

## РАСЧЕТ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

© 2012 Д.А. Куклин

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 29.09.2011

В статье приводятся теоретические зависимости эквивалентных и максимальных уровней шума создаваемых отдельными поездами от скорости, полученные по расчетам линейной регрессии. Также приводятся аналитические выражения для расчета часовых эквивалентных уровней звука создаваемых потоками поездов железнодорожного транспорта всех категорий, прошедших по рассматриваемому участку пути в течение одного часа и за регламентируемые промежутки дневного и ночного времени. Приведены относительные спектры шума железнодорожного транспорта, позволяющие определять расчетный спектр шумовых характеристик поездов.

Ключевые слова: поезд, снижение шума, спектр, эквивалентный уровень звука, максимальный уровень звука.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Шум поездов в жилой застройке достигает 70-75 дБА и превышает дневные нормы на 15-20 дБА. Повышенный шум негативно влияет на здоровье населения и нередко является причиной жалоб. При проектировании и строительстве новых железных дорог, а также при их реконструкции, необходимо рассчитывать ожидаемые уровни шума поездов. В настоящее время расчет шума поездов ведется по методике прописанной в [1, 2]. Эта методика не позволяет рассчитывать новые виды подвижного состава, так как расчетные данные значительно расходятся с результатами натурных измерений.

Были выполнены экспериментальные исследования, с целью установить зависимости эквивалентных и максимальных уровней звука от типа поездов, скорости, длины и т.д. Выборка была получена по расчетам линейной регрессии для результатов измерений шума при прохождении 56 пассажирских поездов длиной от 175 м до 500 м, 59 грузовых поездов длиной от 506 м до 1188 м, 139 электропоездов длиной от 176 м до 264 м и 37 высокоскоростных поездов длиной 250 м.

Ниже приводятся результаты исследований для поездов четырех категорий. Основные положения по статистической обработке результатов изложены в [3].

### 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ УРОВНЕЙ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Эквивалентный уровень звука  $L_{Aeq25}^i$  шума, создаваемого отдельными поездами  $i$ -ой категории на расстоянии 25 м от оси ближнего магистрального железнодорожного пути, рассчитывают по формулам:

для пассажирских поездов (категория 1)

$$L_{Aeq25}^1 = 25,3 \lg v_1 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_1}{25} \right) \right\} + 33,3, \quad (1)$$

для грузовых поездов (категория 2)

$$L_{Aeq25}^2 = 20,4 \lg v_2 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_2}{25} \right) \right\} + 46, \quad (2)$$

для электропоездов (категория 3)

$$L_{Aeq25}^3 = 28,9 \lg v_3 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_3}{25} \right) \right\} + 28, \quad (3)$$

для высокоскоростных поездов (категория 4)

$$L_{Aeq25}^4 = 41,1 \lg v_4 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_4}{25} \right) \right\} - 12,3, \quad (4)$$

где  $v_i$  – скорость движения поезда  $i$ -ой категории, км/ч;

$l_i$  – длина поезда  $i$ -ой категории, м;

$i = 1, 2, 3, 4$ .

Звуковые сигналы применяют на железнодорожном транспорте только в случае необходимости предотвращения аварийной ситуации, поэтому учитывать данный источник для расчета эк-

Куклин Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности». E-mail: kda1969@mail.ru

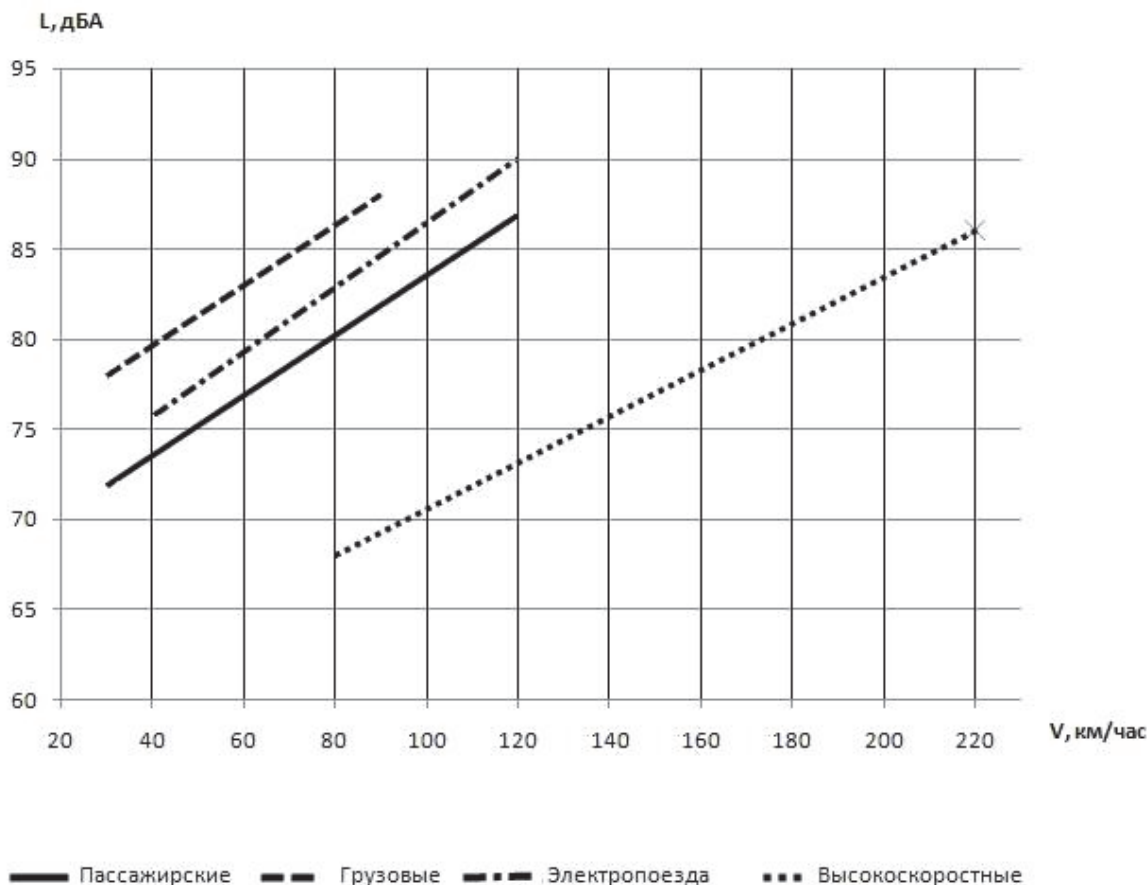


Рис. 1. Зависимость эквивалентных уровней шума различных категорий поездов от скорости

вивалентного уровня звука нецелесообразно.

Графическое представление зависимостей эквивалентных уровней шума от скорости для различных категорий поездов представлено на рис. 1.

Часовой эквивалентный уровень звука  $L_{Aeq,1h,l}^i$  потока поездов  $i$ -ой категории, прошедших по рассматриваемому участку пути в течение  $l$ -го часа, рассчитывают по формуле

$$L_{Aeq,1h,l}^i = 10 \lg \frac{1}{3600} \sum_{j=1}^{n_j^i} t_{jl} 10^{0,1 L_{Aeq25,jl}^i}, \quad (5)$$

где  $L_{Aeq,jl}^i$  – эквивалентный уровень звука, дБА, создаваемый на расстоянии 25 м от оси ближнего магистрального железнодорожного пути  $j$ -м поездом  $i$ -ой категории, проходящим в течение  $l$ -го часа;

$n_j^i$  – число поездов  $i$ -ой категории, проходящих по рассматриваемому участку пути, в течение  $l$ -го часа;

$t_{jl}$  – время следования каждого поезда по рассматриваемому участку пути в течение  $l$ -го часа, с.

Часовой эквивалентный уровень звука  $L_{Aeq25,1h,l}$ , создаваемый на расстоянии 25 м от оси ближнего магистрального железнодорожного пути потоками поездов железнодорожного транспорта всех категорий, прошедших по рас-

сматриваемому участку пути в течение  $l$ -го часа, определяется по формуле

$$L_{Aeq25,1h,l} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{Aeq25,1h,l}^i}. \quad (6)$$

Эквивалентный уровень звука  $L_{Aeq25,k}$  за время оценки (16 ч днем и 8 ч ночью) рассчитывают по формуле

$$L_{Aeq25,k} = 10 \lg \frac{1}{T_k} \sum_{l=1}^{n_k} t_l 10^{0,1 L_{Aeq25,1h,l}}, \quad (7)$$

где  $T_k$  – время оценки, ч, принимаемое равным 16 ч ( $n_k = 16$ ) для дня и 8 ч ( $n_k = 8$ ) для ночи;  $t_l = 1$  ч.

### 3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Максимальный уровень звука  $L_{A_{max}25}^i$  шума, создаваемого поездами различных категорий на расстоянии 25 м от оси крайней полосы движения, рассчитывают по формулам

для пассажирских поездов (категория 1)

$$L_{A \max 25}^1 = 24 \lg v_1 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_1}{50} \right) \right\} + 41,2, \quad (8)$$

для грузовых поездов (категория 2)

$$L_{A \max 25}^2 = 15 \lg v_2 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_2}{50} \right) \right\} + 59,9, \quad (9)$$

для электропоездов (категория 3)

$$L_{A \max 25}^3 = 27,5 \lg v_3 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_3}{50} \right) \right\} + 36,2, \quad (10)$$

для высокоскоростных поездов (категория 4)

$$L_{A \max 25}^4 = 45,1 \lg v_4 + 10 \lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_4}{50} \right) \right\} - 19,2, \quad (11)$$

где  $v_i$ ,  $l_i$  и  $i$  – те же величины, что в формулах (1) – (4).

Графическое представление зависимостей эквивалентных уровней шума от скорости представлено на рис. 2.

Примечание - Формулы (7) – (9) получены по расчетам линейной регрессии для результатов измерений шума, указанных в примечании к формулам (1) – (4). Коэффициент корреляции, показывающий меру линейной зависимости между значениями  $x_j = 10 \lg v_j$  и  $y_j = L_{A \max 25}^i - 10 \lg \left\{ \arctg(l_j / 50) \right\} / (25\pi)$ ,  $j = 1, \dots, n_i$

( $n_i$  – число испытанных поездов  $i$ -й категории), составил для пассажирских поездов 0,77, для грузовых поездов 0,69, для электропоездов 0,69, для высокоскоростных поездов 0,98. Зависимость от длины поезда получена аналитически для модели поезда в виде линейного источника длиной  $l$  с равномерным распределением вдоль  $l$  синфазных точечных источников одинаковой производительности.

За максимальный уровень звука потока поездов, следующего по рассматриваемому участку пути, за время оценки (16 ч днем и 8 ч ночью) принимают наибольшее из рассчитанных по формулам (8) – (11) значение

$$L_{A \max 25, k} = \max_i \{ L_{A \max 25}^i \}, \quad (12)$$

где  $L_{A \max 25}^i$  – максимальный уровень звука от поездов  $i$ -ой категории, дБА.

Расчетный спектр шумовых характеристик поездов следует определять с использованием спектров шума согласно таблице 1, которые получены в результате проведенных экспериментальных исследований.

#### 4. ВЫВОДЫ

Расчетная модель позволяет получить акустические характеристики подвижного состава железнодорожного транспорта, которые могут быть использованы для определения их вклада в формирование звукового поля в зоне жилой застройки.

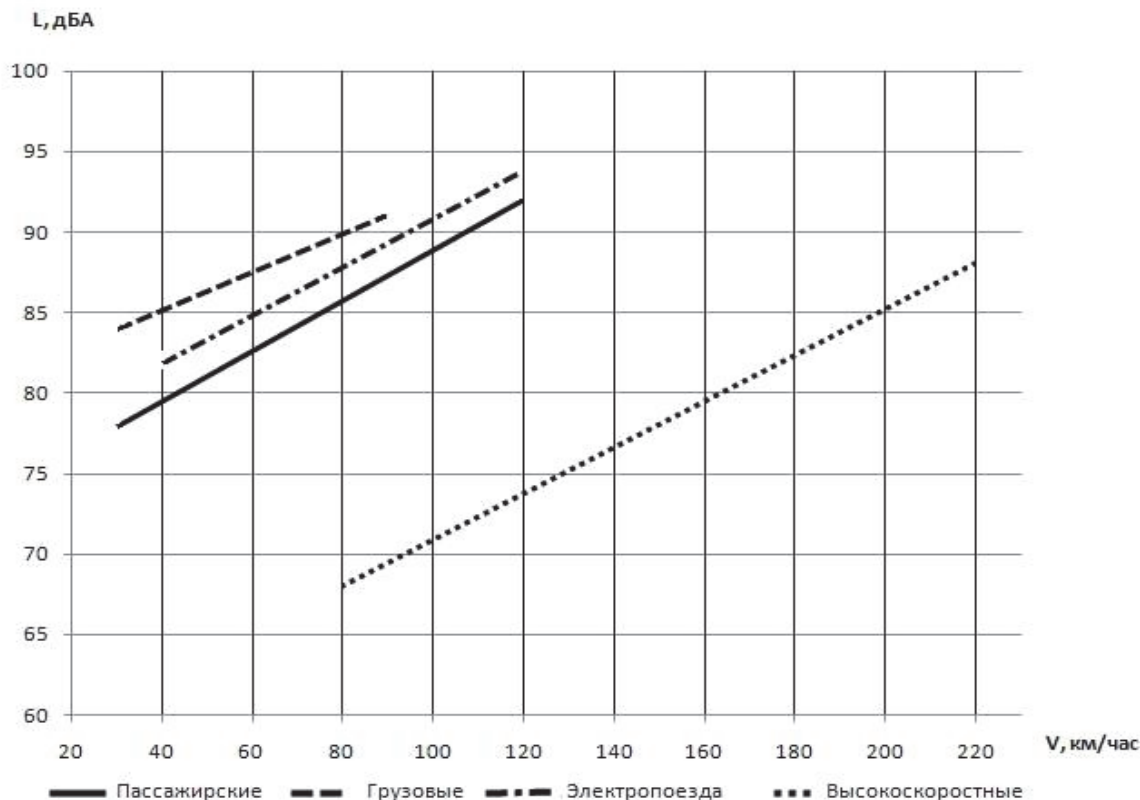


Рис. 2. Зависимость максимальных уровней шума различных категорий поездов от скорости

**Таблица 1.** Относительные спектры шума железнодорожного транспорта

Источник шума	Относительная частотная характеристика, дБ, при среднегеометрических частотах октавной полосы, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Пассажирский поезд с локомотивной тягой	-12,6	-15,5	-18,4	-5,6	-3,7	-6,4	-11,5	-23,4
Грузовой поезд, (все типы)	+2,8	-5,8	-6,0	-2,5	-5,2	-7,0	-12,1	-21,8
Электропоезд	-15,1	-17,0	-17,3	-4,3	-3,3	-6,2	-13,5	-24,2
Высокоскоростной поезд	+1,0	-4,5	-13,9	-7,2	-4,6	-5,1	-10,8	-19,4

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-12-77. "Защита от шума".
2. Справочник проектировщика. Защита от шума в градостроительстве". М.: Стройиздат, 1993.
3. Цукерников И.Е., Хасс Р. Уравнения линейной регрессии шумовых характеристик пассажирских поездов // Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Защита населения от повышенного шумового воздействия", СПб, 22-24 марта, 2011 С. 286.
4. Иванов Н.И. Инженерная акустика: Теория и практика борьбы с шумом: учебник. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
5. HandBook of noise and Vibration control / Edited by Malkolm J. Crocker. NY, John Wiley and Sons Inc., 2007. 1569 p.

### CALCULATION OF NOISE CHARACTERISTICS FLOW OF RAILWAYS

© 2012 D.A. Kuklin

Baltic State Technical University "VOENMECH" named after D.F. Ustinov, St.-Petersburg

The article presents the theoretical curves are equivalent and maximum noise levels generated by individual trains on the rate obtained by linear regression calculations. It also provides analytical expressions for calculating the hourly equivalent sound levels generated by trains of rail transport flows of all types that have passed on their way to the site under consideration for one hour and at regulated intervals, day and night time. Shows the relative noise spectra of rail transport, allowing to determine the calculated spectrum of the noise characteristics of the trains.

Keywords: train, noise reduction, spectrum, the equivalent sound level, the maximum sound level.