

# Новые пути старых дорог: технология высокоскоростной шлифовки рельсов



**К. фон Диест,**  
д.т.н., технический директор  
Vossloh Rail Services GmbH,  
управляющий директор Vossloh  
High Speed Grinding GmbH



**В.О. Моисеенко,**  
инженер по внедрению ООО  
«Фоссло Бан-унд Феркерстехник»

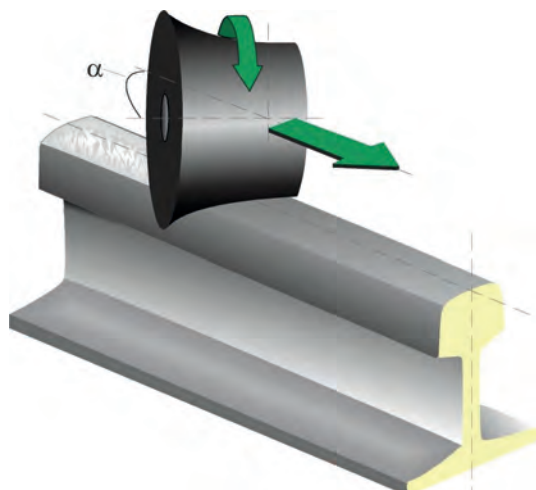
Рельсы на путях городского общественного транспорта подвержены появлению различных повреждений, вызванных транспортными нагрузками, резким ускорением и торможением подвижного состава. Образующиеся дефекты увеличивают уровень шума от проходящих поездов, что становится серьезной проблемой для пассажиров и жителей районов, через которые пролегают транспортные линии. Кроме того, деформация материала рельсов приводит к преждевременной и дорогостоящей процедуре их замены. В качестве экономической альтернативы реактивной стратегии технического обслуживания была разработана профилактическая обработка рельсов, основанная на технологии высокоскоростной шлифовки.

## Профилактика вместо ремонта

Из-за сил, исходящих от катящегося колеса, на рабочей поверхности рельса образуется тонкий закаленный слой. Он является питательной средой для усталостных дефектов. Отсюда развиваются более глубокие трещины в неповрежденном исходном материале, которые могут перерасти в серьезные дефекты рельсов. В таких случаях удаление всего лишь 0,1 мм достаточно для предотвращения возможного возникновения острodefектных повреждений, требующих трудо-

емкой и дорогостоящей незамедлительной замены рельсов. Для внедрения регулярной профилактической обработки рельса компания Vossloh в 2007 году представила запатентованную технологию высокоскоростной шлифовки High Speed Grinding (HSG). Ее использование позволяет спланировать необходимые работы и при этом отсрочить замену рельсов.

Высокоскоростное шлифование устраняет незначительные и средние повреждения рельсов и эффективно снижает уровень шума от железнодорожного транспорта до 10 дБ. Технология основывается на принципе шлифования периферией круга, где все шлифовальные камни пассивно приводятся в движение и гидравликой прижимаются к рельсу (рис. 1). При рабочих скоростях до 60 км/ч шлифуется вся головка рельса – от рабочей грани до поверхности катания. За счет регулярной шлифовки отвержденного наружного слоя снижаются небольшие неровности на поверхности рельса, возникающие в результате циклов ускорения и торможения на путях, и лишаются основы образования рифлей и волн буксования уже на начальной стадии. Согласно исследованиям независимых институтов, таких как Берлинский



**Рис. 1.** Перемещение шлифовальных камней при высокоскоростной шлифовке

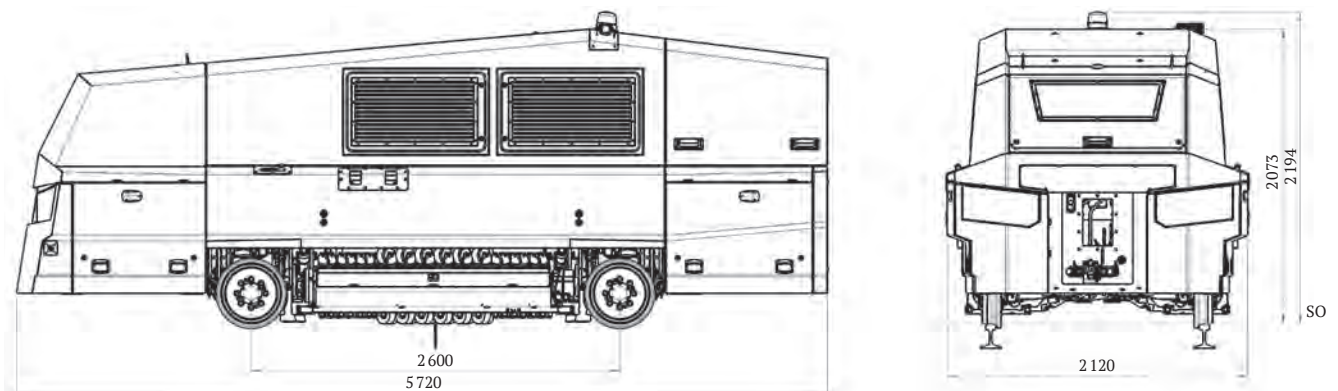


Рис. 2. Общий вид и размеры (мм) машины HSG-city

технический университет [1], с помощью высокоскоростной шлифовки можно почти удвоить срок эксплуатации рельсов в зависимости от нагрузки или соответствующей загруженности участка пути. Интенсивность шлифования может быть отрегулирована за счет скорости движения, давления шлифования и количества используемых абразивных материалов.

В машине HSG-city установлен поворотный магазин, рассчитанный в общей сложности на 24 шлифовальных камня на каждую сторону, за счет чего обеспечивается непрерывное проведение работ по шлифовке путей протяженностью до 30 км. Используемые шлифовальные камни могут быть заменены резервными во время работы поезда. Бесступенчатая регулировка позволяет располагать их под точным углом, необходимым для конкретного участка. Поскольку давление шлифования с гидравлическим управлением постоянно контролируется во время эксплуатации, исключаются такие дефекты, как периодические следы заедания или воронение. Технология применима и к желобчатым рельсам, и к рельсам Виньоля – таким образом можно обрабатывать все виды путей.

При разработке HSG-city размеры были подобраны так, чтобы компактная шлифовальная машина могла применяться в любой системе метрополитена мира (рис. 2). Для расчетов габаритов приближения строений были использованы две системы метрополитена с очень малыми значениями этих параметров: Берлинский узкопрофильный участок и Лондонский метрополитен. Длина машины составляет 5 714 мм без сцепки, высота – 2 072 мм и ширина – 2 113 мм, данные



Рис. 3. Варианты использования тягового подвижного состава с HSG-city: а) машина, ведомая автомобилем на комбинированном ходу Unimog (на одном из рабочих выездов в Ростке, Германия); б) машину тянет локомотив в Стокгольмском метрополитене

параметры подходят для всех типов дорог, а также для тоннелей. Модель является двунаправленной, что позволяет тянуть или толкать ее различными типами тяговых транспортных средств (рис. 3). Предусмотрено

Табл. 1. Технические характеристики HSG-city

Параметр	Значение
Длина по осям сцепных устройств	5 720 мм
Высота	2 112 мм
Ширина	2 113 мм
Количество тележек	2
Количество осей колесных пар	2
Расстояние между осями тележек	2 600 мм
Рабочая скорость	8-60 км/ч
Максимально допустимый общий вес	~12 т
Наименьший радиус прохождения кривой: – в транспортировочном режиме – рабочем режиме	18 м 30 м
Максимальный уклон (подъем и спуск)	40‰
Температурный режим	от -10 °С до +40 °С
Максимальный съем материала за проход	0,01 мм
Применимые стандарты	DB Rail 824, EU standard 13231:3-2012

дистанционное управление машиной. Кроме того, рельсошлифовальная машина оснащена оптимизированной вытяжкой, обеспечивающей отсасывание и фильтрацию пыли,

металлических частиц, а также искр со степенью улавливания до 90%. Подробные технические характеристики HSG-city представлены в таблице 1.

## Снижение шума рельсов

Железнодорожный шум стал широко распространенной проблемой – особенно в городских агломерациях, что беспокоит не только пассажиров, но и жителей вдоль участков железной дороги. В случае волнистой поверхности рельса воздушный шум (в слышимом диапазоне) и механический шум (в ощутимом диапазоне) передаются через рельс в землю и, в экстремальном случае, на окрестные здания.

С одной стороны, рельс подвергается вибрациям от прокатки колеса, а с другой – нормальным и сдвиговым напряжениям в эллипсе контакта рельса и колеса. Как следствие, это приводит к смещению материала, износу, а также к наклепу и усталости материала. Перечисленные факторы могут способствовать возникновению продольных волн различной длины (так называемых неровностей рельса), измененных поперечных профилей и трещин, которые, как только они были инициированы, усиливают друг друга, а затем растут быстрее. Циклические дефекты поверхности рельсов, прежде всего, приводят к неприятным для человеческого уха

частотам при прохождении катящегося колеса по рельсу – от гудения до флейтовых тонов. Традиционные технологии с приводными вращающимися шлифовальными кругами могут производить поперечные направлению движения риски и периодический синий шлиф, что приводит к быстрому образованию рифлей. Рифления или соответствующие продольные волнистости рельсов относятся к основным виновникам рельсового шума. Рифли возникают преимущественно на прямых участках пути и могут со временем изменить головку рельса и поверхность катания. Волны буксования, напротив, образуются в кривых малого радиуса.

Для эффективного удаления волн и рифлей необходима стабильная линейная подвеска шлифовального инструмента, в таком случае получается однородный продольный контур во время шлифования. Машина HSG-city оснащена шлифовальной балкой длиной 1,60 м, что позволяет оптимизировать продольную волнистость. На рисунке 4 представлено сравнительное изображение шасси и подвески: при обычных спо-



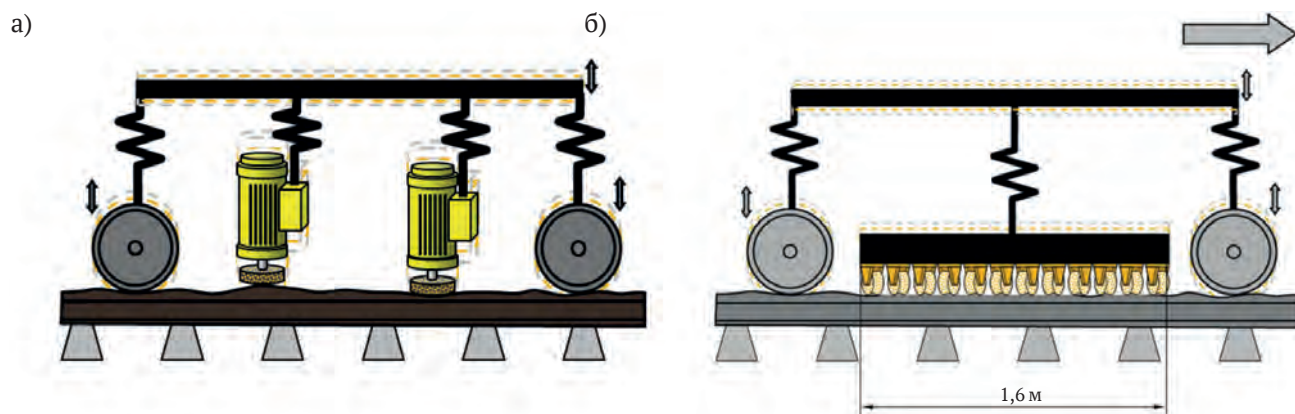


Рис. 4. Сравнительное изображение шасси и подвески: а) при традиционных способах шлифования; б) при высокоскоростном шлифовании

способах шлифования чашечные круги подвешиваются на отдельных шлифовальных шпинделях, в то время как в процессе HSG шлифовальная траверса ведет отдельные шлифовальные камни почти как шлифовальный блок по рельсу. Кроме того, эта технология не может создавать мартенсит (синий шлиф) и поперечные рифли из-за особенностей процесса. Круговое шлифование оставляет поверхность рельса без скошенных кромок с акустически низкой шероховатостью рельса (Ra) менее 10 мкм (рис. 5). Шлифовальный брус HSG-city может быть установлен в различных положениях на рельсе, что, помимо чистой профилактики, позволяет проводить незначительную коррекцию рельсового профиля. Шум от прохождения машины в процессе работы аналогичен шуму от любого другого поезда.

С каждым циклом шлифовки операторы сети получают сведения о количестве проходов, циклах шлифовки, а также о требуемой

величине снятия материала. Исходя из этих данных разрабатывается эффективный план шлифовки, который позволит максимально использовать срок службы рельсов и сохранить низкий уровень шума.



Рис. 5. Рисунок шлифовки без скошенных кромок после обработки рельса HSG-city

## В графике регулярного сообщения

Гибкая рабочая скорость от 8 до 60 км/ч позволяет, в зависимости от тяговой подвижной единицы, производить работы по шлифовке в течение основного времени эксплуатации в плотном графике движения на участках метрополитена. Это означает, что шлифовальная машина может перемещаться по сети железных дорог между проходом других поездов. Закрытие участков пути или приостановка текущей эксплуатации, как при проведении работ по традиционной тех-

нологии шлифовки со скоростью 2-3 км/ч, не требуется. Машина HSG-city уже была задействована между станциями метро Пекина, где поезда шли с пятиминутными интервалами, без нарушений сообщения. В качестве альтернативы возможно ее применение в период менее интенсивного движения.

Интересными в экономических аспектах также являются пропускная способность участка и разнообразные возможности применения: по сравнению с другими методами

шлифования можно обрабатывать большую протяженность пути за смену. Кроме того, технология HSG может использоваться для шлифовки новых рельсов, а также для улучшения профиля. С ее помощью можно уда-

лять масляную пленку, образующуюся из-за опавшей листвы и загрязнений воздуха, или повторно проводить очистку путей, на которых была временно приостановлена эксплуатация после ремонтов.

## Опыт эксплуатации

На быстро развивающемся железнодорожном транспорте Китая шум, вызванный дефектами на поверхности рельсов, превратился в проблему, которую уже нельзя было

игнорировать. На линии «Хаичжу» длиной 7,7 км юго-восточного 11-миллионного мегаполиса Гуанчжоу через полтора года после ввода в эксплуатацию развились значительные дефекты рельсов, которые привели к сильной вибрации и, следовательно, к шумовому загрязнению. Компании Vossloh было поручено выполнить акустическую шлифовку участка между остановкой «Мост Лиде Южная» и восточным выставочным с использованием технологии HSG. После восьми проходов с ресурсосберегающей величиной съема 0,1 мм удалось добиться заметного выравнивания продольного профиля: замеры продольного профиля рельсов перед обработкой выявили среднюю глубину дефектов в размере 0,15 мм и продольные волны длиной в диапазоне от 50 до 300 мм, а после обработки эти показатели сократились на 30% (рис. 6). Это привело к снижению уровня шума на 4 дБ (А). На основании положительных результатов на следующем этапе была проведена акустическая шлифовка всего участка.

В Дюссельдорфе (Германия) во время проведения шлифовальной кампании с HSG-city в 29-километровом тоннеле городской железной дороги были реализованы те же меры безопасности, что применялись ранее при традиционной обработке рельсов. В связи с этим служебная инструкция на первом этапе предусматривала работу только на коротких, легко контролируемых участках пути с 30 проходами. Целесообразнее непрерывно обрабатывать более протяженные участки пути, так как в этом случае пыль и искры от шлифовки полностью извлекаются машиной и направляются в бункер HSG-city. В Дюссельдорфе разлет искр ограничивался областью у шейки рельсов. В то же время высокая скорость шлифовки — 30 км/ч, а также малый съем материала за один проход минимизировали как пылео-

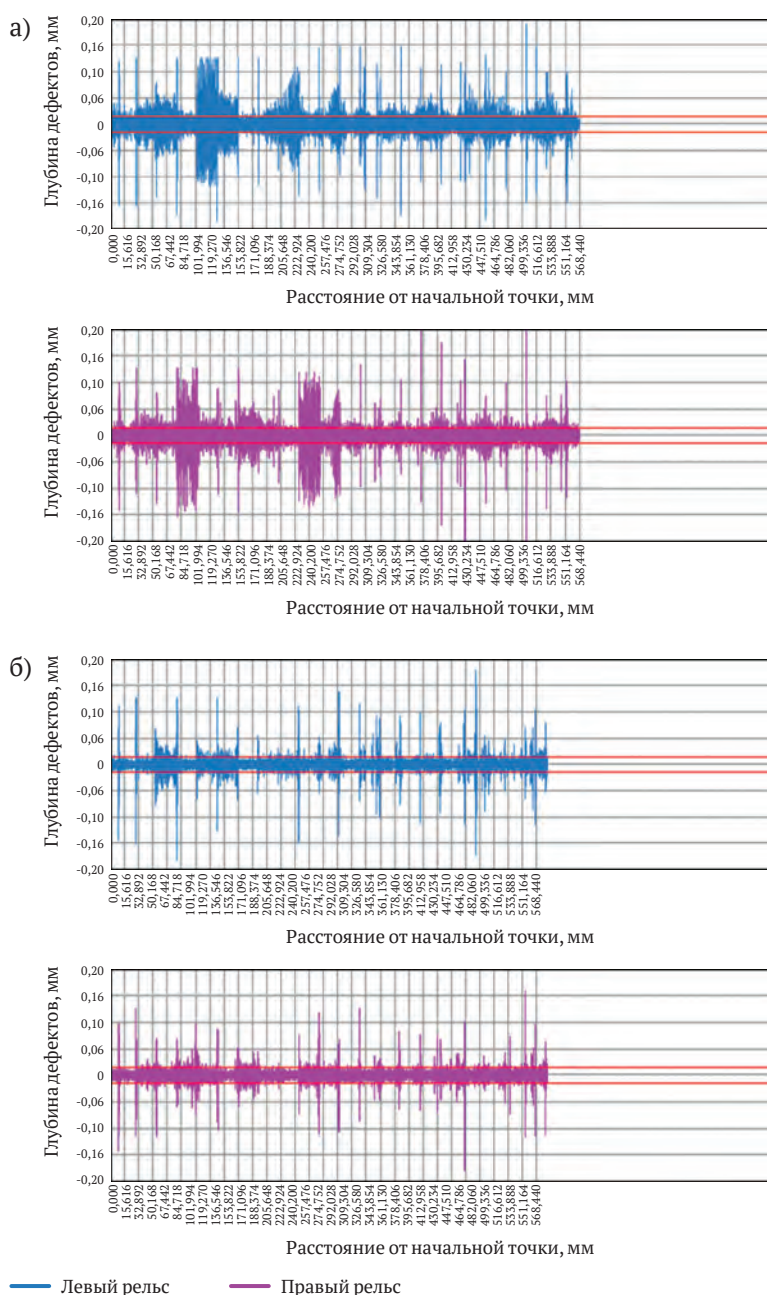


Рис. 6. Замеры продольного профиля рельсов: а) перед обработкой; б) после обработки

бразование, так и накопление искр, что привело к значительному снижению опасности возникновения пожара.

С 2015 года на сети Пекинского метрополитена протяженностью 574 км применяется машина HSG-city для работы в тоннелях. За счет разгона и торможения на рельсах, уложенных лишь три четверти года назад, развились сильные рифли, волнообразный износ и другие повреждения. Несмотря на короткое «окно» длиной всего в два часа, HSG-city отшлифовала порядка 3 км пути. Для устранения продольных волн на всех проблемных местах понадобилось 12 смен и 16 проходов. После успешного устранения повреждений фокус сосредоточен на профилактическом обслуживании рельсов в сочетании с целенаправленным устранением дефектов (шли-

“ Удаление 0,1 мм верхнего слоя достаточно для предотвращения возникновения острodefектных повреждений, требующих замены рельсов.

фовка активной зоны). Высокая частота перевозок по городской сети метрополитена в сочетании с большой грузонапряженностью в зоне контакта колесо-рельс приводит к масштабному рифлению и микротрещинам головки рельса. Без обработки эти дефекты, что подтверждено практикой, растут быстрее вглубь рельса и требуют в конечном итоге замены поврежденных рельсов.

## Перспектива применения

С момента своего появления в Европе и Китае метод профилактической шлифовки применялся более чем на 200 тыс. км рельсов. С 2016 года в Германии также шлифуются стрелочные переводы с подвижными пружинными сердечниками согласно RIL 824-4015 эксплуатационно-технического регламента DB Netz AG. В октябре 2017 года было получено разрешение Федерального ведомства железных дорог Германии (EBA) на эксплуатацию HSG-city в том числе на городских железных дорогах, входящих в сферу действия Deutsche Bahn. HSG-city также была включена в программу немецких железных дорог по снижению уровня шума i-Lena. В Китае с 2021 года технология HSG официально рекомендована Министерством по техническому обслуживанию высокоскоростных дорог. Шлифовальная машина HSG-city может быть адаптирована к конкретным требованиям местного транспорта, в том числе готова для применения в российских городах на путях колеи 1520 мм.

В дополнение к своей основной шлифовальной функции HSG-city может также выполнять роль диагностического модуля, оснащенного измерительным оборудованием, который мониторит состояние продольного и поперечного профилей при движении машины по рельсам. Собранные данные передаются в приложение Smart Maintenance, разработанное компанией для планирования технического обслуживания сети. При накоплении информации можно отследить тенденцию развития дефекта и определить наиболее подходящее время для проведения профилактики.

“ За счет устранения незначительных и средних повреждений высокоскоростное шлифование способно снизить уровень шума от железнодорожного транспорта до 10 дБ.

## Список использованной литературы

1. Технический университет Берлина. Факультет железных дорог и эксплуатации: отчет № 204/07, август 2007 г.
2. Бернард Хилтбергер. Руководство по эксплуатации. Гамбург: Tetzlaff Verlag. 2003. 111 с. (S)