

## Исследование процессов шумообразования при движении высокоскоростных поездов

Бойко Ю.С.<sup>1</sup>, Шашурин А.Е.<sup>2\*</sup>, Joan Cardona<sup>3</sup>, Marc Albaladejo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

<sup>2</sup>К.т.н., БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

<sup>3</sup>CEO, AV Ingenieros, Abat Marcet, 41 bajos, 08173 St. Cugat del Vallés, Spain

<sup>4</sup>Engineer, AV Ingenieros, Abat Marcet, 41 bajos, 08173 St. Cugat del Vallés, Spain

### Аннотация

Рассматривается процесс шумообразования при проезде высокоскоростного поезда. Представлены методика и результаты измерений, проведенных на железной дороге Испании Renfe на поездах серии AVE 103 при скорости движения 300 км/ч. Предложен учет скорости возрастания звука для оценки степени воздействия звукового события на человека и увеличенный интервал продолжительности звукового события для определения эквивалентного уровня звука.

**Ключевые слова:** высокоскоростной поезд, процессы шумообразования, методика измерений.

### Введение

В настоящее время процесс шумообразования при движении высокоскоростных поездов до конца не изучен, и ни один из методов расчета, разработанных в таких странах как Япония, Китай, Южная Корея, Германия и Франция, где инфраструктура высокоскоростного железнодорожного транспорта сильно развита и давно успешно эксплуатируется, не является официально утвержденной и универсальной для применения.

Согласно теоретической модели о формировании звукового поля при достижении поездом скорости в 250 км/ч и дальнейшем ее увеличении, аэродинамический шум становится преобладающим в общем суммарном уровне звука. Источниками аэродинамического шума являются пантограф, носовая часть поезда и подвагонное пространство. Помимо аэродинамического шума в общий уровень вносят вклад шум качения и шум двигателя. Особенное влияние на формирование звукового поля оказывает высота расположения источников шума, представленная в Табл. 1, согласно [3, 4].

*Таблица 1.*

Высота расположения источников шума высокоскоростных поездов

Источники шума	Высота расположения, м
Двигатель	2,5-3,0
Шум качения	0,2-0,3
Аэродинамические	
Носовая часть поезда	2,5-3,5
Подвагонное пространство	0,8-1,0
Пантограф	4,5-6,0

Для подтверждения теоретических сведений о процессе шумообразования при движении высокоскоростных поездов авторами статьи были произведены измерения на железных дорогах Испании RENFE (исп. Red Nacional de Ferrocarriles Españoles – «Национальная сеть железных дорог Испании») на линии Барселона – Мадрид.

\*E-mail: iulia.boyko@gmail.com (Бойко Ю.С.), 7596890@mail.ru (Шашурин А.Е.)

Измерения проводились на участках с максимальной эксплуатируемой скоростью движения поезда (300 км/ч) серии AVE 103 с длинами подвижного состава 200 м и 400 м.

### 1. Методика проведения измерений

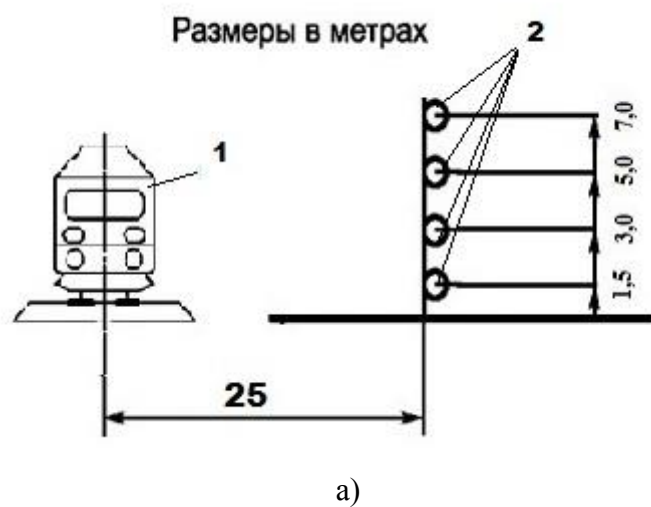
Авторами были разработаны методики измерений, позволяющих оценить как характер звукового поля при изменении высоты (1,5 м - 7,0 м от земли), так и процесс распространения шума на местности, и его снижение с расстоянием за счет дивергенции.

В представленной статье рассмотрены результаты, полученные при определении характера звукового поля при изменении высоты при движении поезда на равнинной местности.

Для выявления преобладающих источников шума были выбраны точки на высотах 1.5 м, 3.0 м, 5.0 м, 7.0 м. Все микрофоны крепились одновременно на 7-метровом штативе на расстоянии 25 м от оси железной дороги.

Измерения проводились в режиме мультizaписи шумомерами российского и испанского производства с фиксацией среднеквадратичных, эквивалентных и пиковых уровней звука, октавных и 1/3-октавных спектров.

Схема измерений уровней звука и общий вид измерительной установки на равнинной местности представлены на Рис. 1.



б)

Рис. 1. а) схема измерений уровней звука на равнинной местности: 1 – подвижной состав, 2 – микрофоны; б) общий вид измерительной установки

Измерения проводились на линии Барселона-Мадрид на участках с максимальной эксплуатируемой скоростью движения поезда (300 км/ч): Vilafranca del Penedès – Gelida. План местности проведения измерения представлен на Рис. 2.

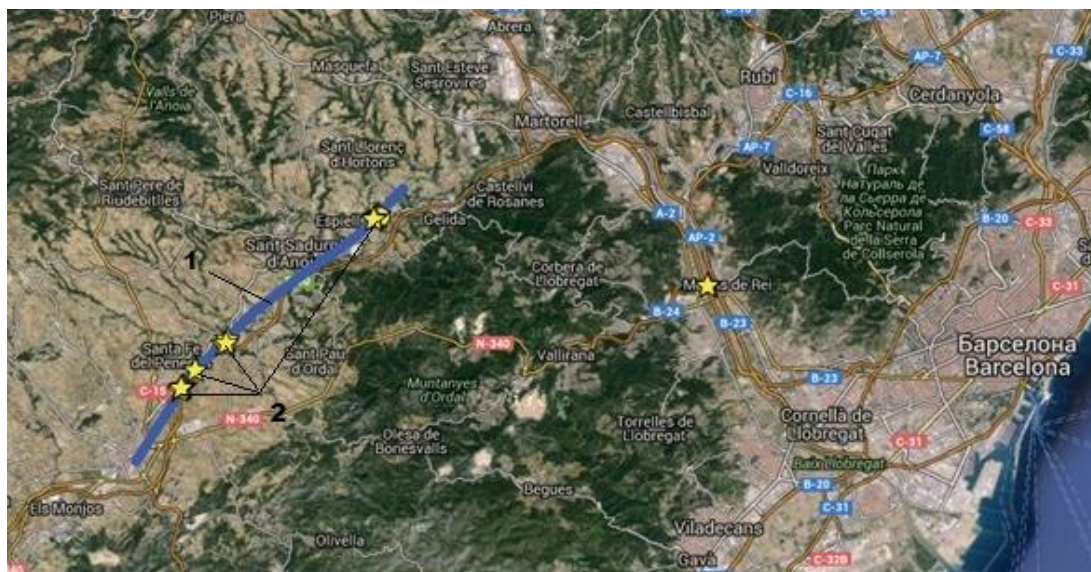


Рис. 2. План местности проведения измерений: 1 – участок трассы с максимальной эксплуатируемой скоростью 300 км/ч, 2 – точки проведения измерений

## 2. Анализ результатов измерений

Согласно ГОСТ 31296.1-2005 (ИСО 1996-1:2003) максимальным корректированным уровнем звукового давления является наибольший корректированный уровень звукового давления на заданном временном интервале. При обработке результатов измерений максимальные уровни звука принимались с использованием временной характеристики шумомера «slow» («медленно»).

Результаты измерений звукового поля на различной высоте от земли на расстоянии 25 м от оси при проезде поезда со скоростью 300 км/ч представлены в Табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений максимального уровня звука

Высота точки измерений	$L_{ASmax}$ , дБА (средние значения по всем измерениям)	Разница между уровнями звука на высоте 1,5 м и 7,0 м
7,0 м	88-90	Δ = 2-3 дБА
5,0 м	87-89	
3,0 м	86-88	
1,5 м	85-87	

Результаты измерений показывают, что на высоте 7,0 м максимальные уровни звука выше максимальных уровней звука на высоте 1,5 м в среднем на 2-3 дБА, что подтверждает теоретические сведения о превалировании аэродинамического шума

пантографа над другими источниками шума, в том числе шума качения, в суммарном звуковом поле при скоростях движения 300 км/ч. В свою очередь, исследования, проведенные в России на поездах с меньшими скоростями (до 200 км/ч), говорят о превалировании шума качения [3], что также экспериментально подтверждает граничную скорость в 250 км/ч как условие смещения основного источника шума в общем уровне с шума качения на аэродинамический шум (шум пантографа).

Следует также отметить, что за продолжительность звукового события, согласно ГОСТ 31296.1-2005 (ИСО 1996-1:2003), принимался интервал времени, в течение которого уровень звука, создаваемый поездом, отличался от фонового уровня звука более чем на 10 дБА. Так, для поезда длиной 400 м звуковое событие длилось в среднем 17 с, при этом интервал времени с начального момента изменения фонового уровня звука (с учетом интервала времени при разнице между фоновым уровнем звука и создаваемым уровнем при происшествии звукового события менее 10 дБА) до его возвращения на исходный уровень составляло 35 с, что более чем в 2 раза выше ранее определенной протяженности звукового события, в то время как непосредственное прохождение поезда мимо точки наблюдений занимает 4,8 с.

Те же самые параметры для поезда длиной 200 м составляют: 13 с, 30 с и 2,4 с.

График изменения максимального уровня звука от фоновых значений до пиковых с нанесением временной шкалы представлен на Рис. 3.



Рис. 3. Изменение максимального уровня звука при прохождении поезда со скоростью 300 км/ч

Максимальная скорость возрастания звука на рассматриваемом графике наблюдается на 525-527 с и составляет приблизительно 8 дБА/с (при непосредственном прохождении поезда мимо точки наблюдения), в то время как при приближении поезда

скорость возрастания звука составляет в среднем 1,5 дБА/с, что в 6 раз ниже. Известно, что помимо характера шума, скорость возрастания звука также влияет на его восприятие человеком.

По результатам анализа графика возрастания максимального уровня звука при прохождении высокоскоростного поезда мимо точки наблюдения, следует отметить, что при определении продолжительности звукового события, согласно существующей нормативной базе, действующей на территории РФ не учитываются уровни звука при приближении поезда, когда разница между фоновым и создаваемым уровнями звука менее 10 дБА, что составляет практически половину периода изменения давления воздуха в окружающей среде относительно изначального уровня. Учет данного интервала может быть полезен и целесообразен при определении эквивалентного уровня звука, создаваемого одиночным звуковым событием (проездом поезда). Также, в действующей нормативной документации отсутствует критерий оценки звукового события в зависимости от скорости возрастания звука. Введение данного параметра может быть полезно при изучении воздействия различных источников шума на человека.

### **Заключение**

Результаты выполненных исследований по изучению процесса шумообразования при проезде высокоскоростных поездов, проведенная на железных дорогах Испании на поездах серии AVE 103 со скоростью движения 300 км/ч позволили сделать следующие выводы:

- подтверждено превалирование аэродинамических источников шума (пантографа) в суммарном уровне;
- предложено учитывать интервал времени при возрастании уровня звука с разницей менее 10 дБА с фоновыми уровнями на территории при приближении и отдалении поезда для более достоверного определения эквивалентного уровня звука, и последующей его оценки;
- предложено введение параметра скорости возрастания звука при описании характеристик источников шума и оценке степени воздействия звукового события на человека.

### **Список литературы**

1. ГОСТ 32203-2013 «Железнодорожный подвижной состав. Акустика. Измерение внешнего шума».
2. ISO 3095:2013 «Railway application. Acoustics. Measurement of noise emitted by railbound vehicles» [Железнодорожный транспорт. Акустика. Измерение шума, создаваемого рельсовыми транспортными средствами].
3. Д.А. Куклин «Экспериментальные исследования источников шума подвижного состава железнодорожного транспорта», Защита населения от повышенного шумового воздействия: Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Россия, Санкт-Петербург, 17-19 марта 2009 г.) / под ред. Н.И. Иванова – Санкт-Петербург : Изд-во ИННОВА, 2014. – 660 с. ISBN 978-5-9906108-3-5. стр. 562-579.

- 
4. DOT/FRA/ORD-12/15 High-Speed Ground Transportation Noise and Vibration Impact Assessment. U.S. Department of Transportation. Federal Railroad Administration. Washington, DC 20590, September 2012.