



Рисунок 2 – Зависимость эффективности акустического экрана от высоты экрана

Как видно из рисунка 2, эффективность акустического экрана возрастает с увеличением высоты экрана в среднем на 20–21 % на каждый метр высоты экрана в зависимости от частоты звуковой волны.

Таким образом, при моделировании различных ситуаций программа позволяет уже на стадии проектирования или реконструкции транспортного предприятия или железнодорожного пути минимизировать акустическое загрязнение окружающей среды.

УДК 625.1: 628.517.2

УМЕНЬШЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Н. В. ДОВГЕЛЮК, В. С. ШАГУЛИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Конструкции железнодорожного пути, уменьшающие генерирование шума, продолжают свое развитие. Недавние исследования выявили ряд перспективных направлений. Предметом особого внимания является шум на частотах от 20 Гц до 20 кГц, воспринимаемый человеческим ухом. Волны шума генерируются по одному из двух механизмов: вибрациями твердого тела или колебаниями давления воздуха.

Оба эти явления имеются на железных дорогах. Для высокоскоростного движения характерен аэродинамический шум, генерируемый неустановившимися воздушными потоками, особенно в лобовых частях поездов, вагонных соединениях, на тележках, в токоприемниках. Однако механические составляющие всё еще преобладают в общем шуме при движении со скоростью до 300 км/ч. Основным источником шума является контакт колеса и рельса. Шум качения вызывается неровностями поверхностей колеса и рельса в точке контакта, возбуждающими их относительные колебания. Колесо представляет собой резонирующую структуру, напоминающую колокол, и интенсивно вибрирует на разных резонансных частотах.

Шероховатости вызывают колебания в вертикальной плоскости на частотах более 1,5 Гц. Колебания рельса имеют характер продольных волн. Вибрации передаются с рельса на шпалы, балласт и грунт. Эти разнообразные колебания колеса и элементов пути вызывают шум, который распространяется по воздуху. Акустическая энергия расходится по цилиндрической или сферической поверхности таким образом, что уровень шума уменьшается от 3 до 6 дБ при каждом удвоении расстояния от пути. Одним из путей снижения шума является уменьшение неровностей колес и рельсов путем внедрения на железных дорогах композиционных тормозных колодок для грузовых поездов. Такие колодки не вызывают появления шероховатости на поверхности колес в соответствующем диапазоне длин волн, тогда как чугунные колодки приводят к образованию волнообразных неровностей. Аналогично общепринятым является шлифование рельсов для удаления их волнообразного износа.

Относительная доля шума от колес и элементов пути в общем его уровне зависит от их конструктивных особенностей. Шпалы создают наибольший шум на низких частотах, рельсы в диапазоне средних частот, а колеса – на высоких частотах. Для достижения значительного общего снижения шума уменьшается шум от колебаний верхнего строения пути. Путь с низким уровнем шума наиболее эффективен в сочетании с малошумными колесами.

При движении подвижного состава в кривых малого радиуса генерируется скрежет, в котором доминируют узкополосные шумы с частотами от 500 Гц до 8 кГц. Уровень их громкости выше, чем обычный уровень шума от качения колес по рельсам на прямолинейном участке при прочих равных условиях. Скрежет в кривых возникает тогда, когда колесная пара из-за разных радиусов качения колес не катится по рельсам без проскальзывания. Меры по предотвращению или уменьшению скрежета предпринимаются на различных стадиях генерирования этого шума. При этом соблюдаются определенные требования, такие как минимально допустимое значение коэффициента трения, умеренные эксплуатационные расходы жизненного цикла, а также типовые условия железнодорожной сети и реализуемых в ней эксплуатационных процессов. При использовании смазочных средств подтверждается их экологическая безвредность.

Для предотвращения скрежета на подвижном составе используются следующие решения: колеса, вращающиеся на оси, классические колесные пары с радиальной установкой колес, колесные абсорберы, смазывание гребня бандажа или поверхности катания колеса. Предпринимаются мероприятия со стороны пути, такие как смазка внутренней грани или поверхности катания рельса, его изоляция, совершенствование систем рельсовых креплений и применение рельсов различного профиля для внутреннего и наружного рельсов в кривых. По сравнению с автомобильным и воздушным транспортом железнодорожный оказывает меньшее вредное воздействие на окружающую среду по всем факторам влияния, за исключением одного – шума. Особенно обременительным для районов, примыкающих к железным дорогам, является шум от грузовых поездов, которые идут преимущественно по ночам.

В результате замены чугунных тормозных колодок на композиционные значительно сокращается шум от подвижного состава. Важной задачей является разработка мероприятий не по снижению уровня шума, генерируемого при качении колеса по рельсу, а по быстрому и полному преобразованию энергии звука в другие ее виды. Если исходить из того, что проблема шума качения в ближайшие годы будет решена, то остаются такие проблемы, как скрежет при прохождении кривых и шум от вспомогательного оборудования – вентиляторов и системы кондиционирования воздуха.

Под скрежетом от подвижного состава при прохождении кривых понимается шум, который производится железнодорожным подвижным составом при прохождении кривых малого радиуса и который не менее, чем на 10 дБ (А) выше, чем обычный шум от качения колес по рельсам на прямолинейном участке при тех же условиях (например, при одинаковой шероховатости рельсов одного и того же типа).

Рассмотрим моторную колесную пару тележки. Перемещаясь в кривой, она стремится к продолжению прямолинейного движения. В результате набегания на наружный рельс гребня колеса колесная пара отжимается внутрь кривой, что приводит к увеличивающемуся изгибу внутреннего колеса. Когда возвращающее усилие внутреннего колеса становится больше силы трения между ним и внутренним рельсом, колесо отклоняется в исходное ненагруженное положение (или снова в такое положение, в котором оно находится в состоянии сцепления с рельсом, поскольку сила трения снова становится больше возвращающей силы). Этот процесс многократно повторяется, что вызывает широкополосное возбуждение колеса. Подавляемые частоты быстро исчезают, в то время как слабо демпфируемые частоты собственных колебаний возрастают. Колесо ведет себя как гонг и издает звук, в котором доминируют один или несколько чистых тонов. Вторая колесная пара подвижного состава или тележки ведет себя противоположным образом по отношению к первой, т. е. получается, что возникновение скрежета здесь вызывается колесом, катящимся по наружному рельсу кривой.

Приведенный анализ процесса образования скрежета показывает, что шум в основном генерируется колесом, которое колеблется с собственной частотой. Рельс практически не издает никакого шума. Уровень шума почти не зависит от скорости движения. Так как скрежет при прохождении кривых возникает на поверхности катания колеса, то его называют «скрежетом поверхности катания».

Как уже отмечалось, при прохождении кривых малого радиуса происходит набегание гребня колесного бандажа на наружный рельс. Так как колесная пара стремится и дальше двигаться по прямой, то образуется угол набегания между колесной парой и рельсом. В результате этого возник-

кает вторая точка касания между колесом и рельсом, в которой гребень бандажа скользит сверху вниз по кромке рельса. Трение этого скользящего контакта приводит к возбуждению колебаний как в колесе, так и в рельсе. В результате возникает шум, излучаемый и колесом, и рельсом. Его уровень возрастает с увеличением скорости. Так как шум этого вида возникает в результате контакта гребня бандажа колеса с рельсом, то его называют «скрежет от контакта гребня бандажа». Оба рассмотренных вида скрежета в зависимости от воздействующих факторов могут появляться как независимо друг от друга, так и совместно.

Мероприятия по предотвращению или снижению скрежета предпринимаются на различных этапах процесса возникновения обеих рассмотренных разновидностей шума. Предпочтительнее предотвратить образование шума, однако это не всегда возможно. Если скрежет при прохождении кривых приводит к повышению уровня шума не менее, чем на 10 дБ (А), то предпринимаемые мероприятия приводят к его снижению на такую же величину. Уменьшение шума проявляется как в снижении его уровня, так и в сокращении длительности его воздействия.

Для предотвращения скрежета поверхности катания используются конструктивные решения, которые позволяют колесным парам или колесам свободно катиться по рельсам в кривой – применение свободно вращающихся на оси колес вместо классических колесных пар. За счет такой меры предотвращается скрежет в кривых любого проходимого радиуса. Проблемы при этом часто возникают при входе в кривую и при выходе из нее, если система управления не в состоянии установить колёса точно параллельно рельсам; использование колесных пар с радиальной установкой. За счет такой меры на определенную величину уменьшается минимальный радиус кривой, в которой обеспечивается свободное качение колесной пары. За счет уменьшения напряженного состояния колеса уменьшается амплитуда возбуждения. Уменьшенная амплитуда режима прерывистого контакта уже не в состоянии возбуждать собственные колебания колеса. Такое уменьшение достигается за счет снижения сил сцепления в точке контакта.

Для гашения собственных колебаний колеса используются демпфирующие устройства, которые являются составной частью конструкции колеса, либо устанавливаются на нём в виде дополнительных устройств. Любые мероприятия, направленные на снижение интенсивности колебаний колеса, ведут к снижению уровня излучаемого им шума.

Итак, для предотвращения скрежета от контакта гребня бандажа используются различные конструктивные решения, которые позволяют колёсам так катиться в кривой, чтобы они касались рельса только в своей самой нижней точке. Этого можно достичь с помощью системы направления: свободно вращающиеся на оси колеса или колёсные пары устанавливаются таким образом, чтобы плоскость колёс всегда была параллельна рельсам. За счет уменьшения сил сцепления в контакте между колесом и наружным рельсом уменьшается амплитуда возбуждения колебаний.

УДК 69.058.7

ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЖИЛОГО ФОНДА КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ПРИВЛЕЧЕНИЯ СОБСТВЕННИКОВ К МЕРОПРИЯТИЯМ ПО ТЕПЛОВОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

С. Г. ДОДОЛЕВ, А. Б. НЕВЗОРОВА, Г. Р. ГОНЧАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Ухудшение воздушно-теплового режима в помещениях зданий обычно связывается со снижением теплофизических свойств материалов ограждающих конструкций и проникновением влаги. Это одни из основных причин неэффективного использования тепловой энергии во многих существующих зданиях, построенных до 2000 года.

Как известно, более 95 % жилфонда в нашей стране приватизировано, и на гражданах лежит определенная степень ответственности за состояние своей собственности. Под ответственностью понимается и забота о повышении комфортности проживания; одним из способов достижения этого является тепловая модернизация.

Низкая активность собственников в проведении энергосберегающих мероприятий объясняется не только низкими тарифами на тепло, но и значительными первоначальными затратами. Поэтому Указом Президента Республики Беларусь от 4 сентября 2019 г. № 327 «О повышении энергоэффективно-