 | 0,07 / 0,45 | 0,06 / 0,47 |
| более 50 %                                 | 0,25 / 0,55                                       | 0,22 / 0,56 | 0,13 / 0,51 | 0,19 / 0,50 | 0,21 / 0,52 | 0,24 / 0,54 | 0,18 / 0,50 | 0,18 / 0,48 | 0,16 / 0,48 | 0,08 / 0,48 | 0,07 / 0,45 | 0,06 / 0,44 |

Таблица 3

Доля транспортных средств, движущихся по полосе №1, №2 и №3 на четырехполосной проезжей части

| Доля грузовых автомобилей в составе потока | Часовая интенсивность движения, авт/ч (Полоса №1/№2/№3) |                    |                    |
|--|---|--------------------|--------------------|
|  | до 599  | от 600 до 1999     | от 2000 до 2999    |
| до 40 %                                    | 0,26 / 0,23 / 0,45                                      | 0,26 / 0,21 / 0,43 | 0,20 / 0,20 / 0,45 |
| 41-50 %                                    | 0,27 / 0,24 / 0,44                                      | 0,26 / 0,21 / 0,43 | 0,20 / 0,20 / 0,45 |
| более 50 %                                 | 0,29 / 0,27 / 0,41                                      | 0,26 / 0,21 / 0,43 | 0,20 / 0,20 / 0,45 |

Часовая интенсивность движения в таблице 1-3 представлена для одного направления движения. Нумерация полос принята от обочины дороги. Под грузовыми автомобилями, принимались все автотранспортные средства за исключением легковых автомобилей.

Данные представленные в [10] получены по результатам анализа более 8500 часов наблюдений за интенсивностью и составом движения автомагистралей М-4 и М-1. В соответствии с данными факторами, считаю данные достаточно репрезентативными, для принятия в расчет, при определении распределения автотранспортного потока по проезжей части.

### 3. Зависимость скорости движения от количества полос и интенсивности

Для определения шумовой характеристики помимо интенсивности движения и состава потока немаловажным фактором является скорость движения автотранспорта.

Скорость движения автомобильного потока на каждой из полос движения, в частности, зависит от интенсивности движения и пропускной способности. Показательные кривые зависимости скорости движения от интенсивности потока и количества полос представлены в [11] (Рис. 1).

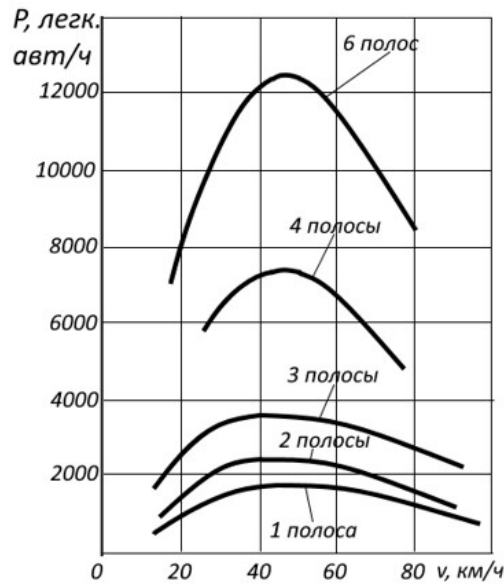


Рис. 1. Зависимость скорости движения от интенсивности потока и количества полос

Представленная выше зависимость скорости от количества полос движения и интенсивности принята для дальнейших расчетов.

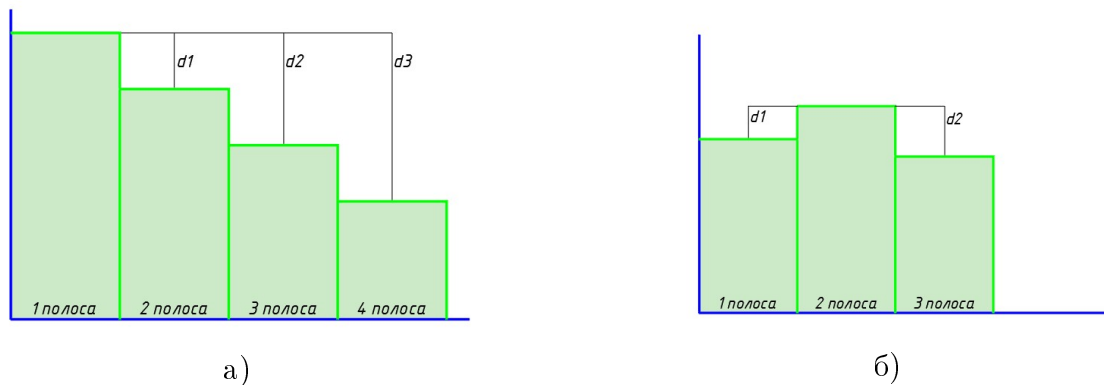


Рис. 2. Разность уровней: а) - для двух и четырех полос движения на проезжую часть, б) - для трех полос движения на проезжую часть

Помимо различия уровней непосредственно над полосами движения, предполагается учитывать затухание звукового поля от каждой из полос движения при достижении опорного расстояния, характеризующего шумовую характеристику автомобильной дороги 7,5 м от оси ближайшей полосы движения. Расчет затухания производится согласно формуле 12 СНиП 23-03-2003, из-за малых расстояний расчет затухания будем производить, учитывая только затухание с расстоянием. Выбор расстояний от полос движения до опорной точки производился с учётом типовых схем поперечного профиля автомобильных дорог п.6.9 [12]. Результаты расчета затухания представлены в Таб. 4.

Таблица 4

Затухание звука от полос движения до края проезжей части

| Кол-во полос<br>на ПЧ | Затухание до 7,5 м, дБА |                |                |                |                |                |                |                |
|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                       | От 1<br>полосы          | От 2<br>полосы | От 3<br>полосы | От 4<br>полосы | От 5<br>полосы | От 6<br>полосы | От 7<br>полосы | От 8<br>полосы |
| 2 полосы              | 0                       | 3              | 6              | 7              | -              | -              | -              | -              |
| 3 полосы              | 0                       | 3              | 5              | 8              | 9              | 10             | -              | -              |
| 4 полосы              | 0                       | 3              | 5              | 6              | 9              | 10             | 10             | 11             |

Таблица 5

Разности уровней между полосами движения

| Суммарная интенсивность<br>движения, авт/ч | Доля грузовых<br>автомобилей и автобусов<br>в транспортном потоке, % | $d_1$ , дБА | $d_2$ , дБА | $d_3$ , дБА |
|--|--|-------------|-------------|-------------|
| 2 полосы движения на проезжую часть        |  |             |             |             |
| до 500                                     | От 25  | 5           | -           | -           |
| от 600 до 800                              |  | -3          | -           | -           |
| от 500 до 600, от 800 и более              |  | 0           | -           | -           |
| до 100                                     | От 35  | 2,5         | -           | -           |
| от 100 до 1000                             |  | 0           | -           | -           |
| от 1000 и более                            |  | -3          | -           | -           |
| до 800                                     | От 55  | 2,5         | -           | -           |
| от 800 и более                             |  | 0           | -           | -           |
| 3 полосы движения на проезжую часть        |  |             |             |             |
| до 2000                                    | От 25  | 4           | 9           | -           |
| от 2000                                    |  | 0           | 9           | -           |
| от 150                                     | От 35  | 3,5         | 10          | -           |
| от 150                                     | От 45  | 3           | 11          | -           |
| от 150                                     | От 55  | 3           | 13          | -           |
| 4 полосы движения на проезжую часть        |  |             |             |             |
| от 150                                     | От 35  | 0           | 7,5         | 14          |
| от 150                                     | От 45  | 0           | 12          | 16          |
| от 150                                     | От 55  | 0           | 11          | 18          |

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы (далее в скобках указывается доля грузовых автомобилей и автобусов в транспортном потоке, %):

- для 2-х полосной проезжей части характерно превалирование первой полосы движения при интенсивности движения до 500 авт./ч. (от 25 до 35%), до 100 авт./ч (от 35 до 55%), до 800 авт./ч (от 55%). Равные уровни наблюдаются при интенсивности движения от 500 до 600 авт./ч, от 800 и более (от 25 до 35%), от 100 до 1000 авт./ч (от 35 до 55%), от 800 авт./ч и более (от 55%). Превалирование второй полосы над первой наблюдается при от 600 до 800 авт./ч (от 25 до 35%) и при интенсивности от 1000 авт./ч (от 35%).

- для 3-х полосной проезжей части, вне зависимости от интенсивности движения и доли грузового автотранспорта, характерно превалирование средней полосы движения над остальными, особенно это заметно при сравнении с 3-ей полосой движения от 9 до

13 дБА, разница между первой и средней полосой составляет от 3 до 4 дБА. Исключением является равенство, выявленное между средней и первой полосой при интенсивности движения от 2000 авт./ч. (от 25 до 35 %).

• для 4-х полосной проезжей части, вне зависимости от интенсивности движения и доли грузового автотранспорта, характерно превалирование первой и второй полосы движения, между ними наблюдается равенство, различие между крайними полосами и 3-ей полосой составляет от 7,5 до 12 дБА, с 4-ой полосой от 14 до 18 дБА.

### Заключение

Полученные в статье результаты позволяют характеризовать звукового поля, формируемого над проезжей частью и всей дорогой в целом в зависимости от интенсивности движения, скорости и количества полос движения. Согласно полученным результатам, с учётом затухания, представленного в таблице 4, можно сделать вывод, что основной вклад в звукового поле, формируемое на расстояние 7,5 м от оси ближайшей полосы движения, оказывают две ближние полосы движения. Остальные полосы движения с учётом затухания и их шумовой характеристики не оказывают или оказывают незначительное влияние. Дальнейшей целью исследований, с учётом полученных результатов, является необходимость определения акустического центра формируемого непосредственно над проезжей частью, для дорог с различными характеристиками, что позволит корректнее производить расчет акустической эффективности шумозащитных экранов, выемок, насыпей и других шумозащитных препятствий.

### Список литературы

1. «Бремя болезней из-за шума окружающей среды. Количественная оценка потерянных лет здоровой жизни в Европе» Доклад Всемирной организации здравоохранения, 2011, с. 7
2. ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики
3. 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)
4. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. – Введ. 2012-12-26, 2012
5. Осипов Г.Л. Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика / Г.Л. Осипов, В.Е. Коробков, А.А. Климухин и др.- М.: Стройиздат, 1993
6. Пospelов П.И. Борьба с шумом автомобильных дорог. / П.И.Пospelов. – Издательство «Транспорт», 1981
7. Хекл М. Справочник по технической акустике / М. Хекл, Х.А. Мюллер. – Л.: Судостроение, 1980
8. 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
9. Магистерская диссертация Васильев В.А. Сравнительный анализ расчетных и экспериментальных методик определения шумовых характеристик автомобильного транспорта. – 2019

10. Углов Е.В., Саенко С.С. Распределение транспортных потоков по полосам движения на автомагистралях./ Е.В. Углов, С.С. Саенко // Вестник московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2017
11. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог // Министерство автомобильных дорог РСФСР. – М. Транспорт – 1982
12. ОДМ 218.2.101-2019. Методические рекомендации по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профиля автомобильных дорог
13. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд
14. НИР «Переработка существующих нормативных документов на методы проектирования дорожных одежд для выполнения инженерных расчетов»

### References

1. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe, World Health Organization Report, 2011, 7 p
2. GOST 20444-2014 Noise. Traffic flows. Methods of noise characteristic determination
3. SP 276.1325800.2016. Buildings and territories. Protection design rules from traffic noise. – Date. 2017-04-06. - Official website of the Ministry of Construction of the Russian Federation <http://www.minstroyrf.ru/>
4. ОДМ 218.2.013-2011 Metodicheskie rekomendacii po zashchite ot transportnogo shuma territorij, prilegayushchih k avtomobil'nyh dorogam. – Vved. 2012-12-26, 2012 (rus.)
5. Osipov G.L. Zashchita ot shuma v gradostroitel'stve. Spravochnik proektirovshchika / G.L. Osipov, V.E. Korobkov, A.A. Klimuhin i dr.– М.: Strojizdat, 1993 (rus.)
6. Pospelov P.I. Bor'ba s shumom avtomobil'nyh dorog. / P.I.Pospelov. – Izdatel'stvo «Transport», 1981 (rus.)
7. Hekl M. Spravochnik po tekhnicheskoy akustike / M. Hekl, X.A. Myuller. – L.: Sudostroenie, 1980 (rus.)
8. Master's thesis, Vasil'ev V.A. Sravnenie shumovyh harakteristik avtotransportnyh potokov, poluchennyh raschyotnym putem i v rezul'tate naturnyh izmerenij / V.A. Vasil'ev // Sbornik trudov Tret'ej Vserossijskoj konferencii molodyh uchenykh i specialistov. Akustika srede obitaniya. – 2018. – s. 54 - 59 (rus.)
9. Vasil'ev V.A. Sravnitel'nyj analiz raschetnyh i eksperimental'nyh metodik opredeleniya shumovyh harakteristik avtomobil'nogo transporta. – 2019 (rus.)
10. Uglov E.V., Saenko S.S. Raspredelenie transportnyh potokov po polosam dvizheniya na avtomagistralyah./ E.V. Uglov, S.S. Saenko // Vestnik moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). – 2017(rus.)
11. Rukovodstvo po ocenke propusknoj sposobnosti avtomobil'nyh dorog // Ministerstvo avtomobil'nyh dorog RSFSR. – М. Transport – 1982(rus.)
12. ОДМ 218.2.101-2019. Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniyu elementov plana, prodol'nogo i poperechnogo profilya avtomobil'nyh dorog.(rus.)
13. ОДН 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd (rus.)
14. Research work «Pererabotka sushchestvuyushchih normativnyh dokumentov na metody proektirovaniya dorozhnyh odezhd dlya vypolneniya inzhenernyh raschetov»(rus.)