

# Шум качения

## ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В ныне действующих методиках измерения уровня шума, содержащихся в документах DIN EN ISO 3095 и TSI Noise (Техническая спецификация по совместимости систем, раздел «Шум»), подвижной состав рассматривается как единственный источник шума качения. Однако и железнодорожный путь, в частности рельсы и шпалы, также вносит в создание шума свой вклад, иногда существенно преобладающий.

Защита окружающей среды для железных дорог Европы и многих других регионов мира является обязательным требованием. Железные дороги по сравнению с другими видами транспорта имеют следующие экологические преимущества:

- небольшое занимаемое пространство при больших объемах перевозок;
- низкое энергопотребление, обусловленное невысоким трением качения колеса по рельсу и незначительным аэродинамическим сопротивлением подвижного состава;
- возможность с помощью современных преобразователей осуществлять рекуперацию энергии торможения вместо преобразования ее в тепло;
- наименьшее загрязнение окружающей среды вредными выбросами.

Большой проблемой для железнодорожного транспорта является, конечно, излучение шума при движении подвижного состава. В течение десятилетий многие специалисты работают над решением этой проблемы, но тем не менее радикальных изменений пока нет.

### Воздушный и корпусной шум

При движении железнодорожный подвижной состав создает воздушный и корпусной шум (рис. 1). Воздушный шум передается через колебания окружающего воздуха

и с несколько уменьшенным уровнем проникает в здания через окна и стены. Совсем иначе распространяется корпусной шум: вибрации, возникающие при проследовании подвижного состава, передаются через грунт на фундамент здания, вызывают колебания прежде всего перекрытий и стен. Особенно чувствительны в этом отношении деревянные балочные перекрытия старых зданий, близко расположенных от железнодорожного пути. Дребезжание посуды и стекол или приглушенные толчки воспринимаются в данном случае как вторичный воздушный шум.

*Воздушный шум.* Основными причинами возникновения воздушного шума являются неровности (шероховатость) поверхностей катания колес и рельсов (рис. 2).

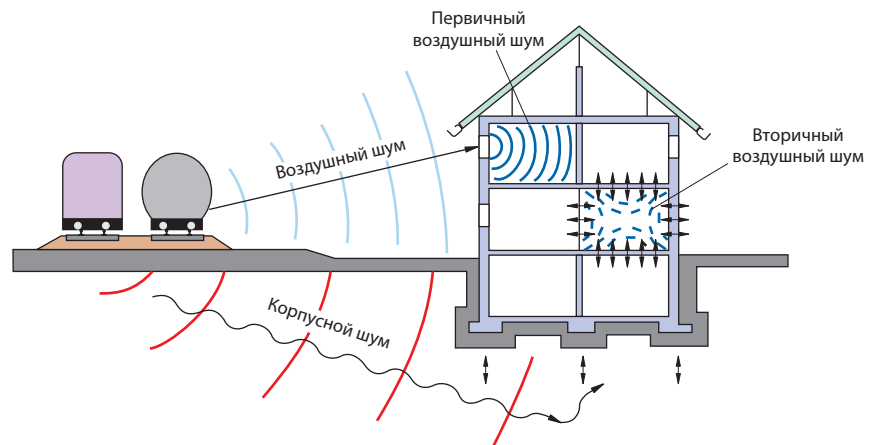


Рис. 1. Распространение первичного воздушного шума и корпусного как вторичного воздушного

При равных предельных условиях эксплуатации различие в уровнях излучаемого железной дорогой шума достигает 20 дБ. Отсюда следует, что существуют возможности его значительного уменьшения. В рамках специального проекта Федеральных железных дорог Швейцарии (SBB) были проведены измерения более чем на 15 тыс. ед. подвижного состава.

Оказалось, что вагоны с чугунными тормозными колодками независимо от типа пути и размера неровностей рельсов излучают одинаковый шум. Незначительные неровности рельсов вызывают шум, примерно на 10 дБ меньший предельного значения, приведенного в спецификации TSI Noise. Звуковые колебания, создаваемые неровностями средней величины, находятся в диапазоне от 10 дБ до предельного значения, а при больших неровностях они немного превышают предельное значение.

Уровень шума от старых локомотивов с чугунными тормозными колодками (Re 420, Re 620 и Ae 610) на 2–3 дБ ниже создаваемого грузовыми вагонами.

Моторвагонные поезда с дисковыми тормозами серий NPZ RBDe и NiNA (городская железная дорога Берна), а также грузовые вагоны RoLa, предназначенные для перевозки автоприцепов и автопоездов,

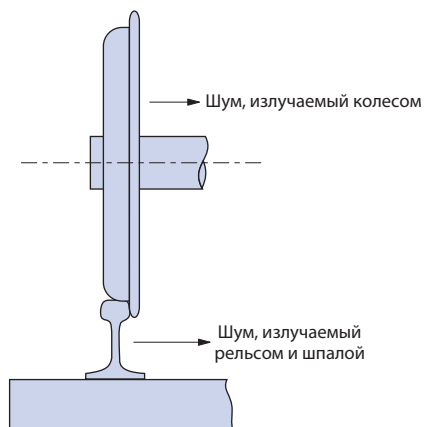


Рис. 2. Излучение шума качения тремя колеблющимися телами: колесом, рельсом и шпалой

обладают большей чувствительностью к неровностям пути. Уровень создаваемого ими шума зависит и от типа железнодорожного пути. Современный высокоскоростной подвижной состав дальнего следования (моторвагонные поезда ICN, электровозы Re 460) по уровню шума лишь немного лучше грузовых вагонов с композиционными тормозными накладками. Самыми малозумными являются пассажирские вагоны с дисковыми тормозами, однако они в наибольшей степени реагируют на неровности и тип конструкции пути. Наибольший шум излучается в результате качения колес по пути на стальных шпалах корытообразного профиля, применяемому в гористых

местностях и обладающему большим сопротивлением поперечному сдвигу.

Отмечено также, что на рельсах МСЖД 60 уровень шума качения выше, чем на МСЖД 54, как на деревянных, так и на железобетонных шпалах. При измерениях жесткость упругих прокладок между подшовой рельса и шпалой была одинаковой на пути обеих конструкций.

Из частотного анализа шума качения (рис. 3) следует, что на путь приходится большая доля шума, чем на колесо. При этом фактические диапазоны частот различны: шум, излучаемый путем, доминирует в частотном диапазоне 500–1000 Гц, излучаемый колесом — 1600–4000 Гц.

**Корпусной шум.** В последнее десятилетие были проведены два мероприятия, в результате которых возбуждение корпусного шума усилилось. Во-первых, шпалы теперь укладывают более точно с шагом 60 см, что позволяет ускорить их механическую подбивку. Во-вторых, в грузовых вагонах стали использовать тележки типа Y 25, которые являются более жесткими по сравнению с ходовой частью вагонов старого типа на листовых рессорах.

В этих условиях локальная жесткость рельса в середине шпального ящика оказывается более высокой,

чем на шпале, в результате чего рельс упруго прогибается под колесом (рис. 4). При точной укладке шпал, когда утроенное расстояние между ними равно базе тележки, вагон ведет себя как неподдресоренный и, обладая большой массой (45 т на тележку), усиливает возбуждение колебаний. При этом плохо не только то, что обе оси синхронно со смещением по длине прокатываются над шпалами, т. е. поднимаются вверх, но и то, что центр тяжести тележки, а значит, и вертикальная нагрузка также перемещаются синхронно с ними. Максимум перемещений вверх и вниз приходится на центр тележки. Изменение расстояния между шпалами могло бы несколько улучшить картину.

**Определение акустической характеристики**

Хорошо известно, что рельсы и колеса с гладкой поверхностью излучают шум меньшего уровня. В случае оптически различимой шероховатости рельсы считаются уже крайне неровными с точки зрения акустики. Однако даже довольно существенные неровности невозможно различить невооруженным глазом, поэтому проводят непосредственные их измерения и анализ полученных данных с проверкой на соответствие требованиям спецификации TSI и стандарта ISO 3095 (рис. 5).

Опосредованные измерения шероховатости выполняют с помощью трех датчиков ускорения, расположенных на элементах конструкции пути. Может быть также использован шумоизмерительный вагон железных дорог Германии (DB), однако в этом случае нельзя проконтролировать соответствие полученных данных заданной предельной кривой неровностей.

Еще один способ, пока не получивший широкого распространения, базируется на определении акустических свойств ненагруженного

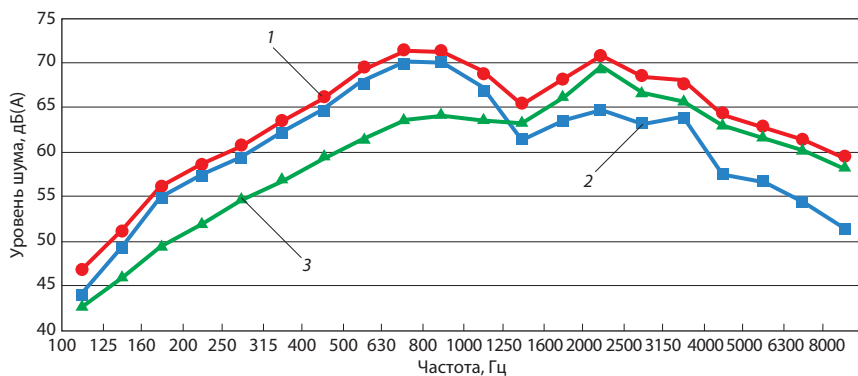


Рис. 3. Распределение шума качения грузового вагона с композиционными тормозными колодками, измеренного на высоте 1,2 м (над УГР) и на расстоянии от источника шума 7,5 м при скорости движения 80 км/ч:

1 — общий уровень шума; 2 — составляющая шума, создаваемая рельсом и шпалами; 3 — составляющая колеса

пути по скорости затухания его колебаний. Чем сильнее демпфирование, зависящее от удаленности подвижного состава и частоты колебаний пути, тем лучше акустическая характеристика.

Между акустическими характеристиками верхнего строения пути отдельных типов существуют значительные различия. Так, известная малошумная конструкция пути на двухблочных шпалах обеспечивает высокую степень затухания в диапазоне частот от 650 до 2000 Гц.

Наряду с рассматриваемыми вертикальными характеристиками необходимо уделять внимание и горизонтальным. Для этого, разрабатывая конструкцию пути нового типа, нужно учитывать характеристики затухания, осадку грунта и срок службы шпал.

Одного лишь документирования фактического состояния пути в отношении уровней шума недостаточно, поскольку это не делает путь менее шумным. Следует прикладывать усилия не к разработке мероприятий по предотвращению распространения шума, а сосредоточиться на исключении возможности его возникновения. Такие меры наиболее эффективны, и именно их необходимо внедрять в первую очередь.

## Итоги

Значительные успехи в уменьшении излучаемого шума достигнуты при конструировании подвижного состава. Отмечено также большое сокращение парка грузовых вагонов с чугунными тормозными колодками. Компания SBB-Cargo по состоянию на начало 2010 г. оборудовала уже 85,3% парка грузовых вагонов колодками из композиционных материалов.

Что касается пути, то необходимо и впредь контролировать неровности поверхности катания рельсов.

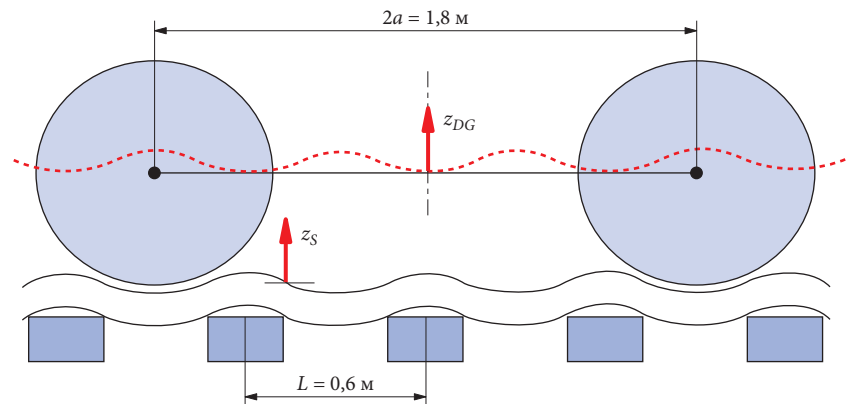


Рис. 4. Расположение шпал, способствующее усилению возбуждения корпусного шума:  $L$  — расстояние между шпалами;  $2a$  — база тележки;  $z_s$  — ускорение рельса;  $z_{DG}$  — ускорение центра тележки

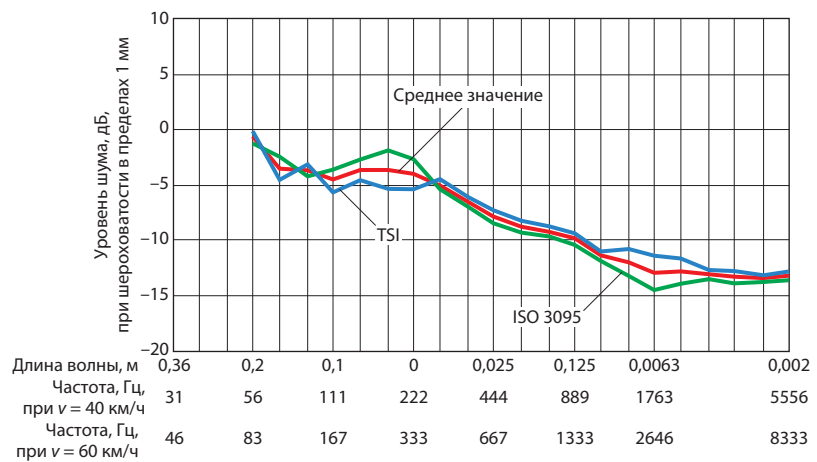


Рис. 5. Уровни шума, создаваемого шероховатостью рельсов, полностью соответствующие предельной кривой неровностей

Акустическую характеристику пути в зависимости от проходящего по нему подвижного состава следует обязательно снимать при выполнении процедуры приемки нового пути и техническом контроле состояния эксплуатируемой сети. Для этого в спецификации TSI Noise указаны предельные значения неровностей поверхности рельсов и наименьшее гашение вибраций в вертикальном и горизонтальном направлениях. При выборе типа рельсов для участка пути следует учитывать, что рельсы МСЖД 60 создают больший шум, чем рельсы

меньшего профиля, независимо от типа верхнего строения пути. Обусловленные этим новые требования, предъявляемые к верхнему строению пути, нужно как можно быстрее реализовать, во-первых, для увеличения срока службы пути, во-вторых, для реализации ограничений уровня шума, введенных для участков пути с интенсивными грузопотоками.

По материалам Технического университета TU-Berlin ([www.vm.tu-berlin.de](http://www.vm.tu-berlin.de); [www.schieneinfzg.tu-berlin.de](http://www.schieneinfzg.tu-berlin.de)); Eisenbahningenieur, 2010, № 6, S. 10–13.