

# Шлифование рельсов на железных дорогах Швеции

**В течение нескольких последних лет шлифование рельсов на железных дорогах Швеции стало неотъемлемым и важным элементом работ по текущему содержанию пути. В 2006 г. длина пути, на котором было выполнено шлифование рельсов, достигла почти 1000 км. При этом данная технология получила распространение как на единственной в стране железнодорожной линии с тяжеловесным грузовым движением, так и на обычных линиях, составляющих преобладающую часть сети.**

Ответственность за состояние пути на всей сети железных дорог Швеции возложена на администрацию инфраструктуры Banverket (BV). Администрация Banverket планирует и организует работы по текущему содержанию и ремонту пути, а также новое строительство и реконструкцию. Общая протяженность железнодорожных линий в стране относительно невелика, но расстояние между ее крайними точками на севере и юге превышает 2000 км, и это значит, что условия эксплуатации путевой структуры весьма различны: для юга характерен морской климат, для севера — континентальный с суровой и продолжительной зимой. Эти различия отражаются и на политике в области содержания и ремонта пути.

## Линия с тяжеловесным движением

Единственная в Швеции линия такого рода, соединяющая порты Лулео на берегу Ботнического залива Балтийского моря и Нарвик (Норвегия) на берегу Атлантического океана, обслуживает месторождение полезных ископаемых в районе Кируны, вывозя оттуда на экспорт добываемую в большом объеме высококачественную же-

лезную руду. Общая длина линии равна 473 км, из которых 433 км проходят по территории Швеции (здесь она называется Malmbanan, рис. 1) и 30 км — по территории Норвегии.

Строительство этой линии нормальной колеи было начато в 1898 г., в эксплуатацию она была введена в 1902 г. На линии имеются 25 тоннелей и 125 мостов, ее план и профиль характеризуются наличием большого числа кривых малого радиуса и затяжных крутых уклонов. В течение многих лет осевые нагрузки на путь от подвижного состава были ограничены 25 т, но недавно завершена реконструкция позволила довести этот показатель до 30 т. Соответственно грузоподъемность вагонов была повышена с 80 до 100 т. Одновременно, с внедрением новых электровозов типа IORE, которые считаются одними из самых мощных в мире, число вагонов в поезде было увеличено с 52 до 68, а масса поезда брутто — с 5200 до 8160 т. Ежегодный объем перевозок в северной части линии составляет 27 млн. т.

На линии Malmbanan существенная доля эксплуатационных расходов приходится на текущее содержание и ремонт пути, в том числе на замену рельсов. Наработку политики по поддержанию путевой структуры в работоспо-

собном состоянии оказывают влияние такие факторы, как частота изломов рельсов, проблемы контактно-усталостного характера, геометрические параметры рельсов и колес подвижного состава. К числу критических факторов на линии с тяжеловесным движением относятся характеристики силового взаимодействия в контакте колес с рельсами и техническое состояние рельсов.

На линиях, которые по условиям эксплуатации подобны Malmbanan, в частности по наличию кривых малого радиуса, лубрикация и шлифование рельсов входят в число рутинных операций текущего содержания пути и выполняются для уменьшения трения, износа и явлений контактной усталости при качении в системе колесо — рельс. Исследования Дж. Элкинса и др. (J. Elkins et al.) и П. Ваара (P. Waara) показали, что правильное применение лубрикации и шлифования позволяет снизить темп износа почти в 20 раз, что, естественно, выгодно владельцам инфраструктуры и подвижного состава.

## Программа шлифования

На линии Malmbanan программа текущего содержания пути включает ежегодное шлифование рельсов (как в профилактических целях, так и для репрофилирования), а также интенсивную их лубрикацию в кривых радиусом менее 600 м. Основными целями этих ме-



Рис. 1. Рудовозный поезд на линии Malmbanan

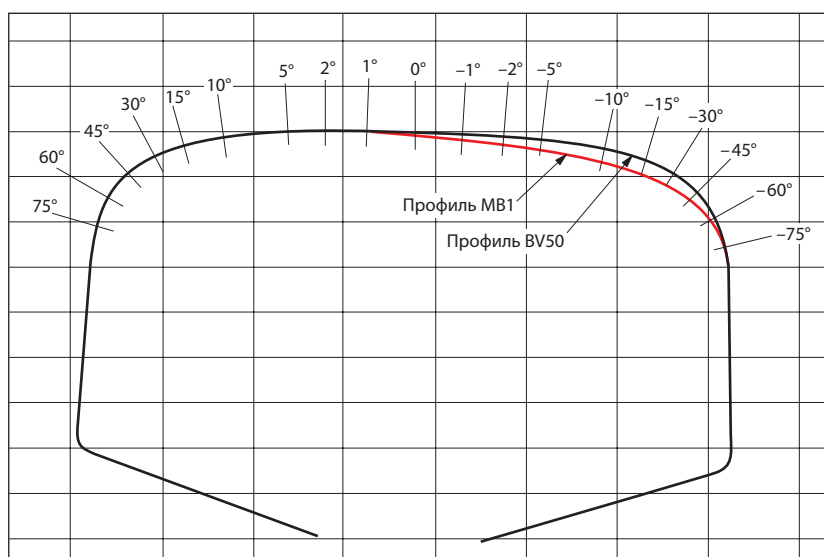


Рис. 2. Рельсовые профили MB1 и BV50

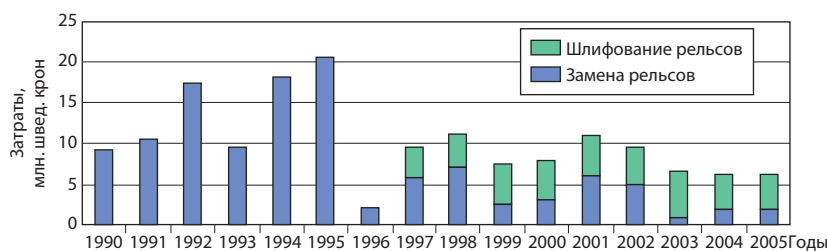


Рис. 3. Затраты в рельсовом хозяйстве линии Malmbanan

роприятий являются снижение вероятности возникновения поверхностных проявлений контактной усталости и уменьшение износа головки рельсов. Непосредственные работы по шлифованию через определенные временные интервалы и в установленных режимах выполняет сторонняя иностранная (в Швеции организаций такого профиля нет) субподрядная организация по контракту (на 2006 – 2008 гг. соответствующий контракт с возможностью продления еще на 2 года заключен с компанией Speno).

Масштабную кампанию по шлифованию рельсов на линии Malmbanan между Кируной и норвежской границей администрация Banverket инициировала в 1997 г. В то же время для этой линии был принят новый профиль головки рельсов, приближенный к профилю естественного износа и обеспечивающий лучшее взаимодействие с колесами вагонов рудовозных поездов, как правило, имеющими некоторый прокат. Сначала под этот

профиль, названный MB1, шлифовались рельсы только наружной нити в кривых, а рельсы внутренней нити по-прежнему шлифовались под стандартный профиль BV50 (рис. 2).

Поскольку полоса контакта колеса и рельса при профиле MB1 шире, чем при стандартном профиле, полагали, что с внедрением нового профиля проявления контактной усталости будут наступать позднее. Результаты вскоре оправдали ожидания. Число дефектов рельсов, обусловленных контактно-усталостными факторами, таких, как образование сетки трещин, отслаивание и выкрашивание металла головки, заметно уменьшилось.

Экономическая оценка эффективности указанной кампании за 1990 – 2005 гг. приведена на рис. 3.

Видно, что после начала реализации программы шлифования рельсов уровень затрат существенно снизился по сравнению с предыдущими годами. Расходы, связанные с заменой рельсов, вышедших

из строя по дефектам с тяжелыми последствиями, стали меньше, чем относящиеся непосредственно к шлифованию. За первые 2 года выполнения программы общие затраты на замену и шлифование рельсов уменьшились на 40 %, при том что качество рельсов и путевой структуры в целом повысилось.

Вместе с тем даже при наличии действующей программы шлифования с течением времени состояние пути постепенно ухудшается в силу естественных причин и накапливается определенное число рельсов, которые следует заменить не из-за дефектов, а вследствие естественного износа. Поэтому уровень расходов по этой статье будет, по всей видимости, несколько выше, чем показанный на рис. 3 для последних лет.

Инициация кампании шлифования стала важным шагом в осуществлении перехода к повышенным до 30 т осевым нагрузкам на линии Malmbanan, а также позволила продлить срок службы лежащих в пути рельсов массой 50 кг/м. Уже через относительно малое время можно было видеть существенную экономию средств как в путевом хозяйстве, так и в эксплуатационном. Есть уверенность в том, что нынешняя политика текущего содержания и ремонта пути способствует уменьшению потребностей в капитальных вложениях в радикальное обновление путевой структуры с переносом их на более поздний срок.

Дальнейшему продлению срока службы рельсов может способствовать оптимизация процесса шлифования и внедрение новых, еще более усовершенствованных профилей рельсов. Эти положительные сдвиги в состоянии инфраструктуры параллельно обеспечивают и продление срока службы колес за счет улучшения условий силового взаимодействия в системе колесо — рельс. Хотя при этом полностью избавиться от возникновения дефектов контактно-усталостного происхождения все-таки

невозможно, эффективность программы несомненна.

В настоящее время шлифование рельсов на линии Malmbanan в кривых осуществляется каждый год, т. е. после пропуска 27 млн. т поездной нагрузки. В прямых рельсы шлифуют раз в 3 года, т. е. после примерно 80 млн. т поездной нагрузки. Вместе с тем у ограниченного числа кривых рельсы необходимо шлифовать чаще, чем раз в год. Как правило, работы по шлифованию рельсов выполняются летом и ранней осенью. Если потребность в шлифовании возникает в другое время, ее удовлетворение зависит от наличия у подрядчика рельсошлифовальной машины в нужный момент в нужном месте.

Снятие металла при шлифовании рельсов осуществляется на глубину не менее 0,2 мм за один проход; этот параметр одинаков как для превентивного шлифования относительно новых рельсов, так и для корректирующего шлифования рельсов, лежащих в пути довольно длительное время, с целью восстановления нужного профиля головки. Указанная толщина слоя снимаемого металла выбрана как компромисс — для полного удаления металла, затронутого проявлениями контактной усталости, глубина снятия должна быть большей, а для придания профилю очертания «изношенного» достаточно меньшей глубины.

С течением времени и по накоплению опыта эксплуатации рельсов с профилем MB1 на линии Malmbanan выявилось, что профиль можно оптимизировать в еще большей степени. Исходя из этого был разработан новый профиль головки рельсов, названный MB3 (рис. 4). Этот профиль характеризуется некоторым изменением очертаний рабочей грани головки в целях смягчения возникающих в этом месте напряжений. Высшая точка профиля сдвинута в наружную сторону.

Для оценки рельсов с новым профилем головки будет, естест-

венно, в течение длительного времени проводиться мониторинг их состояния в условиях тяжеловесного движения. Возможно, понадобятся внести изменения в программу шлифования рельсов в отношении его цикличности и количества снимаемого металла.

### Обычные линии

Положительные результаты, полученные в ходе реализации программы шлифования рельсов на линии Malmbanan, подвигли администрацию Banverket к внедрению шлифования и на обычных линиях, расположенных в центральной и южной Швеции. На большинстве этих линий имеет место смешанное движение, т. е. по одним и тем же путям проходят пассажирские поезда дальних и региональных сообщений, скорость движения которых достигает 200 км/ч, пригородные поезда и грузовые поезда с осевыми нагрузками до 25 т.

На таких линиях шлифование рельсов, помимо главной цели — устранения (если не полностью, то хотя бы частично) дефектов контактно-усталостного характера, преследует цели устранения волнообразного износа рельсов для обеспечения плавности хода и, следовательно, повышения уровня комфорта для пассажиров, а также придания головке рельсов профиля, улучшающего вписывание тележек подвижного состава в кривые. Кроме того, за счет шлифования рельсов снижается уровень гром-

кости «скрипа» при прохождении кривых малого радиуса.

Превентивному шлифованию подлежат 100% новых рельсов. Решение о корректирующем шлифовании рельсов, находящихся в эксплуатации относительно длительное время, принимают местные подразделения администрации Banverket на основе визуального контроля и результатов измерения геометрических параметров пути (например, волнообразного износа).

Для начала Banverket издала инструктивный документ с рекомендациями об организации работ и режимах шлифования. В нем приведены критерии, которыми следует руководствоваться при определении того, когда и как нужно шлифовать рельсы для удаления поверхностных трещин, устранения волнообразного износа с разной длиной волны и т. п.

Даны также рекомендации по периодичности шлифования. Так, при движении подвижного состава с осевыми нагрузками не более 22,5 т рельсы в кривых радиусом 500 м и менее следует шлифовать после пропуска 30 млн. т поездной нагрузки. В кривых большего радиуса рельсы следует шлифовать через каждые 40 млн. т, в прямых — через каждые 70 млн. т поездной нагрузки. Эти величины являются ориентировочными, а окончательные решения в каждом конкретном случае зависят от состояния пути, его геометрических параметров и условий эксплуатации (доли пассажирских и грузовых поездов, их скорости и т. п.). Необходимо так-

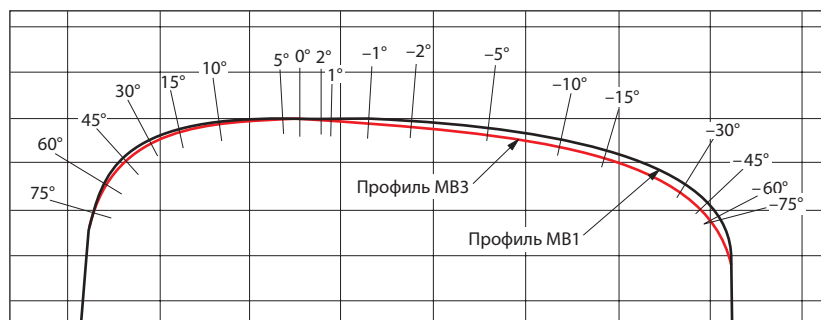


Рис. 4. Рельсовые профили MB1 и MB3

же увязывать принятие решения о шлифовании с результатами неразрушающего контроля (дефектоскопии) рельсов.

Особо выделены случаи, когда корректирующее шлифование рельсов необходимо ввиду существенного искажения исходного профиля головки (например, ее «уплощения») или возникновения волнообразного износа рельсов с критической формой волны. Кроме того, отмечено, что снятие шлифованием слоя металла большой толщины для полного удаления глубоких трещин или иных серьезных дефектов в определенных условиях может быть неосуществимо по техническим и экономическим соображениям. В таких случаях целесообразно путем шлифования разгрузить выкружку рабочей грани головки и улучшить условия контакта колес и рельсов, чтобы снизить уровень контактных напряжений.

### Стрелочные переводы

Шлифование рельсов стрелочных переводов выполняется исходя из тех же критериев, что и рельсов перегонных или станционных путей. Наличие волнообразного износа, дефектов контактно-усталостного происхождения и искажение геометрических параметров и здесь являются основными факторами принятия решений.

В 2006 г. на сети линий, находящихся в ведении администрации Banverket, шлифованию были подвергнуты рельсы 397 стрелочных переводов, лежащих как на главных, так и на боковых путях. Из этого числа 80 переводов относятся к линии Malmbanan.

На этой линии рельсы стрелочных переводов шлифуют практически ежегодно. До недавнего времени в переводах использовались стандартные рельсы профиля BV50, но без подуклонки 1:30, применяемой на перегонных и станционных путях. Однако дефекты, приходящие рельсам стрелочных перево-

дов, такие же, как и рельсам основного пути.

В целях улучшения технико-эксплуатационных характеристик стрелочных переводов для них был разработан новый профиль головки рельсов, названный MB4. По своим очертаниям он немногим отличается от профиля MB1, и основной причиной его создания стало стремление лучшим образом использовать технологические возможности рельсошлифовальных машин — шлифование под профиль MB1 занимает слишком много времени, и поэтому иногда для его восстановления приходится выполнять несколько проходов. Вместе с тем окончательного решения о внедрении профиля MB4 еще не принято, и в 2007 г. рельсы стрелочных переводов продолжают шлифовать под профиль MB1.

На обычных линиях рельсы стрелочных переводов шлифуют под стандартные профили 60E1 или 50E3 с подуклонкой 1:30. Проводились испытания рельсов, имеющих экспериментальный профиль головки 60E2 с подуклонкой 1:40, но каких-либо заметных преимуществ этого профиля пока не выявлено.

В ряде случаев — преимущественно на линии Malmbanan, но бывает, что и на обычных линиях, — возникают трещины на верхней поверхности острижковых рельсов. Полагают, что это происходит из-за высокого уровня нагружения в моменты перехода колес с рамного рельса на острижок. Вместе с тем за счет износа, как естественного, так и искусственного (при повторяющемся шлифовании), поверхность катания рамного рельса с течением времени опускается, и ее уровень приближается к уровню поверхности катания смежного острижка, так что перегрузки сглаживаются. Для еще большего уменьшения риска возникновения трещин на верхней поверхности острижковых рельсов острижки приподнимают на несколько миллиметров. В результате всего этого точка перехода колес с рамного рельса на острижок смещается ближе к корню острижка.

### Финансирование и планирование

Объемы ежегодного финансирования работ по шлифованию рельсов ранее определялись региональными подразделениями администрации Banverket, но во многих случаях выделение средств задерживалось и даже переходило на следующий год по экономическим соображениям.

В 2001 г. этот порядок был изменен. Единый денежный фонд ежегодно стал утверждаться руководством администрации, чтобы обеспечить финансирование шлифования в нужном объеме. Каждый регион направлял сведения о потребности в шлифовании рельсов на основных путях и стрелочных переводах в правление Banverket, и, если средств не хватало, правление по согласованию с регионами определяло приоритеты.

До последнего времени такой порядок приносил удовлетворительные результаты, и шлифование рельсов приобрело намного более высокий статус по сравнению с предыдущими годами. Признание важности шлифования в качестве одной из основных операций текущего содержания пути распространилось с севера на другие районы Швеции.

Планирование работ по шлифованию рельсов в настоящее время осуществляется по принципу «под ключ». Это значит, что всю разработку плана выполняет одна организация — частная шведская компания Spark Trade. Специалисты компании составляют детальный график работ по шлифованию в соответствии с запросами регионов и согласовывают его с владельцами рельсошлифовальных машин, подразделениями службы пути и других причастных служб в увязке с технологическим процессом шлифования рельсов на перегонах, станциях и стрелочных переводах.