

УДК 534.836.2:629.4

## ВЛИЯНИЕ ШЛИФОВАНИЯ РЕЛЬСОВ НА ВНЕШНИЙ ШУМ ПОЕЗДОВ

© 2014 Д.А. Куклин, П.В. Матвеев, А.Ю. Олейников

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,  
г. Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 13.01.2014

В статье рассматривается влияние шлифования рельсов по стандартной методике шлифования на акустические характеристики внешнего шума излучаемого поездами. Исследовался внешний шум излучаемый разными типами поездов при обычном пути и шлифованному пути. Шлифование поверхностей катания рельсов при стандартной методике шлифования даёт незначительный акустический эффект. Не достигаются возможные теоретические значения, так как качество поверхности катания всё равно грубое и не достаточно для достижения полного акустического эффекта. Для достижения лучших акустических характеристик необходимо изменить методику шлифования рельсов исключающей остаточные каверны и микронеровности на поверхности катания. Эффект снижения шума от шлифования может быть сильно нивелирован при плохом состоянии колёсных пар вагонов. При наличии ползунов и значительного отклонения от круглости колёс акустический эффект от шлифования не проявляется. Применение стандартной методики шлифования для снижения шума целесообразно применять на участках, где выведено грузовое движение.

**Ключевые слова:** шум, рельс, шлифование, поезд

Железнодорожное сообщение заметно увеличивает акустическое загрязнение ОС и нередко вредно воздействует на население [1, 2, 7-10]. По данным комиссии ЕС по железнодорожному транспорту примерно 10% населения ЕС подвержено вредному воздействию шума от железнодорожного транспорта, которое является угрозой здоровью (риск сердечно-сосудистых заболеваний, снижение работоспособности, нервно-психические заболевания и пр.), а также является причиной беспокойства и дискомфорта. В нашей стране железнодорожный транспорт все чаще становится причиной жалоб населения на повышенный шум. Сегодня повышенный шум входит в «тройку» наиболее вредных экологических факторов. Особенно заметна эта проблема в городах. В Постановлении Правительства Москвы от 16 октября 2007 г. №896-ПП «О концепции снижения уровней шума и вибрации в городе Москве», отмечается, что «...в настоящее время почти на всем протяжении железнодорожных линий нарушена 100-метровая ширина зоны санитарного разрыва. Проезд железнодорожного состава обуславливает возрастание уровня шума в среднем на 10-20 дБА над фоновыми значениями шума на

прилегающей жилой территории, что вызывает большое количество обращений жителей с жалобами на повышенный шум. Борьба с шумом связана с серьезными затратами, например, только на установку акустических экранов вдоль железнодорожных дорог в Европе тратится от €150 до 200 млн. ежегодно. Расходы на замену металлических тормозных колодок на композитные для грузовых вагонов могут составить от € 2 до 2,5 млрд.

Шум железнодорожного транспорта в, большей части, обусловлен контактом колеса-рельса и этот шум будет выше в случае плохих поверхностей катания, как колеса, так и рельса. Приведенные в работе [8] исследования показывают, что на динамические нагрузки, действующие на путь, существенно влияют качество пути и отклонения колес от формы окружности. Так, при плохом качестве путей, максимальные динамические усилия могут превысить среднюю квазистатическую осевую нагрузку в два раза при скорости  $v = 100 \text{ км/ч}$  и примерно в 2,5 раза при  $v = 300 \text{ км/ч}$ . Дефекты рельсов и колес также могут привести к нагрузкам, в три раза превышающим нормальную статическую нагрузку на колесо. Такие большие нагрузки всегда связаны с высокочастотной вибрацией. В данной статье приводятся результаты самостоятельного исследования влияния шлифования рельсов по стандартному циклу шлифования в соответствии с требованиями технических условий по шлифованию рельсов утверждённых распоряжением ОАО «РЖД» от 22 февраля 2011 г. № 388 на внешний шум поездов разного типа.

Для измерений, из всего набора поездов, проходящих через измерительный участок, отбира-

*Куклин Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности». E-mail: kda1969@mail.ru*

*Матвеев Петр Владимирович, заведующий лабораторией кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности». E-mail: p.mtv@ya.ru*

*Олейников Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности». E-mail: alexey.ole@gmail.com*

лись грузовые, пассажирские, пригородные электропоезда идущие с постоянной скоростью без ускорений и замедлений, на постоянной тяге. Исключались поезда, когда по первому пути проходил встречный поезд. Так же исключались поезда, которые проходили с набором скорости или замедлением.

Первоначальные измерения шума производились по изношенному пути. Измерения производились двумя микрофонами. Первый микрофон устанавливают на расстоянии 1 м от головки рельса на высоте головки рельса (ближнее поле). Главная ось микрофона располагалась в горизонтальной плоскости перпендикулярно оси пути. Второй микрофон - на расстоянии 25 м от оси пути на высоте 1,5 м (стандартное расстояние измерения уровня шума поездов в РФ).

Измеряемая величина - уровень звука  $L_{pA}$  при постоянном шуме источника либо эквивалентный уровень звука  $L_{pA\text{экв}}$  при непостоянном шуме источника, уровни звукового давления  $L_p$  в октавных полосах со средними геометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц или в третьоктавных полосах частот от 25 до 1000 Гц. Режим шумометра «Быстро» («Fast»). Одновременно с шумом измерялась вибрация рельса (виброускорения) в тех же октавных (или третьоктавных) полосах частот, что и шум.

Далее выполнялся цикл шлифования поверхности катания рельса в соответствии с требованиями технических условий по шлифованию рельсов утверждённых распоряжением ОАО «РЖД» от 22 февраля 2011 г. № 388.

При шлифовании должна осуществлялась профильная шлифовка, при которой головка рельса шлифуется по всему периметру – по поверхности катания и выкружкам.

После небольшой прикатки рельсов, не ранее, чем через сутки эксплуатации, проводилось повторное измерение уровней шума в той же точке, при тех же условиях.

Для измерений использовались параллельно два измерительных комплекса:

- система для анализа сигналов многоканальная «PULSE» Вгъел&Кјжг модель 3560 В с ПО «Puls LabShop» версия 11.2.0.

- измеритель акустический многофункциональный «Экофизика», с ПО для сбора и анализа данных Signal+

На измеряемом участке микрофоны были расположены в соответствии со схемой представленной на рис. 1, рис. 2 (установлены две дублирующие системы: «Экофизика» и «PULSE»). На правый рельс с наружной стороны был установлен трёхкомпонентный ( $x, y, z$ ) датчик вибрации (рис. 1, рис. 3). Ось  $x$  – ось направленная вдоль рельса (горизонтально), ось  $y$  – ось направленная поперёк рельса (горизонтально), ось  $z$  – вертикальная ось.

Состояние поверхности катания рельсов до шлифования представлено на рис. 4. видны каверны и неровности поверхности.

Характерные уровни звука, развёрнутые во времени для прохождения грузовых составов до шлифования представлены на рис 5.

Зафиксированные уровни звука на расстоянии 25 м от оси пути – 80,1 дБА; уровни звука на расстоянии 1 м от рельса 98,2 дБА. При этом, уровни вибрации имеют чётко выраженные максимумы. Максимальные виброускорения по оси  $x = 21,12 \text{ м/с}^2$ , на частоте 800 Гц, по оси  $y = 19,61 \text{ м/с}^2$ , на частоте 1600 Гц, по оси  $z = 21,12 \text{ м/с}^2$  на частоте 2500 Гц.

Характерные уровни шума от пассажирского поезда до шлифования поверхностей представлены на рис. 7 и рис. 8.

Уровни звука на расстоянии 25 м от оси пути – 77,0 дБА; уровни звука на расстоянии 1 м от рельса 98,1 дБА. При этом, уровни вибрации имеют чётко выраженные максимумы. Максимальные виброускорения по оси  $x = 21,10 \text{ м/с}^2$ , на частоте 2000 Гц, по оси  $y = 16,52 \text{ м/с}^2$ , на частоте 2500

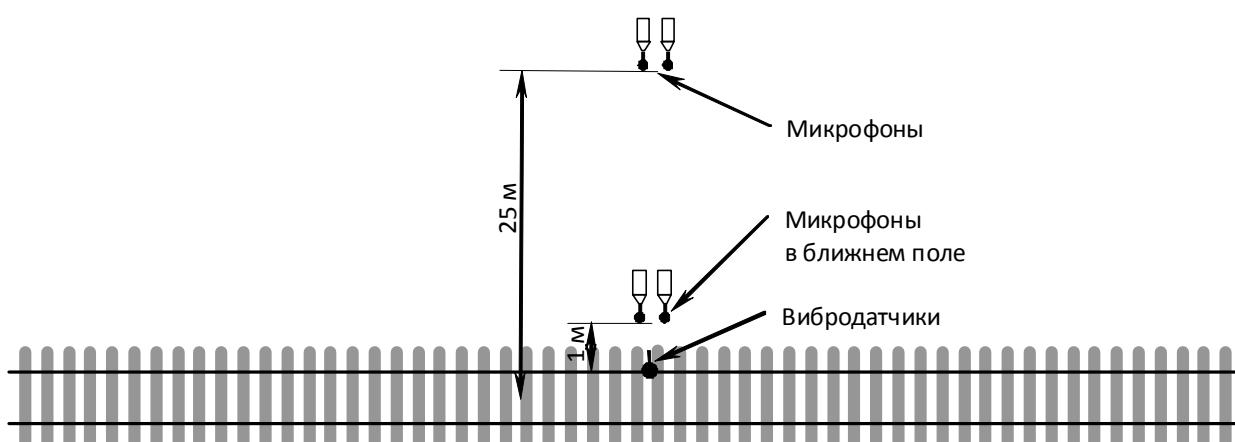


Рис. 1. Схема расположения микрофонов и датчиков



**Рис. 2.** Установка микрофонов в ближнем поле



**Рис. 3.** Установка трёхкомпонентного вибродатчика на рельс

Гц, по оси  $z = 16,36 \text{ м/с}^2$  на частоте 800 и 4000 Гц.

После прохода шлифовального поезда шумовые характеристики несколько изменились.

При прохождении грузового поезда (рис. 9 и рис. 10) уровни звука на расстоянии 25 м от оси пути – 77,5 дБА; уровни звука на расстоянии 1 м от рельса 97,0 дБА. При этом, уровни вибрации имеют так же чётко выраженные макси-

мумы, но после шлифования рельсов стали немного ниже или не изменились, чем до шлифования, при этом частотная полоса максимумов сместилась в область более высоких частот. Максимальные виброускорения по оси  $x = 20,47 \text{ м/с}^2$ , на частоте 1600 Гц, по оси  $y = 19,9 \text{ м/с}^2$ , на частоте 2500 Гц, по оси  $z = 15,66 \text{ м/с}^2$  на частоте 800 Гц и на частоте 2500 Гц.



Рис. 4. Поверхности катания рельсов до шлифования

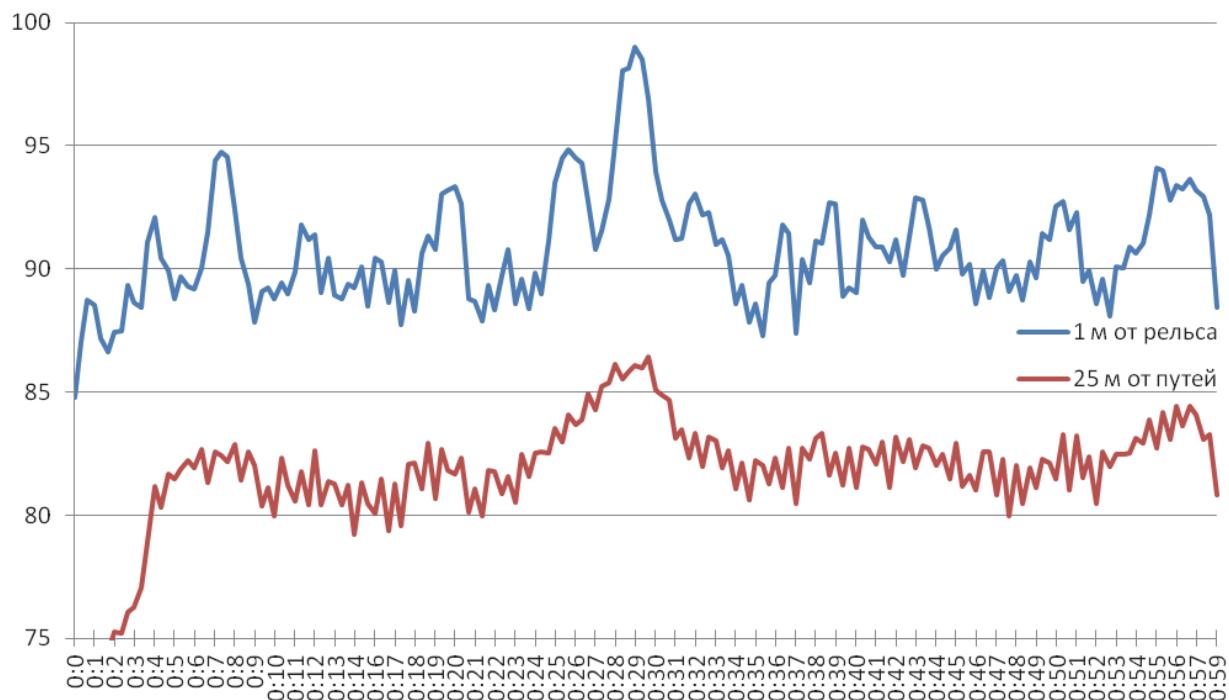


Рис. 5. Изменение уровней звука (дБА) при прохождении поезда за время, сек.  
(режим шумометра «быстро»)

Для пассажирского поезда уровни звука после шлифования представлены на рис. 11 и рис. 12.

Уровни звука на расстоянии 25 м от оси пути – 74,1 дБА; уровни звука на расстоянии 1 м от рельса 92,3 дБА. При этом, уровни вибрации имеют так же имею чётко выраженные максимумы, но после шлифования рельсов стали ниже или не

изменились, чем до шлифования, а частотная полоса максимумов сместилась в область более высоких частот. Максимальные виброускорения по оси  $x = 12,64 \text{ м/с}^2$ , на частоте 1600 Гц, по оси  $y = 13,40 \text{ м/с}^2$ , на частоте 2000 Гц, по оси  $z = 11,74 \text{ м/с}^2$  на частоте 2000 Гц.

Сопоставленные данные по поездам различ-

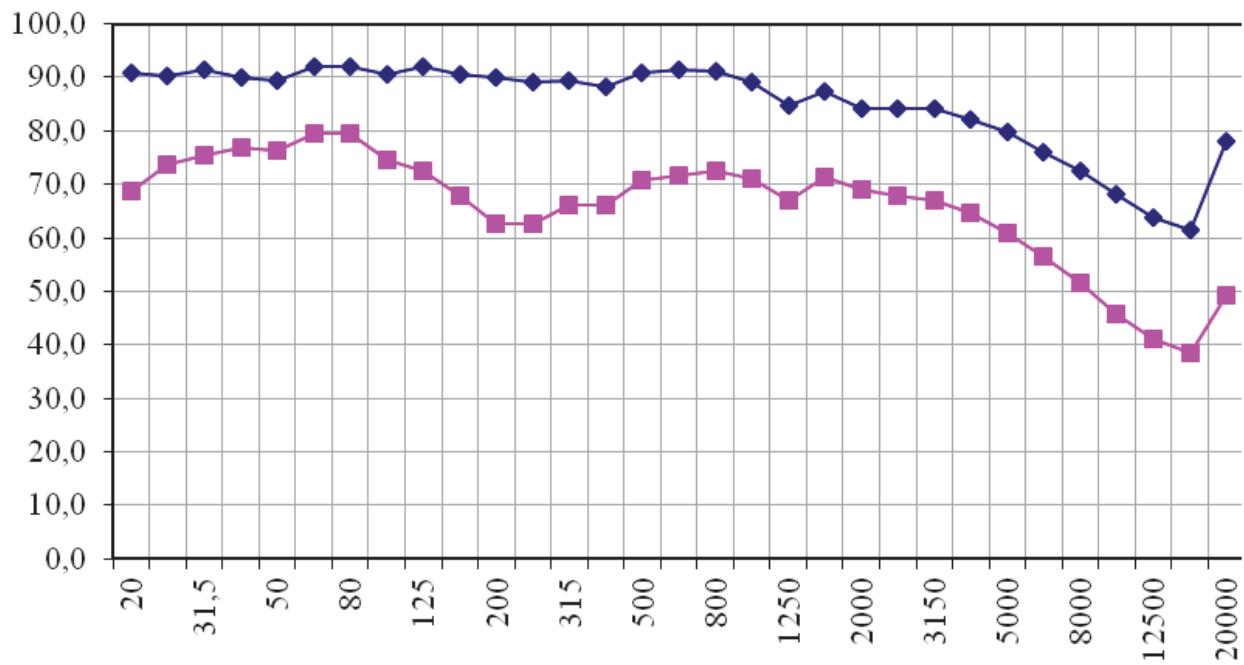


Рис. 6. Эквивалентные уровни звукового давления при прохождении поезда

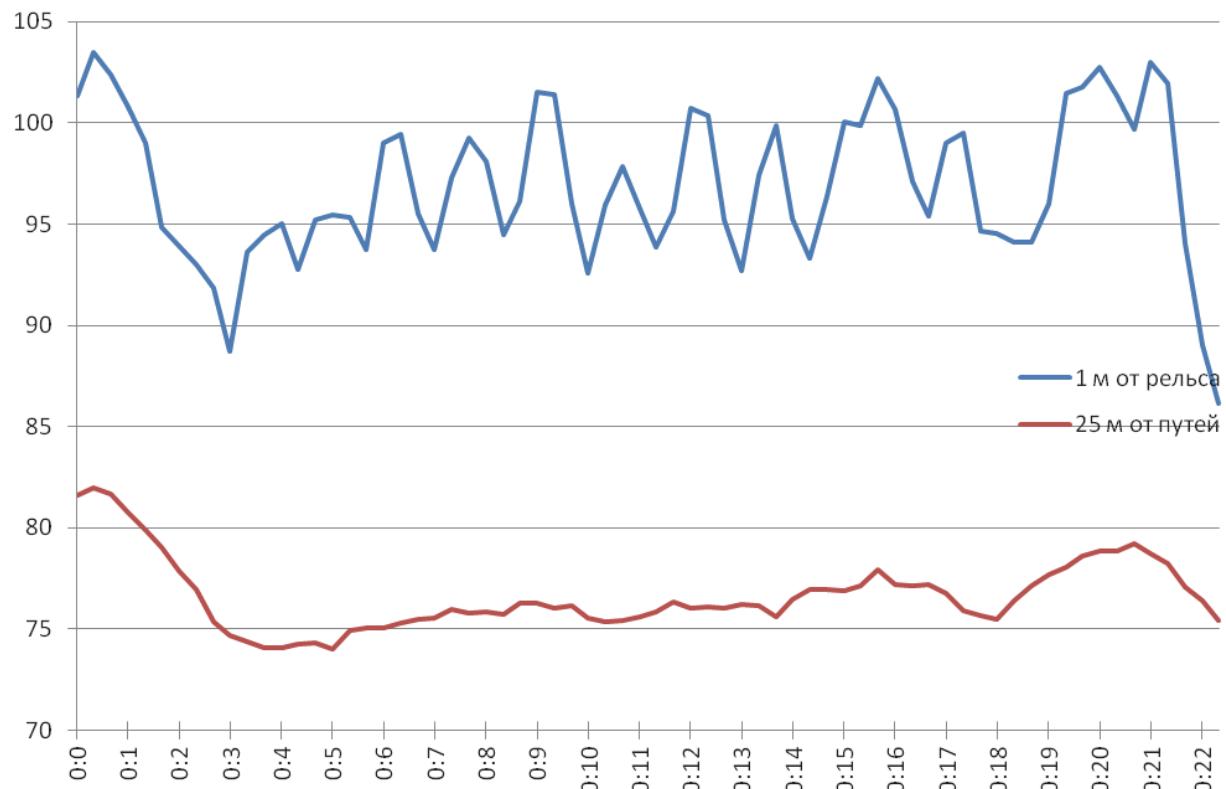


Рис. 7. Изменение уровней звука (дБА) при прохождении пассажирского поезда за время, сек.  
(режим шумометра «быстро»)

ного типа до шлифования поверхностей катания рельсов и после шлифования сведены в табл. 1.

Из сопоставления данных видно, что эффект снижения шума выражен слабо, в лучших случаях в пределах 3 дБ, а в ряде случаев эффекта снижения нет или, даже наоборот, ухудшение характеристик, например, вагоны-дозаторы или электрички.

Среди данных, которые показывает шлифо-

вание рельсов в ЕС [4, 5, 6, 7] приводятся данные, что эффект шлифования может достигать 6 дБ, то есть эффект на уровне плохого акустического экрана. В данном случае такого большого эффекта получено не было. Причина кроется в методе шлифования. Шлифование согласно «ТУ по шлифованию рельсов» от 22 февраля 2011 г. № 388 выполняется для поддержания механических

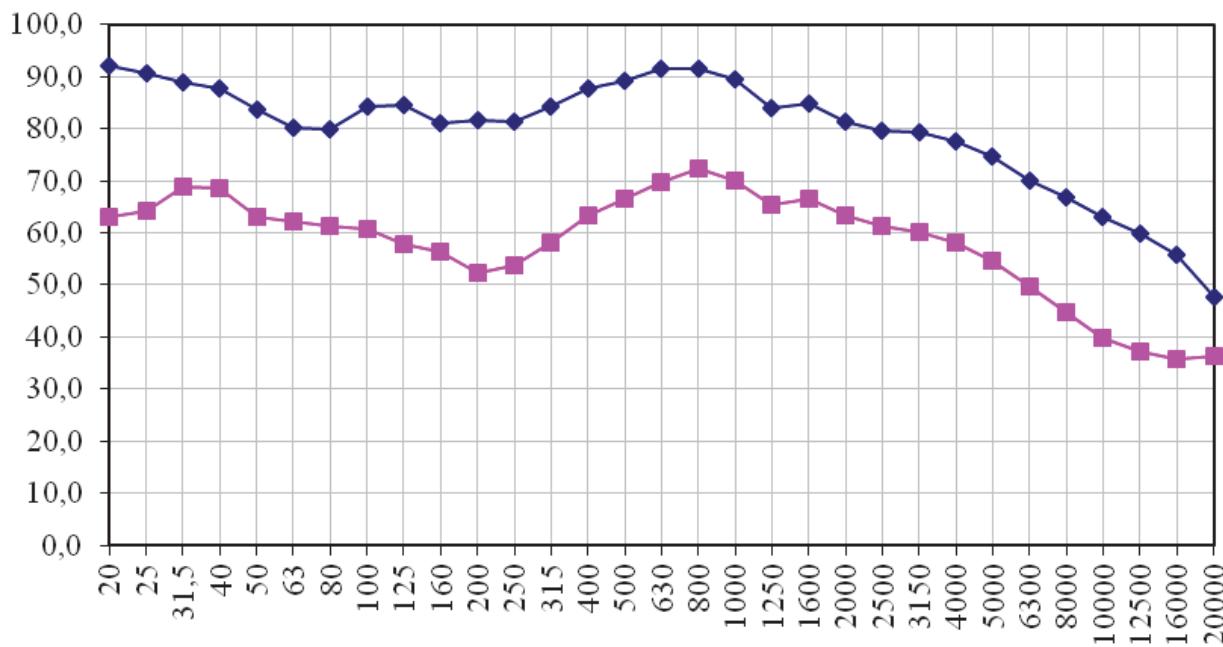


Рис. 8. Эквивалентные уровни звукового давления при прохождении пассажирского поезда

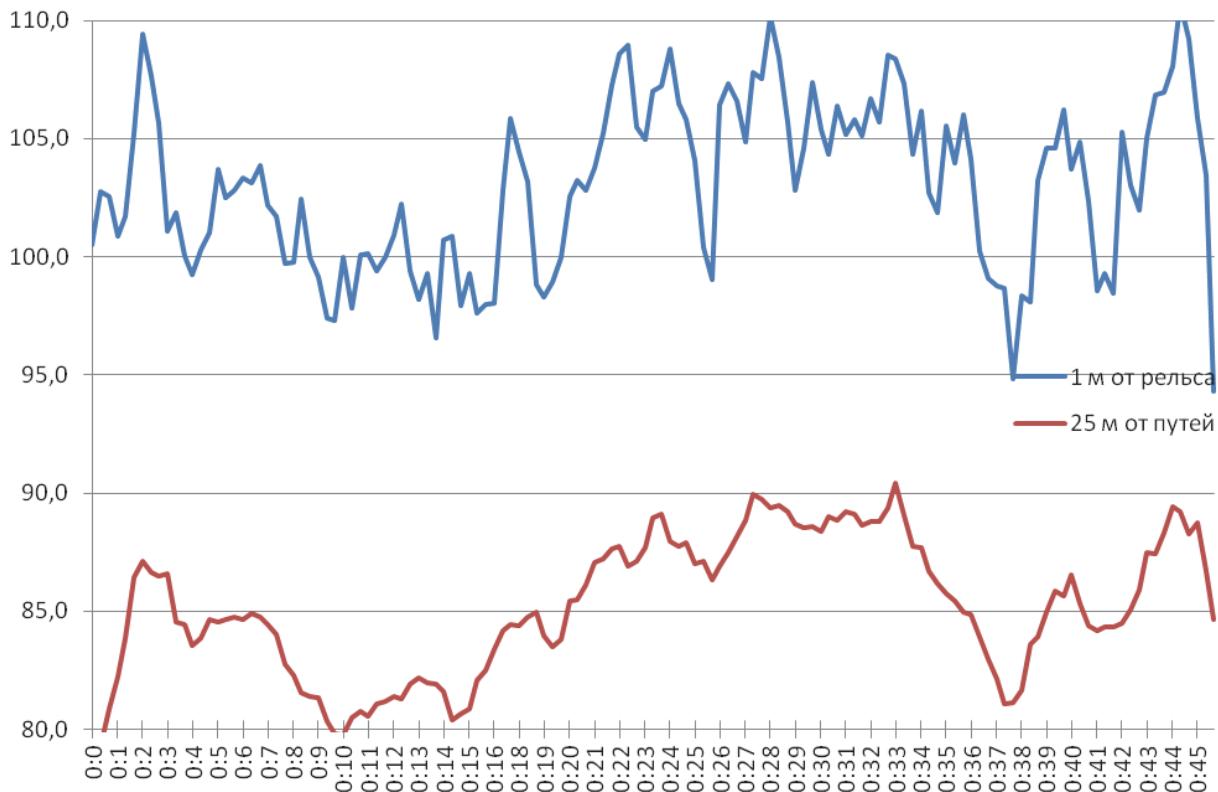


Рис. 9. Изменение уровней звука (дБА) при прохождении грузового поезда за время, сек.  
после шлифования (режим шумометра «быстро»)

свойств рельсов. Возможные значения акустической эффективности не достигаются, поскольку при существующей технологии шлифования полученное качество поверхности катания всё равно грубое: на поверхности катания имеются остаточные каверны и микронеровности, что не достаточно для достижения значимого акустического эффекта. В случае шлифования путей в ЕС выполняется, так называемое акустическое шли-

фование. Такое шлифование производится в два приёма, последовательно идущими поездами. Первый поезд осуществляет фасонное фрезерование или строгание рельса с формированием правильного профиля, а второй поезд сглаживает микронеровности оставшиеся после фрезы. В данном случае такого шлифования не проводилось, соответственно эффект был не полный.

Кроме того, эффект снижения шума от шли-

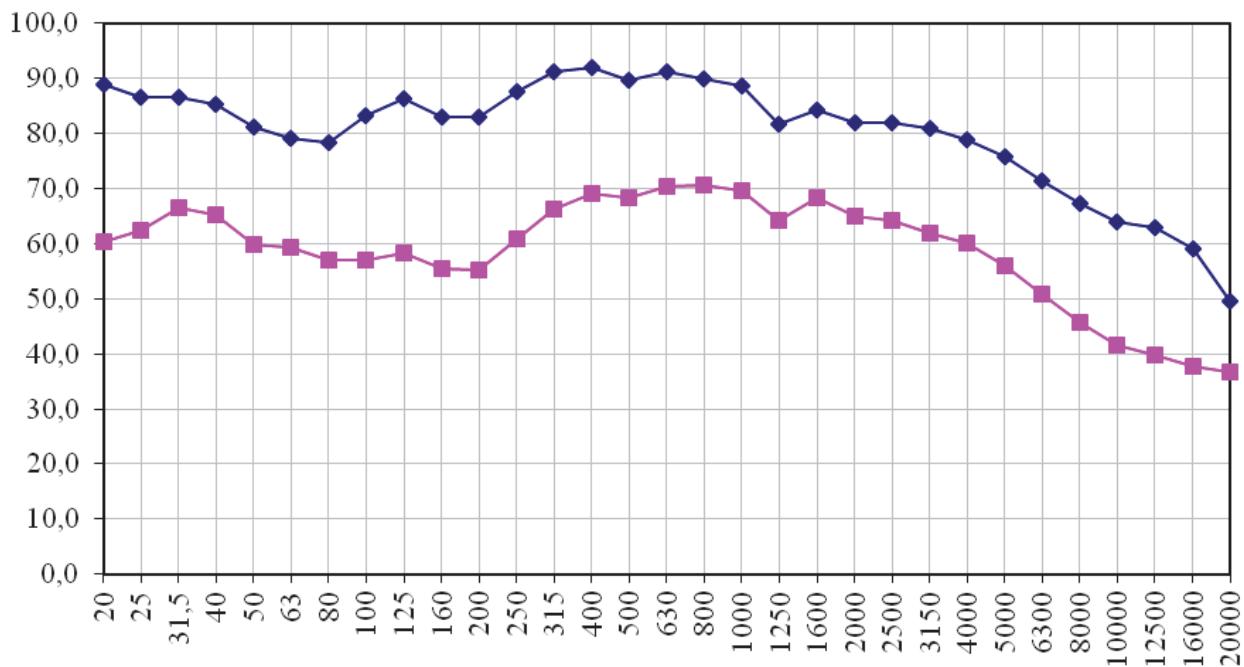


Рис. 10. Эквивалентные уровни звукового давления при прохождении грузового поезда

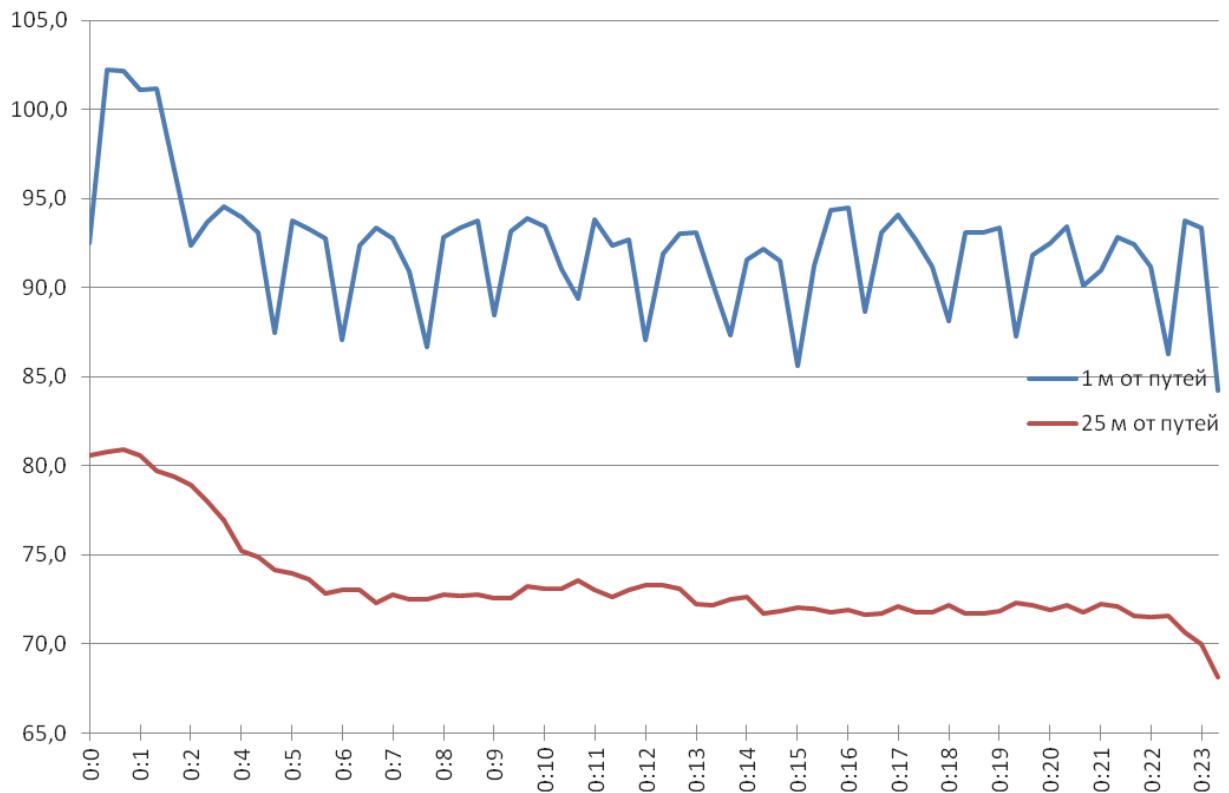


Рис. 11. Изменение уровней звука (дБА) при прохождении пассажирского поезда за время, сек.  
(режим шумометра «быстро»)

фования рельсов очень сильно нивелирует плохое состояние колёсных пар вагонов. При наличии ползунов и значительного отклонения от «круглости» колёс акустический эффект от шлифования не проявляется. Особенно плохое состояние колёс у вагонов цистерн и полувагонов. Наилучшее состояние поверхностей катания колёс у пассажирских вагонов именно поэтому на

этих типах вагонов и был получен наилучший эффект.

Таким образом, для достижения наилучшего эффекта снижения шума необходимо не только акустическое шлифование поверхностей катания рельсов, но и лучший контроль за техническим состоянием колёсных пар (особенно грузовых вагонов).

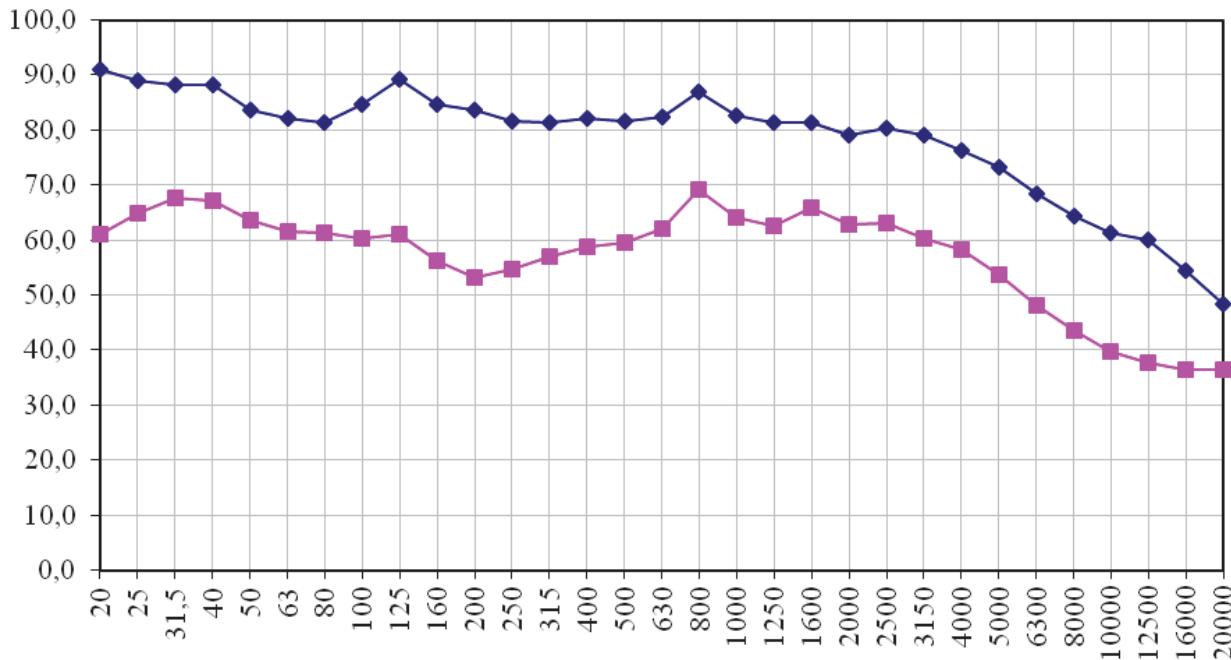


Рис. 12. Эквивалентные уровни звукового давления при прохождении пассажирского поезда

Таблица 1. Сравнительные данные

Вид поезда	Уровни звука до шлифования, дБА	Уровни звука после шлифования, дБА
Грузовой поезд из вагонов разного типа	80,1	77,5
Контейнеровоз	75,0	75,0
Цистерны	80,4	80,4
Дозаторы	82,8	85,1
Полувагоны	85,5	83,7
Пассажирский поезд	77,0	74,1
Моторвагонный	78,4	81,3
Сцепка 4 электровозов	78,4	78,3

Наилучший результат снижения шума от процедуры шлифования рельсов в текущих условиях по действующей методике будет получен на участках, где выведено грузовое движение и осуществляется в основном движение пассажирских, моторвагонных и скоростных поездов, как имеющих меньшее количество дефектов поверхности катания колёсных пар.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах. Издание второе, переработанное и дополненное. М.: Транспорт, 1987. 223 с.
- Иванов Н.И., Куклин Д.А., Матвеев П.В., Буторина М.В. Снижение шума железнодорожного транспорта // Безопасность жизнедеятельности. 2012. №12, Приложение.
- Справочник проектировщика. Защита от шума в гра-
- достроительстве М.: Стройиздат, 1993 г.
- Исследование эффективности шумозащиты на железнодорожном транспорте // Железные дороги мира. 1996. №9.
- Шлифование рельсов, как мероприятие по предотвращению и устранению шума // Железные дороги мира. 2005. №12.
- Превентивное шлифование рельсов для снижения уровня шума // Железные дороги мира. 2011. №12.
- Andrew Wong, Steven Wolf. Corrugation and rail noise // Inter Noise 2012.
- Брандль Х., Паульмичл А. Взаимодействие оснований и сооружений высокоскоростных железных дорог. Мат-лы. межд. XIII Дунайско-Европейской конференции по геотехнике, г. Любляна, Словения, 29–31 мая 2006 г. // Развитие городов и геотехническое строительство, №11/2007 с. 157-164.
- Luzzi S., Vasilyev A.V. Noise mapping and action planning in the Italian and Russian experience. 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009 – Proceedings of the Institute of Acoustics 2009.

10. Vasilyev A.V., Luzzi S. Recent approaches to road traffic noise monitoring. В сборнике: 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009 – Proceedings of the Institute of Acoustics 2009.

## **INFLUENCE OF GRINDING OF RAILS TO EXTERNAL NOISE OF TRAINS**

© 2014 D.A. Kuklin, P.V. Matveev, A.Yu.Oleynikov

Baltic State Technical University “VOENMECH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg

The article considers the influence of the grinding of rails by a standard method on the acoustic characteristics of noise emitted by train composition. We investigated the external noise emitted by different types of trains in current way and grinding way. Brushed surfaces of rails with a standard technique of grinding minor acoustic effect. Drop short the possible theoretical value, because the quality of the wheelset still rough and not enough to achieve full acoustic effect. For best acoustic performance it is necessary to change the grinding methods of rails. Application of a standard methodology for grinding noise reduction is expedient to use in areas where displayed cargo traffic.

*Keywords:* noise, rail, grinding, train

---

*Denis Kuklin, Candidate of Technics, Associate Professor at the Ecology and Safety of Life Department.*

*E-mail: kda1969@mail.ru*

*Petr Matveev, Head of Laboratory at the Ecology and Safety of Life Department. E-mail: p.mtv@ya.ru*

*Alexey Oleynikov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Ecology and Safety of Life Department.*

*E-mail: alexey.ole@gmail.com*