

Эффективность малых акустических экранов для защиты от шума железнодорожного транспорта

Васильев А.¹, Ли-Ко-Шин Ю.¹, Кудяев А.В.², Куклин Д.А.², Матвеев П.В.²

¹ Магистрант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

² Доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»

^{1,2} БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

Аннотация

Проведена экспериментальная оценка эффективности акустического экрана малой высоты. Представлена методика проведения эксперимента. Выполнено сравнение полученных результатов с построенной ранее расчетной математической моделью экрана.

Ключевые слова: акустический экран малой высоты, экспериментальная оценка, математическая модель, методика измерения.

The effectiveness of small noise barriers for protection of railway noise

Vasilev A.¹, Li-Ko-Shin Y.¹, Kudaev A.V.², Kuklin D.A.², Matveev P.V.²

¹Undergraduate student of the Department "Ecology and life safety"

²Associate Professor of the Department "Ecology and life safety"

BSTU «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Russia, Saint-Petersburg, 1 Krasnoarmeyskaya, 1

Abstract

Experimental evaluation of the efficiency of the noise barrier of small height. Present experimental method. The comparison of obtained results with previously the estimated theoretical model of the small noise barrier.

Keywords: *Small noise barriers, experimental evaluation, theoretical model, methods of measurement.*

Введение

На тему акустических экранов написано бесконечное число работ, проведены эксперименты, разработаны новые материалы. Кажется, что все уже изучено, но что-то подвигает исследователей продолжать работать в этом направлении. У экранов классической конструкции имеется ряд существенных недостатков, например, в кривых из-за экрана пропадает видимость и приходится либо отодвигать экран, что уменьшает его эффективность, либо отказываться от него целиком. Вопрос безопасности является очень важным при конструировании экрана, и частично ограничивает его применение. Факторы цены, слабых грунтов, установки экранов на насыпях и т.д. также учитываются при проектировании. Разумеется, встаёт вопрос о совмещении всех требований. Но возможно ли это? Конечно да! Анализируя характеристики шума железнодорожного транспорта [1] можно отметить, что основной источник шума (согласно П. Ремингтону и Д. Томпсону) – это шум качения. То есть контакт колесо-рельс. Модель Ремингтона-Томпсона предполагает излучение шума в паре колесо-рельс в следующей зависимости: колесо – 30%, рельс – 70%. Конечно, применимо и излучение шпалами, но согласно модели [1] шпала излучает уровень звука на 10 дБ меньше, чем колесо или рельс. Отсюда сформулирован вывод, что защититься можно не целиком от шума всего вагона, а только от наиболее излучающей его части, то есть системы колесо-рельс. Соответственно можно установить невысокий экран, защищающий только область излучения шума качения,

максимально приблизив его к путям, заперев шум в подвагонном пространстве, и, таким образом, создав некий капот с длинной щелью вдоль состава. Конечно, на этом пути тоже есть ограничения – габарит приближения строений, определяющий возможность установки экрана максимально близко к источнику шума, что особенно заметно за границами станции, где размещение экрана возможно только на расстояниях более 2450 мм от оси пути, что существенно снижает эффективность данного шумозащитного экрана. Установка малого экрана, в пределах границ станции производит максимальный эффект, поскольку при разрешённой высоте экрана 1100 мм от уровня головки рельса расстояние от оси пути составляет 1920 мм. Таким образом перекрывает подвагонное пространство, тележку колёса. Однако на идеальные физические принципы накладываются ещё ограничения – это провоз негабаритных грузов и уборка снега, а так же падение экрана на пути в случае поломки.

1. Объект исследования

Основываясь на этих положениях, был спроектирован и установлен на прямом участке Октябрьской железной дороги, малый акустический экран длиной 800 м, высотой 850 мм над уровнем головки рельса и на расстоянии 2710 мм от оси пути. Внешний вид экрана представлен на рисунке 1.



Рис. 1. – Внешний вид экрана

Экран имеет звукопоглощающую поверхность, обращённую к источнику шума. В экране сделаны проёмы для проходов, которые защищены контрэкранами высотой 1400 мм от уровня головки рельса.

Расчёт эффективности экрана проводился по модели и зависимостям, описанным в [2].

Базовой формулой для расчёта эффективности была следующая зависимость:

$$\Delta L_{\text{МАЭ}} = 10 \lg \frac{(h_3 \alpha_3 + h_3 \alpha_{\text{и}} + r \alpha_{\text{и}} + r)}{\lambda} + 10 \lg \psi_{\text{об}} - 10 \lg(1 - \alpha_{\text{об}}) - 10 \lg(1 - \alpha_{\text{пов}}) + 10 \lg \frac{1}{\beta_{\text{дифр}}} - 6, \text{ дБ} \quad (1)$$

По данной формуле эффективность экрана должна была быть отражением графика (рисунок 2).

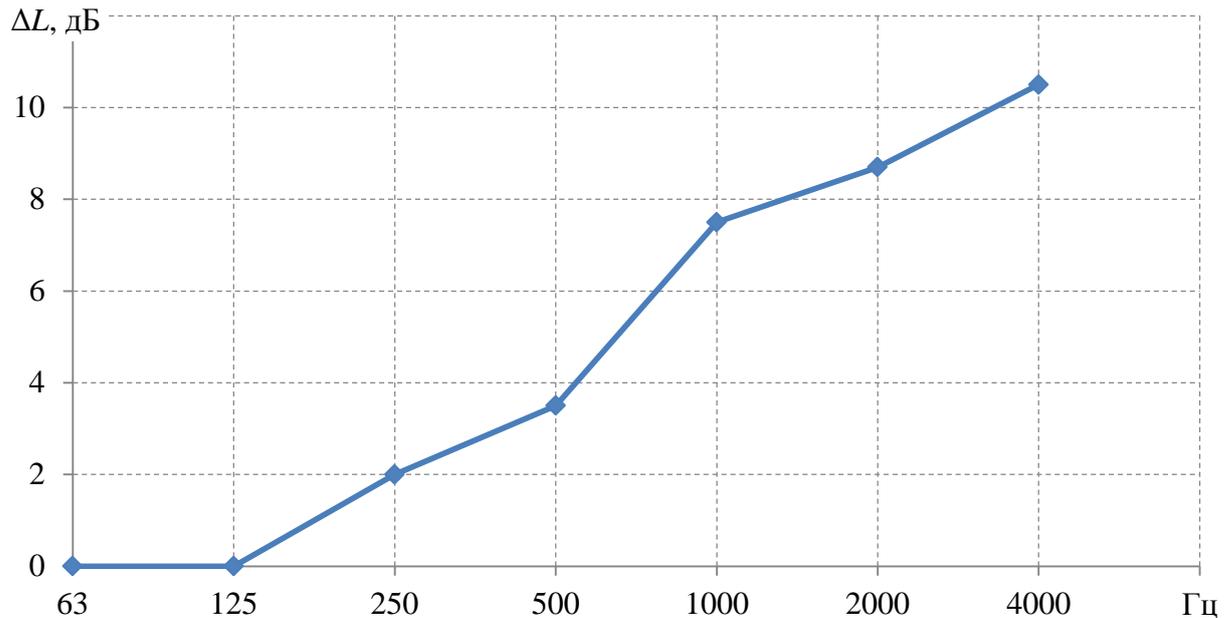


Рис. 2 – Расчётная эффективность малого акустического экрана в зависимости от частоты

2. Измерение эффективности малых экранов

Поскольку для определения эффективности малых экранов нет утвержденной методики измерений, была разработана индивидуальная программа-методика определения эффективности малого экрана.

1. Экспериментальная оценка приведенной акустической эффективности экрана, установленного на местности, проводится в соответствии с ГОСТ 33328-2015 с использованием непрямого метода при соблюдении следующих условий:

- измерения проводят с использованием реального источника шума – проходящих поездов;

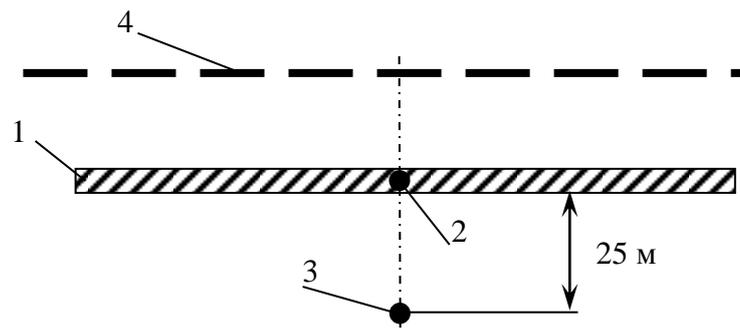
- измерения проводят одновременно в контрольной (для определения акустической эффективности экрана) и опорной (для обеспечения подобия характеристик источника шума) точках при наличии акустического экрана и без акустического экрана;

- при проведении серий испытаний с акустическим экраном и без акустического экрана характеристики источника шума, влияющие на акустическую эффективность экрана (частотный спектр, направленность излучения, пространственные координаты, скорость движения, число и тип источников шума (при наличии нескольких путей)) должны быть идентичны (допускается изменение уровней звука в опорной точке при проведении серий испытаний с акустическим экраном и без него в пределах $\pm 1,5$ дБА).

2. Контрольную точку размещают в середине длины акустического экрана со стороны объекта защиты на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м на расстоянии 25 м от акустического экрана.

3. Положение опорной точки выбирают на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м от верхнего ребра акустического экрана; при отсутствии акустического экрана опорную точку располагают на высоте, равной $(h_{\text{экр}} + 1,5)$ м, где $h_{\text{экр}}$ – высота акустического экрана.

4. Контрольная и опорная точки должны быть расположены в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости акустического экрана согласно рисунку 3.



1 – акустический экран; 2 – опорная точка; 3 – контрольная точка в середине акустического экрана; 4 – железнодорожный путь

Рис. 3 – Расположение точек измерения

5. Измерения уровней шума с акустическим экраном и без акустического экрана начинают в момент, когда мимо контрольной точки проходит локомотив поезда или головной вагон электропоезда, а заканчивают, когда мимо контрольной точки проходит последний вагон.

6. Минимальное число измерений определяется числом поездов, проходящих мимо контрольной точки:

– на однопутном участке минимальное число поездов каждой категории, при прохождении которых должны быть проведены измерения, равно трем;

– на двухпутном участке минимальное число поездов каждой категории, при прохождении которых должны быть проведены измерения, равно шести, при этом по каждому из путей предусматривается прохождение одинакового числа поездов в обоих направлениях.

7. Влияние фонового шума на результаты измерений учитывается в соответствии с п. 8.

8. По результатам измерений при испытаниях с акустическим экраном и без акустического экрана рассчитывают средние октавные уровни звукового давления \bar{L} , дБ, или уровни звука \bar{L}_A , дБА, в контрольной и опорной точках по формулам:

$$\bar{L} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + k_i)} \right), \quad (2)$$

$$\bar{L}_A = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{Ai} + k_i)} \right), \quad (3)$$

где n – число измерений, шт.;

L_i (L_{Ai}) – измеренные октавные уровни звукового давления, дБ, или уровни звука, дБА;

k_i – коррекция на фоновый шум, определяется в дБ (дБА) [4]/

9. При использовании непрямого метода измерений приведенную акустическую эффективность экрана ΔL_p , дБ (дБА), рассчитывают по формуле

$$\Delta L = (\bar{L}_O^{C/Э} - (\bar{L}_K^{C/Э} - C^{C/Э})) - (\bar{L}_O^{B/Э} - (\bar{L}_K^{B/Э} - C^{B/Э})), \quad (4)$$

где $C^{C/Э}$ ($C^{B/Э}$) – коррекция, учитывающая расположение контрольной точки, дБ (дБА), с акустическим экраном и без акустического экрана соответственно:

$C^{C/Э}$ ($C^{B/Э}$) = 0 дБ (дБА) для условий свободного звукового поля;

$C^{C/Э}$ ($C^{B/Э}$) = 3 дБ (дБА), если контрольная точка расположена вблизи объекта защиты, микрофон располагается на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций объекта защиты.

10. Результаты расчетов акустической эффективности экрана по формуле (3) округляют до ближайшего целого числа и сравнивают с заявленным в технической документации на акустический экран значением приведенной акустической эффективности ΔL_d .

Если оказывается $\Delta L < \Delta L_d$, определяют и устраняют причины недостаточной акустической эффективности экрана и испытания повторяют.

Результаты экспериментальной оценки эффективности экрана для грузовых поездов представлены на рисунке 4.

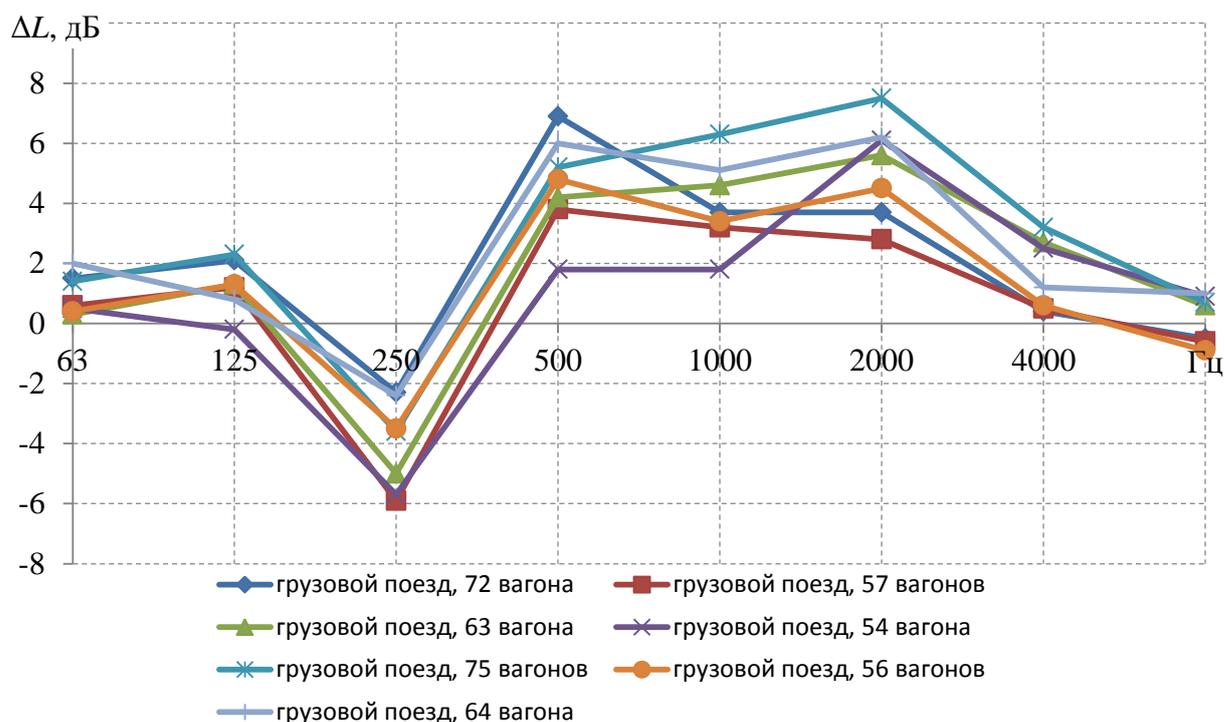


Рис. 4 – Результаты экспериментальной оценки эффективности экрана

Заключение

Предварительная оценка полученных результатов показывает, что в построенной расчетной модели были не учтены резонансные явления, возникающие при движении подвижного состава между конструкцией экрана и элементами подвижного состава, а также подвагонным пространством. Предварительно эффективность акустического экрана составляет 0,5-6,8 дБ в диапазоне 31,5-8000 Гц. Требуется дальнейшее уточнение полученных результатов.

Список литературы

1. Буторина М.В., Иванов Н.И., Куклин Д.А., Матвеев П.В. Снижение шума железнодорожного транспорта // Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал. – М.: Изд-во «Новые технологии», 2012. – №12. с. 1-23.
2. Куклин Д.А., Матвеев П.В. Расчёт эффективности малых экранов для железных дорог // Интеллектуальные системы в производстве 2(26) 2015 С.18-20 ISSN 1813-7911
3. Иванов Н.И. – Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2015. – 432 с.
4. ГОСТ 20444-2014. Межгосударственный стандарт. ШУМ. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. 2015. – 24с.