

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА ПОЕЗДОВ НА РОВНОМ УЧАСТКЕ

© 2012 Д.А. Куклин, П.В. Матвеев

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

Поступила в редакцию 29.09.2011

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований шума поездов на ровном участке. Проведён анализ зависимостей снижения внешнего шума поездов в зависимости от расстояния, скорости и типа поезда. Результаты эксперимента показали, что снижение шума с расстоянием определяется геометрическим расширением фронта звуковой волны, звукопоглощением растительности на плоской поверхности, молекулярным затуханием звука в воздухе (на больших расстояниях и на высоких частотах). Процессы снижения шума с расстоянием не зависят от скорости поездов. Характер снижения шума зависит от типа поезда, (снижение за счет геометрического расширения зависит от длины поезда). Снижение с расстоянием имеет частотно-зависимый характер (разница по частотам составляет до 10 дБ).

Ключевые слова: поезд, снижение шума, спектр, уровень звукового давления, уровень звука, звуковая волна.

1. ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы снижения шума железнодорожного транспорта очень актуальна. На расстоянии 25 м от железной дороги с интенсивным движением уровни звука в ночное и дневное время составляют не менее 75 дБА. Характер снижения звука с удвоением расстояния (до определенных значений в зависимости от длины поезда) 3 дБА на каждое удвоение расстояния. Это означает, что на территории жилой застройки, расположенной на расстоянии 100-150 м от железной дороги превышение шума над нормами может составлять 12-14 дБА днем (норма шума на территории жилой застройки в дневное время 55 дБА), т.е. превышение 2,5-3 раза по субъективному ощущению громкости и 22-24 дБА ночью (норма шума на территории жилой застройки в ночное время 45 дБА), т.е. превышение в 4-5 раз по субъективному ощущению громкости. Влиянию повышенного шума от железнодорожного транспорта подвергаются в нашей стране сотни тысяч человек.

Картина снижения звука от подвижного состава железнодорожного транспорта носит противоречивый характер, устоявшиеся представления о закономерностях и причинах происходящих процессов в научной литературе зачастую отсутствуют. Для разработки эффективных мер

защиты от шума необходимо располагать объективными данными о таких закономерностях.

Была поставлена задача установить закономерности снижения шума поездов в окружающей среде в зависимости от скорости, типа поезда и расстояния.

2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА НА РОВНОМ УЧАСТКЕ

Измерения проводились на ровном участке, где соблюдалось условие свободного звукового поля, на расстояниях 7,5, 25, 50 и 100 м от оси крайнего пути по которому следовали испытываемые поезда. Измерения были выполнены для четырех типов поездов (электропоезда, грузовые, пассажирские и скоростные поезда). Число испытанных поездов составило 32.

Схема расположения точек измерений представлена на рис. 1.

Важно отметить, что уровни звука и уровни звукового давления в четырех измерительных точках фиксировались одновременно.

На рис. 2. приведены характерные зависимости снижения уровней звука в зависимости от расстояния при движении электропоездов с различными скоростями. Полученные кривые практически эквидистантны, т.е. скорость поезда не влияет на характер снижения звука с расстоянием.

Снижение шума с увеличением расстояния на ровном участке обусловлено тремя причинами:

- падение звука с увеличением расстояния вследствие расходимости звуковой волны – геометрический спад УЗ (УЗД) одинаково на всех частотах;

Куклин Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности». E-mail: kda1969@mail.ru
Матвеев Петр Владимирович, аспирант.
E-mail: p.mtv@ya.ru

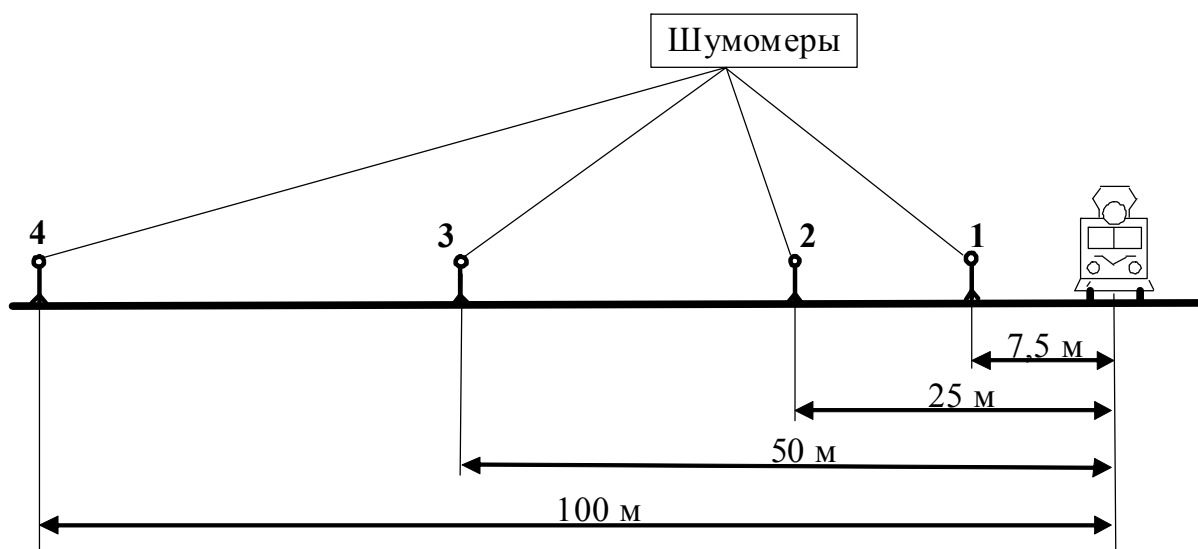


Рис. 1. Схема расположения шумомеров при проведении исследований снижения шума при движении подвижного состава железнодорожного транспорта на плоском участке

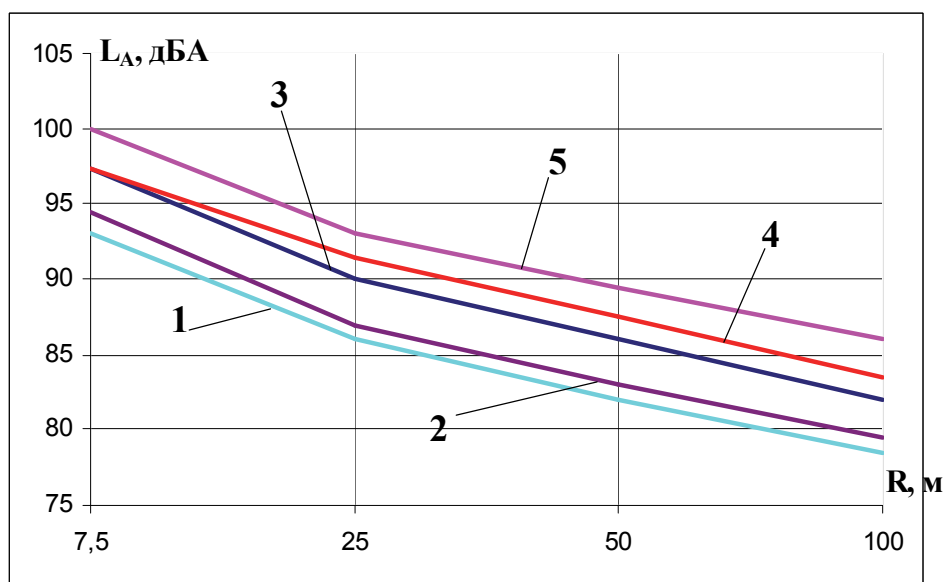


Рис. 2. Снижение УЗ, дБА, с увеличением расстояния на плоском участке при движении электропоездов при различных скоростях движения: 1 – 75 км/ч; 2 – 90 км/ч; 3 – 105 км/ч; 4 – 110 км/ч; 5 – 120 км/ч

- затухание звука вследствие звукопоглощения поверхностью, над которой распространяется звук в зависимости от коэффициента звукопоглощения этой поверхности;

– молекулярное затухание звука в воздухе (на существенных расстояниях и на высоких частотах).

Поезд – линейный источник звука (до определенных расстояний), звуковая волна имеет цилиндрическую форму, т.е. теоретическое снижение УЗ за счет геометрического расширения составляет 3 дБА с удвоением расстояния. Сравнения теоретических данных снижения УЗ с экспериментальными для различных типов поездов приведено в таблице 1.

Из анализа данных видно, что чем короче поезд, тем большее снижение УЗ получено на первом этапе измерительной процедуры (от 7,5 до 25 м). Так разница снижения для товарных поездов и электропоездов на этом этапе достигает 2,5 дБА. Звуковое поле здесь заметно отличается от предложенной аппроксимации (цилиндрическая звуковая волна). Товарные поезда в наибольшей степени соответствуют теоретической модели: разница по суммарному снижению на расстоянии (от 7,5 до 100 м) всего 0,5 дБА. В то же время разница на этом расстоянии для электропоездов составляет заметную величину – 4,5 дБА. Для пассажирских и скоростных поездов (они представляют по длине промежуточ-

Таблица 1. Теоретическое и экспериментальное снижение УЗ, дБА, для различных типов поездов

Тип поезда	Снижение УЗ, дБА, на расстоянии, м			
	7,5	25	50	100
теоретические зависимости	0	-5,0	-8,0	-11
товарные (эксперимент)	0	-4,5	-9,0	-11,5
скоростные (эксперимент)	0	-5,0	-10,5	-14,0
электropоезда (эксперимент)	0	-7,0	-11,0	-15,5
пассажирские (эксперимент)	0	-4,5	-9,5	-13,0

ный вариант) разница 2-3 дБА, т.е. характер затухания УЗ до определенных расстояний зависит от типа поезда; эти данные необходимо учитывать в расчётах.

Более сложная картина наблюдается, когда рассматриваются не интегральные, а спектральные характеристики снижения шума. На рис. 3 показано последовательное снижение шума на плоском участке при увеличении расстояния на примере с товарными и скоростными поездами.

Снижение шума на участке до 25 м составляет 3-6,5 дБ для скоростных и 2,5-6 дБ для товарных; при увеличении расстояния вдвое УЗД приблизительно снижаются от 2 до 7,5 дБ, как для скоростных, так и для товарных поездов во всем частотном диапазоне. Это показывает, что снижение шума обусловлено не только геометрическим расширением фронта звуковой волны, но и другими причинами (затухание звука, резонансное поглощение и пр.). Отметим, что все спектры затухания для товарных поездов лежат ниже, чем для скоростных. Здесь для всего спектра ярко проявляется картина: чем больше длина поезда, тем меньше значения относительного снижения УЗД.

Характеристики затухания имеют ярко выраженный частотный характер (рис. 4).

Из анализа рис. 4 видно, что снижение шума от электропоездов в зависимости от частоты может различаться почти на 10 дБ. Геометрическое снижение шума за счёт расширения фронта звуковой волны одинаково на всех частотах, поэтому полученная в экспериментах разница требует пояснения. Это может объясняться затуханием звука при взаимодействии с поверхностью, по которой он распространяется, в результате звукопоглощения. Полученный суммарный спектр с наименьшими значениями на низких частотах (рис. 5) объясняется тем, что здесь коэффициенты звукопоглощения поросшей травой поверхности имеют наименьшие значения. Пик в спектрах на частоте 250 Гц объясняется тем, что здесь наибольшие значения коэффициентов звукопоглощения. Другая причина наличие пиков на частотах 4000 и 8000 Гц объясняется ярко выраженным процессом молекулярного затухания (значения снижения звука только за счёт молекулярного затухания на расстоянии 100 м для этих частот составляет соответственно 2,4 и 4,8 дБ). Таким образом, полученными результатами подтверждено, что при увеличении расстояния работают 3 механизма снижения шума: геометрический спад УЗД (одинаково для всех частот), звукопогло-

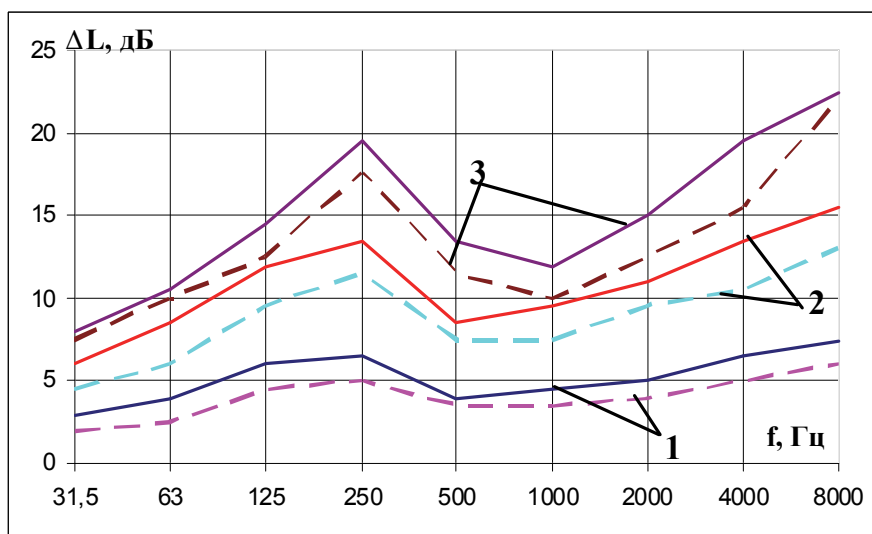


Рис. 3. Последовательное снижение УЗД на плоском участке (на примере скоростных и товарных поездов):

1 – 25 м, 2 – 50 м, 3 – 100 м (сплошные линии – скоростные; пунктиром – товарные).

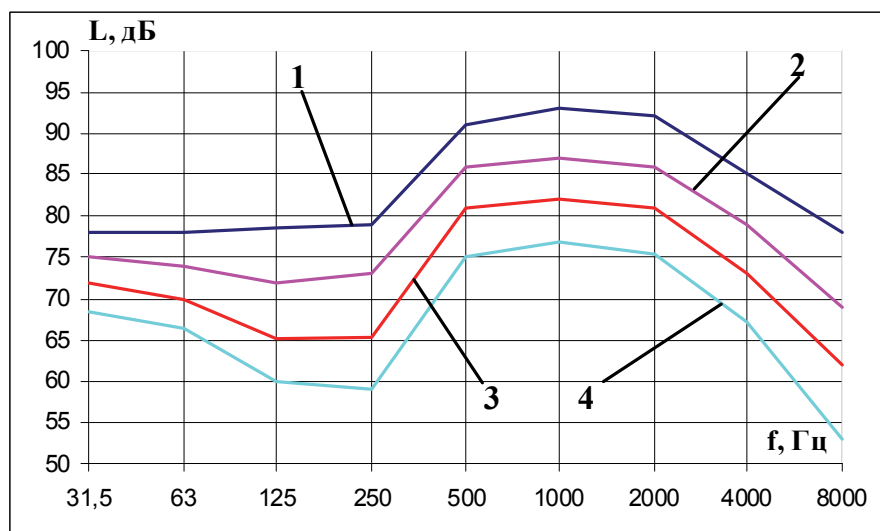


Рис. 4. Характерные спектры затухания УЗД с расстоянием электропоездов: 1 – 7,5 м, 2 – 25 м, 3 – 50 м, 4 – 100 м

щение поверхностью (средние и низкие частоты), молекулярное затухание звука в воздухе (высокие частоты). Первый механизм связан с типом поезда; эта зависимость ярко продемонстрирована данными, приведёнными на рис. 5; разница затухания для разных типов поездов составляет от 3 до 5 дБ. Второй и третий описанные механизмы связаны со свойствами ландшафта и окружающей среды.

3. ВЫВОДЫ

Экспериментальные исследования снижения шума поездов на плоском участке показали:

1. снижение шума с расстоянием определяется геометрическим расширением фронта звуковой волны от протяженного источника (поезд)

– характер звуковой волны в зависимости от расстояния может быть цилиндрический или сферический, звукопоглощением растительности на плоской поверхности, молекулярным затуханием звука в воздухе (на больших расстояниях и на высоких частотах);

2. процессы снижения шума с расстоянием не зависят от скорости поездов;

3. характер снижения шума зависит от типа поезда, это объясняется тем, что снижение за счет геометрического расширения зависит от длины поезда (разницы УЗД составляют от 3 до 5 дБ, УЗ – 3,5 дБА);

4. в связи с тем, что характер снижения определяется различными механизмами, снижение с расстоянием имеет частотнозависимый характер (разница по частотам составляет до 10 дБ).

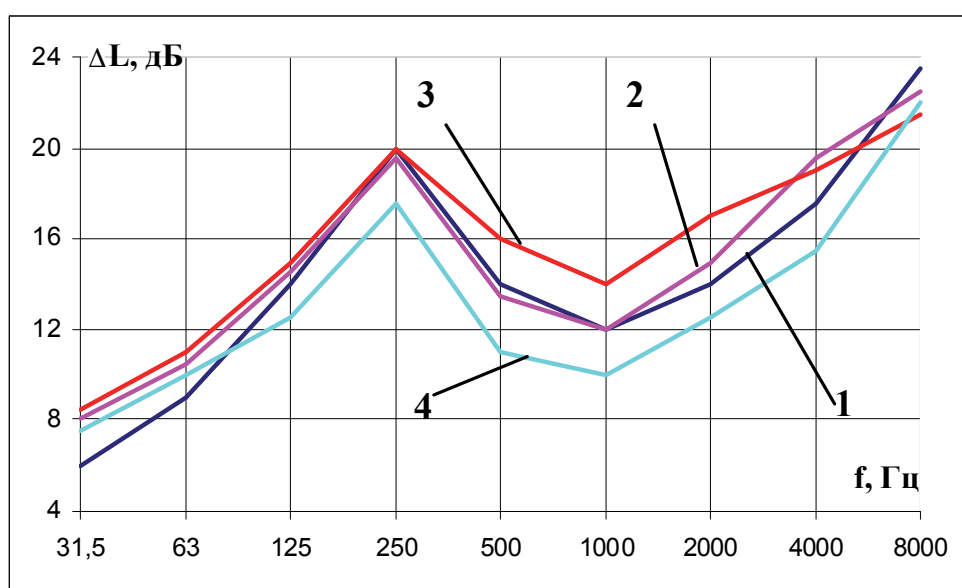


Рис. 5. Суммарное снижение УЗД, дБ, на плоском участке для различных типов поездов: 1 – пассажирские; 2 – скоростные; 3 – электропоезда; 4 – товарные

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов Н.И., Тюрина Н.В.* Проблема снижения шума железнодорожного транспорта // Доклады Международной научно-практической конференции «Применение акустических экранов для снижения шума и увеличения безопасности движения поездов» Москва, 14 декабря 2006. СПб, БГТУ, 2 – 28.
2. *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
3. HandBook of noise and Vibration control / Edited by Malkolm J. Crocker, NY, John Wiley and Sons Inc., 2007. 1569 p.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF SOUND OF TRAINS AT LEVEL AREAS

© 2012 D.A. Kuklin, P.V. Matveev

Baltic State Technical University “VOENMECH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg,

The paper presents the results of experimental studies of noise of trains on a flat site. The analysis of dependencies to reduce the external noise of trains, depending on distance, speed and type of train. The experimental results showed that the reduction of noise with distance is determined by the geo-metric extension of the front sound waves, sound absorption, increasing the sequence on a flat surface, the molecular attenuation of sound in air (at large distances and at high frequencies). The processes of noise reduction with distance does not depend on the speed of trains. The nature of noise depends on the type of train (decrease due to the geometric expansion depends on the length of an train). Reducing the distance is the frequency-dependent manner (once-ence in frequencies up to 10 dB).

Keywords: train, noise reduction, spectrum, level of sound-pressure level of sound, the sound wave.

Denis Kuklin, Candidate of Technics, Associate Professor at the Ecology and Safety of Life Department.

E-mail: kda1969@mail.ru

Petr Matveev, Postgraduate. E-mail: p.mtv@ya.ru