

допустимого отклонения от максимальной нормы состава Δm . При значении $\Delta m \geq m_{гр}$ ($\frac{\Delta m}{m_{гр}} \geq 1$) имеет место безостаточное накопление вагонов, что обеспечивает минимальный простой вагонов под накоплением.

Поскольку с увеличением Δm снижается величина среднего состава формируемых поездов (m), решение о введении гибкой нормы состава для отдельного поездного назначения и выбор значения Δm должны учитывать возможность пропуска поездов на участках по условиям пропускной способности, доста-

точность локомотивного парка и конкретные условия работы станции.

Библиографический список

1. **Новый** подход к расчету затрат вагоно-часов на накопление / В. А. Кудрявцев, Я. В. Кукушкина, Ш. М. Суюнбаев // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2010. – Вып. 1 (22). – С. 5–10.
2. **Процесс** накопления вагонов на составы поездов / В. А. Кудрявцев, А. А. Светашев // Изв. Петербург. ун-та путей сообщения. – 2014. – Вып. 3 (40). – С. 98–104.

УДК 613.644

Д. Е. Курепин

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

АНАЛИЗ УРОВНЕЙ СВЕРХНОРМАТИВНОГО ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Проанализировано сверхнормативное воздействие шума от железнодорожного транспорта на селитебную территорию, намечены перспективы его снижения. Изучены основные источники образования шума железнодорожного транспорта и нормативные стандарты, регулирующие его воздействие на окружающую среду. Установлены основные причины жалоб граждан на акустический дискомфорт, возникающий от действия железнодорожного транспорта и его инфраструктуры. Проведены натурные замеры и программное моделирование источников шума. Дана оценка эффективности шумозащитных мероприятий, направленных на снижение негативного акустического воздействия, исходящего от железнодорожного транспорта.

шум, железнодорожный транспорт, селитебная зона, акустический экран, АРМ «Акустика», эффективность.

Введение

Проблема шума в крупных городах с каждым годом только растет. Доля населения, проживающего в зоне акустического дискомфорта, составляет в среднем от 20 до 60%. Неудовлетворительное состояние автомобильных

дорог при продолжающемся росте интенсивности транспортных потоков, нерациональное строительство жилых зданий, увеличение плотности строительства без сооружения дополнительных развязок и разъездов – все это приводит к постоянному увеличению акустического загрязнения в мегаполисах. Наиболь-

ший акустический дискомфорт в мегаполисах создает автомобильный, железнодорожный и авиационный транспорт. Более подробно остановимся на изучении шума от железнодорожного транспорта.

1 Источники шума железнодорожного транспорта

Воздействие железнодорожного шума на окружающую среду многообразно. По интенсивности шум от железнодорожного транспорта занимает промежуточное значение между автомобильным и авиационным шумами, однако по числу источников железнодорожному шуму нет равных [1].

Выделяют три основных объекта, на которые воздействует шум от железнодорожного транспорта: селитебная территория; пассажиры и обслуживающий персонал на станциях; пассажиры и обслуживающий персонал поездов.

В селитебной зоне основными источниками шума являются шум локомотива; звуковые сигналы; аэродинамическое взаимодействие подвижного состава с окружающей средой (при скорости более 200 км/ч); взаимодействие пути и подвижного состава при движении (излучение шума системой колесо – рельс), или шум качения; структурный шум, возникающий от передачи вибрации в системе колесо – рельс в близко расположенные здания; машины и механизмы для производства работ по текущему содержанию пути; вспомогательное оборудование; производственные предприятия железнодорожного транспорта (сортировочные и грузовые станции, локомотивные и вагонные депо); тяговые подстанции; железнодорожные мосты (при движении по ним подвижного состава).

Изучению шума от подвижного состава и разработке вариантов шумоглушения посвящены работы Н. И. Иванова [1].

Свой вклад в процесс шумообразования дает также дребезжание корпуса подвижного состава (корпусный шум), «визг» колеса в

кривых, звукоизлучение тормозных колодок и колеса при торможении (шум торможения), соударение вагонов (шум сцепки), отражение звука при установке рельсов на плитах, удары на стыках рельсов. Однако в настоящее время сверхнормативный шум от объектов железнодорожного транспорта нуждается в дальнейшем изучении.

Нормативные документы, регламентирующие воздействие шума от железнодорожного транспорта, представлены ГОСТами, СТО, техническими регламентами [2–8].

В странах ЕС принимают директивы Европейского парламента для соблюдения единых требований, норм, измерительных процедур в области борьбы с шумом [9–11]. В европейских странах шум нормируют международные нормативные стандарты ISO [12, 13].

Известно, что шум от железнодорожного транспорта обладает специфическими особенностями: население, проживающее в непосредственной близости от железной дороги, привыкает к нему. В связи с этим в европейских странах при нормировании шума от железнодорожного транспорта введена так называемая поправка, или «бонус», которая снижает норму по шуму на 5 дБА (Германия, Швейцария) или 7 дБА (Италия, Нидерланды).

Такие поправки отсутствуют в отечественных нормативных документах. Кроме того, имеются различия в методиках оценки шума от железнодорожного транспорта.

2 Анализ жалоб граждан на шум от железнодорожного транспорта

Жалобы населения на шум от железнодорожного транспорта можно считать объективной характеристикой неблагоприятного действия шума на население.

Мы проанализировали жалобы за 2012, 2013 гг. и 9 месяцев 2014 г. За это период поступило 150 жалоб.

Наибольшее количество жалоб приходится на витебское, ладожское и финляндское направления.

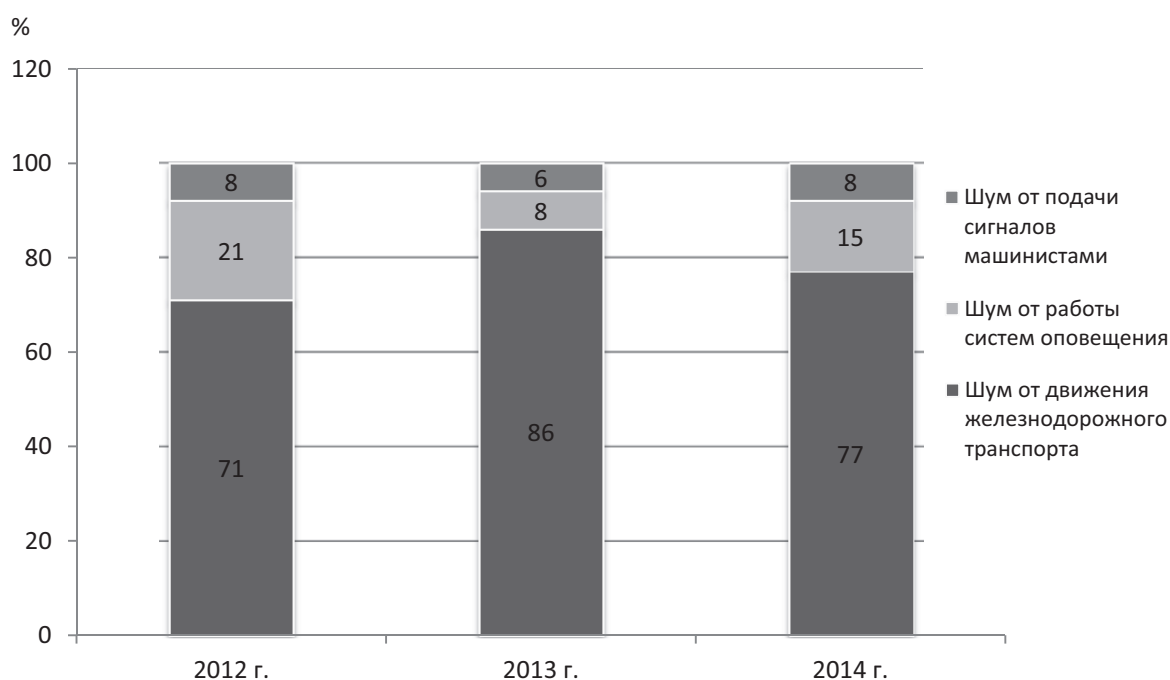


Рис. 1. Распределение причин жалоб по годам

На рис. 1 представлено распределение причин обращений граждан.

Наибольшее количество жалоб населения поступает на шум, возникающий при движении железнодорожного транспорта (взаимодействие системы колесо – рельс, скрип, стук при начале движения поезда от сцепки, шум от двигательной установки, шум от торможения).

Анализ распределения жалоб в зависимости от расположения жилых зданий по отношению к зоне санитарного разрыва (ориентировочно 100 м) показал, что большинство из них поступает от владельцев домов, расположенных непосредственно в зоне санитарного разрыва (63% – до 100 м, 32% – более 100 м).

3 Результаты натурных замеров шума

Для более детального изучения акустического загрязнения от железнодорожного транспорта мы замерили шум в жилой зоне на участке Санкт-Петербург – Ладжский – Волховстрой.

Измерение шумовой характеристики потоков железнодорожного транспорта проведено в соответствии с ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий», ГОСТ 20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения звуковой характеристики».

В период проведения замеров в зоне акустического воздействия железнодорожного транспорта было зарегистрировано прохождение поездов трех типов: электропоездов – 48,5%, скорых – 15,5%, грузовых – 36%. Данные замеров эквивалентного и максимального уровней звука представлены в табл. 1.

Спектральная характеристика уровней шума от поездов различных типов представлена в табл. 2.

Данные замеров свидетельствуют о значительном превышении допустимой нормы шума от всех категорий поездов.

Для снижения негативного акустического воздействия от железнодорожного транспорта необходимо разработать меры по его снижению, особенно при частотах от 500 до 8000 Гц.

ТАБЛИЦА 1. Результаты измерения уровня звука на расстоянии $25 \pm 0,15$ м от оси пути (эквивалентные, максимальные), дБа

Тип поезда	$L_{\text{экв}}$	$L_{\text{макс}}$
Электропоезд	76	82
Скорый	74	86
Грузовой	82	91

ТАБЛИЦА 2. Уровень звукового давления по октавным полосам частот

Октавная частота, Гц	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Норма согласно ГОСТу (7–23 ч)	90	75	66	59	54	50	47	45	44
Среднее значение (электропоезд)	76,6	75,9	72,0	69,1	71,6	71,3	69,4	64,5	57,5
Среднее значение (скорый поезд)	72,9	71,0	67,7	64,6	68,7	66,3	65,3	60,1	55,6
Среднее значение (грузовой поезд)	73,7	73,5	70,8	68,1	70,7	69,4	68,1	63,5	57,1
% превышений нормы	1	39	75	86	95	99	99	100	97

4 Анализ эффективности использования акустических экранов в условиях высокоэтажной застройки

Наиболее эффективным средством борьбы с шумом на пути его распространения является использование акустических экранов. Его эффективность зависит от материала, высоты, длины и формы и достигает 10–20 дБа.

Настройки на акустических экранах различной формы (Г-, Х-, Т-образных) увеличивают его эффективность в среднем на 2–5 дБа [1].

В настоящее время существуют программные комплексы, позволяющие моделировать распространение шума (Интеграл, Логус, АРМ «Акустика»).

Эффективность использования акустических экранов в условиях многоэтажной застройки наиболее целесообразно оценивать

с помощью программного комплекса АРМ «Акустика» версии 3.2.1. Мы использовали именно этот программный продукт.

В качестве объекта анализа взят участок железной дороги протяженностью 400 м, высота экрана 5 м, коэффициент звукоотражения 0,8, толщина стенок 0,2 м.

Акустический экран устанавливали на различном удалении от источника шума (1,5–7,5 м). Расчетные точки взяты последовательно в середине длины экрана на высоте 1,5–30 м и на удалении 15–100 м от источника шума (рис. 2).

Результаты распределения шума по высоте представлены на рис. 3.

Как показывает график распределения эквивалентного уровня звука, на высотах 1,5 и 5 м достигается наибольшая эффективность экрана (48 дБа). С увеличением высоты наблюдается существенный рост шума (66 дБа при высоте 30 м). Превышение допустимых

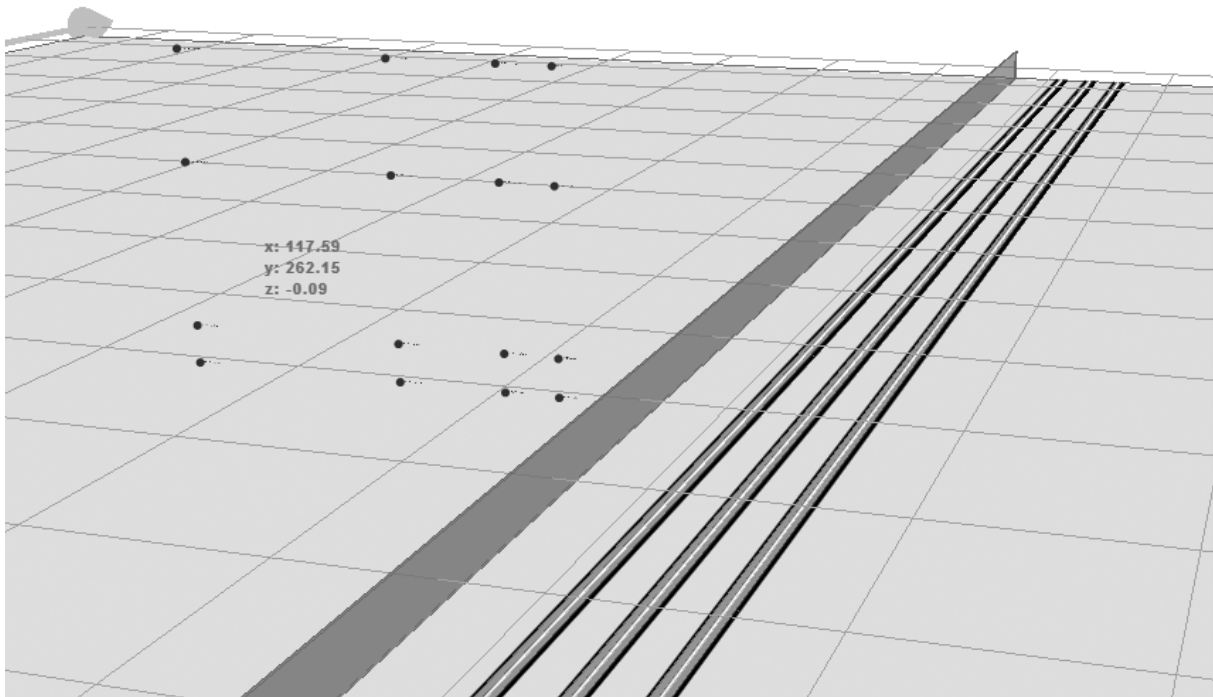


Рис. 2. Железная дорога с акустическим экраном

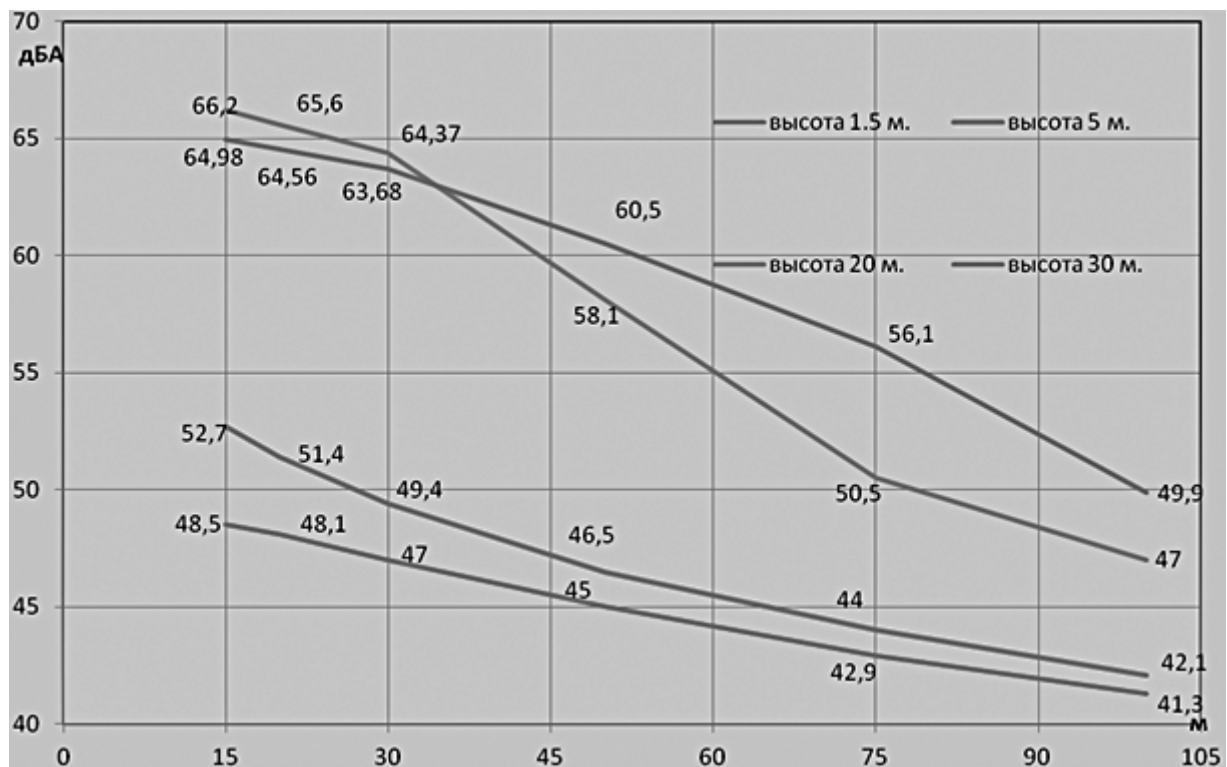


Рис. 3. График распределения эквивалентного уровня звука в зависимости от высоты

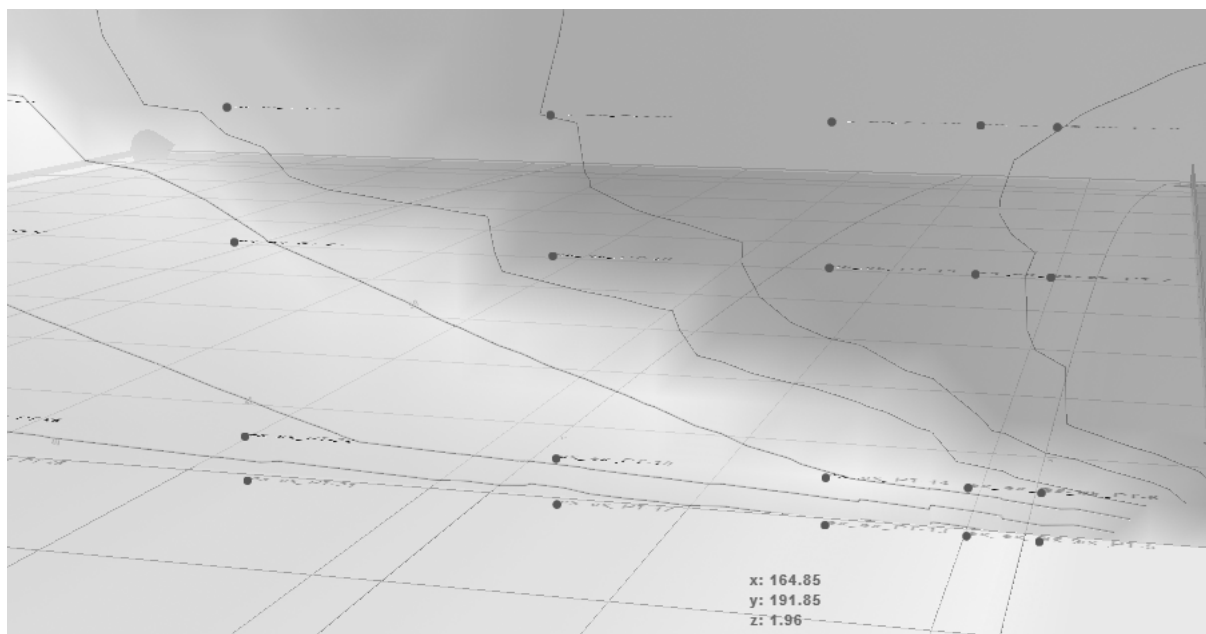


Рис. 4. Шумовая карта и шумовой разрез участка железной дороги

значений наблюдается на довольно большом удалении от источника шума.

Установлено, что с увеличением высоты расположения расчетных точек акустическая эффективность экрана снижается.

На небольших высотах (1,5–5 м) эффективность акустического экрана наиболее существенна. Дальнейшее увеличение высоты приводит к повышению шума.

Данные, полученные с помощью моделирования, отображены на рис. 4. Темная область на шумовом разрезе показывает высокий уровень шума.

Заключение

Анализ жалоб граждан на шум от железнодорожного транспорта показал, что эта серьезная проблема требует детального изучения. Наибольшее количество обращений связано с шумом от подвижного состава железнодорожного транспорта (взаимодействие системы колесо – рельс, скрип, стук при начале движения поезда от сцепки, шум от двигательной установки, шум от торможения). Наибольшее количество жалоб поступило из жилых зда-

ний, которые находятся на расстоянии менее 100 м, т. е. входят в ориентировочную зону санитарного разрыва.

Использование акустического экрана для снижения негативного акустического воздействия от железнодорожного транспорта в условиях высокоэтажной застройки неэффективно. Акустический экран наиболее эффективен на высоте до 5 м. С дальнейшим увеличением высоты его эффективность снижается. В связи с этим рекомендуется использовать акустические экраны только в районах с малоэтажной застройкой либо устанавливать экраны значительной высоты.

Для снижения сверхнормативного акустического воздействия в районах высокоэтажной застройки необходимо использовать комплекс мероприятий, снижающих интенсивность шума в источнике, так как эффективность экранов недостаточна.

Библиографический список

1. **Снижение** шума железнодорожного транспорта / Н. И. Иванов, Д. А. Ку克林, П. В. Матвеев, М. В. Буторина // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 12. – С. 4–5.

2. **ГОСТ Р 54931-2012.** Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования (введ. 1 марта 2013 г.). – М. : Стандартинформ, 2013. – 14 с.
3. **ГОСТ Р 54933-2012.** Шум. Методы расчета внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом (введ. 1 марта 2013 г.). – М. : Стандартинформ, 2013. – 21 с.
4. **ГОСТ Р 54932-2012.** Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Методы контроля (введ. 1 марта 2013 г.). – М. : Стандартинформ, 2013. – 11 с.
5. **СТО РЖД 1.07.007–2010.** Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Правила приемки, ввода в эксплуатацию и обслуживания в процессе жизненного цикла (введ. 1 июня 2012 г.). – М. : Стандартинформ, 2012. – 35 с.
6. **Технический регламент Таможенного Союза.** О безопасности железнодорожного подвижного состава (ТР ТС 001/2011) (утв. решением Комиссии ТС от 15 июля 2011 г.). – 66 с.
7. **Технический регламент Таможенного союза.** О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта (ТР ТС 002/2011) (утв. решением Комиссии ТС от 15 июля 2011 г.). – 72 с.
8. **ГОСТ 32203-2013.** Железнодорожный подвижной состав. Акустика. Измерение внешнего шума (введ. 1 июня 2014 г.). – М. : Стандартинформ, 2014. – 15 с.
9. **Directive 2002/49/EC** of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise.
10. **Council Directive 96/48/EC** of 23 July 1996 on the interoperability of the trans-European high-speed rail system.
11. **2002/735/EC** : Commission Decision of 30 May 2002 concerning the technical specification for interoperability relating to the rolling stock subsystem of the trans-European high-speed rail system.
12. **ISO 3095:2013.** Acoustics. Railway applications. Measurement of noise emitted by railbound vehicles.
13. **ISO 3381:2005.** Railway applications. Acoustics. Measurement of noise inside railbound vehicles.