

Предварительная приемка

Непосредственно после заливки первого участка плит по согласованию с руководством стройки и строительной инспекцией были проведены контрольные измерения опорных поверхностей для рельсовых скреплений. Эта работа была поручена независимому бюро, использовавшему методы оценки и расчетов, предназначенные для приемки безбалластного пути. Полученные значения округляли с точностью до миллиметра.

Проверка показала, что на всех опорных точках отклонения фактических различий в двух соседних точках измерения, расположенных на расстоянии 5 м друг от друга, не превысили допустимого значения 2 мм как в плане, так и в профиле. В стыках, опорные точки которых имели обозначенные на чертежах номера, кратные 10, не обнаружено смещений ни в плане, ни в профиле.

Выводы

Для строительства на новой высокоскоростной линии Нюрнберг — Ингольштадт участка пути на жестком основании конструкции Bögl разработаны высокопроизводительные методы установки плит и выправки с высокой точностью по положению, а также способы заливки. Отдельные методы оптимизированы и соединены в единую технологическую цепочку с учетом дополнительных требований логистики при строительстве железнодорожных линий.

Первые измерения, проведенные в 2003 г., показали, что высокие требования к точности положения пути выполнены полностью.

H. Weber, A. Zachlehner. Eisenbahntechnische Rundschau, 2004, № 1/2, S. 21 — 26, 28 — 29.

Асимметричное шлифование рельсов

Шлифование рельсов на первых этапах его внедрения использовали для обеспечения плоской поверхности катания. В дальнейшем развитие железнодорожной науки показало, что профиль рельсов может быть не только плоским. Были разработаны различные специальные профили для разных условий эксплуатации. Так, асимметричные профили, снижающие износ, следует применять в кривых малого радиуса, а шлифование, снижающее усталость металла рельсов, в кривых большого радиуса. Для прямолинейных участков высокоскоростных линий рекомендуется профиль рельсов с небольшой эквивалентной конусностью.

Необходимость в шлифовании рельсов возникла в связи с образующимся на них волнообразным износом, имеющим широкий диапазон длины волны. Первоначально в Европе шлифование стали применять в исключительных случаях и лишь на небольшом числе участков. В дальнейшем масштабы шлифования стали расширяться, так как оно давало такие положительные результаты, как снижение вибраций, уменьшающее динамические нагрузки на верхнее строение пути.

В настоящее время практически нет ни одной железнодорожной компании, которая пренебрегала бы

шлифованием рельсов. Масштабы и периодичность проведения этих работ определяются техническими параметрами линии и особенностями эксплуатационного процесса.

Характер нагрузок и корректировка профиля рельса

При шлифовании удаляется материал головки рельса в местах неровностей поверхности катания. В зависимости от характера неровностей или повреждений поверхности катания выбирают тот или иной метод шлифования.

В прямолинейных участках пути, как правило, имеет место волновой износ с небольшой длиной волны, вызывающий вибрации подвижного состава. Следствием этого являются значительные динамические воздействия на путь, обуславливающие увеличение затрат на его текущее содержание и сокращение срока службы всех компонентов рельсошпальной решетки.

В кривых малого радиуса волновой износ обусловлен проскальзыванием колесных пар в связи с разными расстояниями, которые проходят внутренние и наружные колеса. Этот вид износа приводит к аналогичным последствиям.

При вдавлении в поверхность катания рельса посторонних предметов, например мелких частиц щебня, эта поверхность повреждается. В результате ускоряется образование волнового износа, а также возникают локальные перегрузки поверхности катания, приводящие к возникновению трещин или вмятин. Под действием вибраций, особенно при больших осевых нагрузках и высокой скорости движения, может наступить превышение предела усталостной прочности. В этом случае образуется поверхностная сетка микротрещин, приводящая в дальнейшем к масштабным выкрашиваниям.

Развитие техники шлифования вращающимися абразивными кругами позволило не только устранять неровности и повреждения на головке рельса, но и проводить ее обработку с целью придания профилю определенной формы.

Сначала изменение профиля рассматривалось как побочный эффект удаления неровностей. В дальнейшем с увеличением мощности шлифовальных машин (рис. 1) и повышением точности измерений возросли требования к качеству поперечного профиля головки рельса.

Допуски на точность обработки в основном касались рабочей грани головки рельса, причем часто скорость движения рельсошлифовальной машины служила в качестве параметра, регулирующего точность обработки. Обычно при шлифовании стремятся обеспечить такой же профиль, как у новых рельсов с учетом их подуклонки в пути. Развитие техники применения вращающихся абразивных кругов значительно расширило возможности шлифования, благодаря чему стали использовать более разнообразные виды профилей.

Асимметричное шлифование

Впервые применять новые профили рельсов, отличающиеся от заводских, начали на грузовых линиях Австралии и Америки, характеризующихся высокими поездными нагрузками. Здесь с наибольшей остротой стояла проблема износа колесных бандажей.

Особо масштабные эксперименты, направленные на улучшение условий движения колесных пар в кривых малого радиуса за счет изменения профиля головки рельсов, велись в Австралии. При этом поверхность катания смещали относительно продольной оси рельса, для чего требовались различные профили внутреннего и наружного рельсов, получаемые с помощью асимметричного шлифования. Именно здесь появился термин «асимметричное шлифование» с аббревиатурой ARP (Asymmetric Rail Profiling).

Опубликованные положительные результаты этих экспериментов вызвали определенный интерес в Европе. Так, Федеральные железные дороги Австрии

(ÖBB) исследовали возможности уменьшения волнообразного износа поверхности катания и боковой грани головки рельсов в кривых.

Первые эксперименты с изменением геометрии контакта колесо — рельс проведены в Австрии в 1985 г. Здесь был исследован специальный асимметричный профиль со сдвигом поверхности катания в сторону центра кривой. Процесс его получения также стали называть асимметричным шлифованием. Однако этот термин не является однозначным. В эксплуатации профиль любого рельса, имеющего определенный эксплуатационный износ, будет в той или иной мере асимметричным относительно продольной оси. При шлифовании обычно восстанавливают на обоих рельсах такой же профиль, как у новых, причем обработка поверхности катания с наружной стороны производится на небольшой площади. Шлифование этого вида называют репрофилерованием.

Если профили правого и левого рельсов в прямых или наружного и внутреннего в кривых различны, то они асимметричны и по отношению к оси пути.

Возможны ситуации, когда профили обоих рельсов одинаковы, но они настолько отличаются от стандартного, что могут быть с полным основанием названы асимметричными.

Учитывая все сказанное в отношении видов профилей и терминов, а также во избежание неоднозначного толкования последних следует вести речь о специальных профилях, уточняющее название которых определяется местом и условиями применения этих профилей.

Виды профилей головки рельса

Рельсы выполняют две основные задачи: направление подвижного состава и восприятие поездной нагрузки. Для обеих геометрия контакта колеса с рельсом имеет решающее значение. При этом следует стремиться к тому, чтобы колесо катилось по рельсу по возможности без проскальзываний, а напряжения в относительно небольшой зоне контакта были как можно меньше.

Стандартный профиль

Издавна считается, что идеальной парой качения являются колесо с бандажом конического профиля и рельс с определенной подуклонкой. В этой системе колесная пара, сместившаяся при качении в поперечном направлении, автоматически возвращается в центральное положение, а кривые большого радиуса она может проходить без значительного набегания гребня на рабочую грань головки рельса (рис. 2).

С течением времени подуклонка рельса может меняться от 1:40 до 1:20. Поскольку при качении колеса с коническим профилем неизбежно проскаль-

зывание, вызывающее износ поверхности катания рельса, профиль последнего изменяется и становится более плоским, что отрицательно сказывается на функции направления. Соответственно изнашивается и колесо, профиль которого, представлявший ранее правильный конус, становится вогнутым.

Для того чтобы правильная геометрия контакта сохранялась как можно дольше, профили колеса и рельса должны в такой степени соответствовать друг другу, чтобы не только обеспечивали надежное направление подвижного состава в колее, но и в минимальной степени изменяли свою форму в результате износа. Типичной парой качения, отвечающей этим требованиям, являются колесо профиля S1002 и рельс МСЖД 60.

Профиль износа

Профиль износа, называемый также изношенным профилем, является взвешенным компромиссом по отношению к действующим требованиям для движения как в прямых, так и в кривых достаточно больших радиусов. В эксплуатации не было зафиксировано каких-либо значительных изменений этого профиля, кроме умеренного уплощения.

Наружные рельсы в кривых имеют тем больший контакт с гребнями колес, чем меньше радиусы закругления. Здесь износ рельсов имеет характер, соответствующий углу наклона гребней бандажей. В кривых радиусом от 400 до 500 м имеет место значительный износ рабочей грани головки рельса в результате набегания гребня бандажа.

Специальные профили

Как уже отмечалось, специальные профили формируют в пути с помощью рельсошлифовальной техники. При этом рабочая и наружная грани головки рельса обрабатываются по-разному. Специальные профили по назначению подразделяются на несколько категорий:

- для крутых кривых — с целью уменьшения износа наружного рельса;
- для кривых большого радиуса — с целью снижения интенсивности усталостного износа на рабочей грани наружного рельса;
- для участков с уменьшенной шириной колеи;
- для высокоскоростных линий, характеризуются низкой эквивалентной конусностью.

Асимметричный специальный профиль для снижения износа в крутых кривых обеспечивает оптимальное качение колесной пары. Исследования такого профиля в Австрии начались в 1985 г. В ходе их проведения поверхность катания смещали ближе к рабочей грани головки на наружном рельсе и наружу на внутреннем. Благодаря этому удалось добиться максимальной разницы радиусов качения наружного и внутреннего колес. На рис. 3 приведены геомет-



Рис. 1. Рельсошлифовальный вагон Speno 32

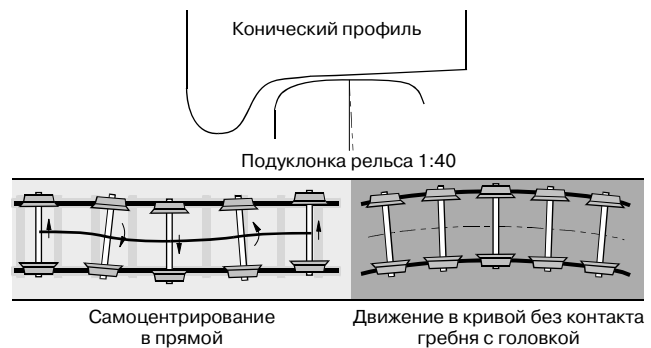


Рис. 2. Колесная пара с бандажами конического профиля на прямом участке и в кривой

рические соотношения для случаев стандартного и специального профилей в кривых малого радиуса, характеризующие безусловные преимущества второго варианта (см. рис. 3, б).

Институтом железнодорожного транспорта в Инсбруке была проведена серия экспериментов, в результате которых удалось добиться такого движения колесных пар в кривых, при котором интенсивность касания гребнем рабочей грани головки рельса была минимальной. Как следствие этого, интенсивность износа значительно снизилась.

Результаты, полученные на опытных участках в Бриксентале (линия Зальцбург — Инсбрук) и на линии Albergstrecke (Инсбрук — Цюрих), были подтверждены на других участках, например на перевале Зиммеринг и в районе станции Эннсталь. Опыт показал, что специальное профилирование наружного рельса существенно снижает износ, в то время как внутреннему рельсу следует придавать стандартный профиль, рекомендуемый МСЖД, чтобы избежать негативного влияния, оказываемого качением колес с вогнутым профилем.

В 1995 г. применение асимметричного шлифования с целью создания специальных профилей головки наружного рельса было возведено в Австрии в раз-

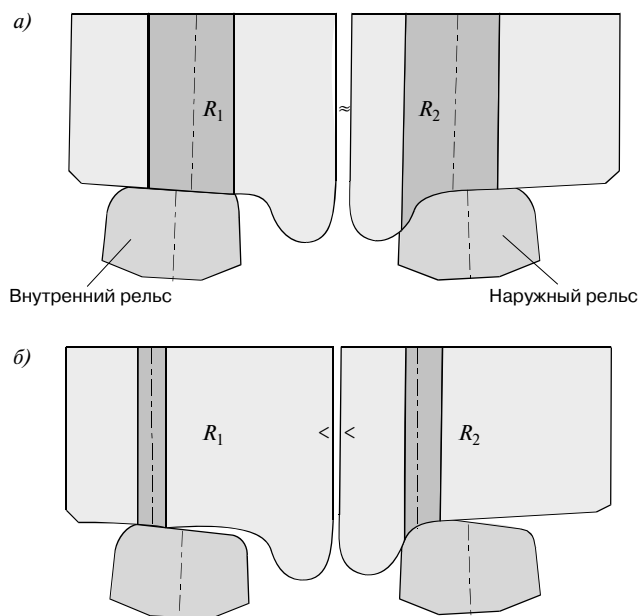


Рис. 3. Стандартный (а) и специальный (б) профили в кривой малого радиуса

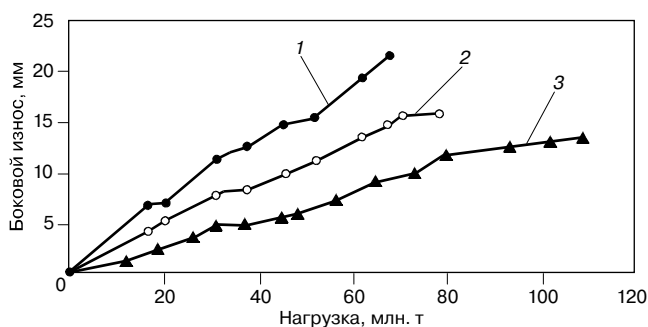


Рис. 4. Увеличение срока службы рельсов за счет использования специальных профилей:

1 — стандартный профиль; 2 — профиль износа МСЖД; 3 — специальный профиль, восстанавливаемый с циклом в 2 года

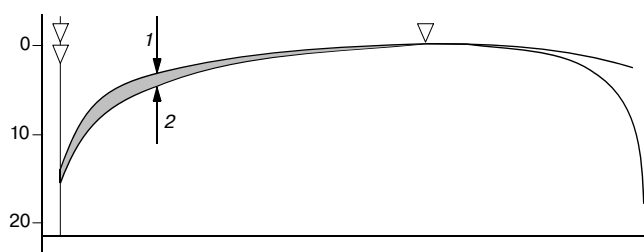


Рис. 5. Сравнение стандартного профиля и изношенного:
1 — стандартный профиль BV50; 2 — профиль износа MB3

ряд обязательных мероприятий, проводимых в рамках текущего содержания пути. Это дало значительный экономический эффект, поскольку наряду с регулярным устранением волнового износа от проскальзываний на наружном рельсе одновременно без дополнительных затрат средств и времени выполняется его специальное профилирование. Снижение темпов износа заметно отодвигает сроки замены рельса по этому параметру. В результате в

эксплуатации наблюдается увеличение срока службы рельсов до 50 % (рис. 4).

Использование специальных профилей с целью снижения бокового износа наружного рельса в кривых на первом этапе распространялось в Европе медленно. Здесь, вероятно, играли роль применение смазки и использование более твердых или закаленных рельсов, а также опасения, связанные с возможным усталостным износом рабочей грани при слишком интенсивном профилирующем шлифовании.

В дальнейшем специальные профили стали использоваться более широко и вошли в качестве обязательных в инструкции железнодорожных компаний ряда стран. Хорошие результаты были получены на городской железной дороге Мюнхена, в связи с чем специальные профили также были включены в инструкции по шлифованию рельсов DBAG.

Специальные профили используются в тоннеле под Ла-Маншем, а также на сети железных дорог Норвегии. В Испании инструкции предписывают разработку специальных профилей применительно к особенностям конкретных участков и характеру их эксплуатации.

Специальный профиль для кривых большого радиуса получил название Anti-Headcheck в связи с тем, что он применяется с целью снижения интенсивности усталостного износа рабочей грани наружного рельса.

Помимо классического износа, рельсы подвержены также местным нагрузкам, вызывающим повреждение поверхности катания. Эти нагрузки значительно снижают предел усталостной прочности. При этом играет роль не только частота изменений нагрузок, но и площадь воспринимающей их зоны контакта.

Усталостные дефекты типа Headcheck (сетка поверхностных трещин) наиболее интенсивно развиваются на наружном рельсе в кривых большого радиуса. Для прямых с высокой поездной нагрузкой характерны усталостные дефекты типа Squats (шелушение на поверхности катания), которые могут сочетаться с небольшим волновым износом. Эти виды износа усугубляются сочетанием таких факторов, как повышенная осевая нагрузка, высокая скорость и большая сила тяги.

Особо следует отметить результаты серии испытаний, проведенных с целью изучения контакта колеса с новым уложенным рельсом или с рельсом, только что обработанным шлифованием. Как выяснилось, в этом случае удастся избежать концентрации нагрузок в зоне, прилегающей к рабочей грани головки рельса. Такой профиль достигается небольшим съемом металла в зоне рабочей грани головки нового стандартного рельса. На рудовозной линии Malmbanan в Швеции уже достаточно давно и успешно используется специальный про-

филь рельсов, соответствующий профилю колеса с износом (рис. 5).

Железнодорожные компании ряда стран уже внедрили асимметричное шлифование с целью получения профиля Anti-Headcheck в кривых большого радиуса. Прежде всего следует отметить Национальное общество железных дорог Франции (SNCF) и компанию Prorail (Нидерланды), специализирующуюся на текущем содержании пути и других объектов инфраструктуры. Они используют стандартный профиль рельса МСЖД 54, у которого в зоне рабочей грани сошлифован слой металла толщиной до 1 мм (рис. 6). Применение этого профиля внесено в соответствующие инструкции указанных компаний.

Профиль для суженной колеи также является специальным и асимметричным относительно продольной оси рельса. Он предусмотрен инструкциями по шлифованию, действующими на сети DBAG, и применяется в том случае, если при измерении ширины колеи получен результат, меньший допустимого значения (рис. 7). Путем двустороннего сдвигания поверхности катания рельсов наружу обеспечивается с низкими затратами эффективное увеличение ширины колеи до заданного значения.

Профиль для высокоскоростных линий дает возможность обеспечивать эквивалентную конусность в определенных границах. Эффект достигается некоторым увеличением ширины колеи путем снятия с помощью шлифования слоя материала толщиной до 1,5 мм в зоне рабочих граней обоих рельсов. Это необходимо для того, чтобы при движении поезда с высокой скоростью не возбуждались неконтролируемые режимы качения колесных пар. Используя специальные профили рельсов, ÖBB разработали систему баллов для их оценки. Эта система с успехом применяется на всех высокоскоростных линиях.

Обоснование применения специальных профилей

Если стандартные профили и образовавшиеся на их основе профили износа в среднем отвечают поставленным требованиям, существует достаточно ситуаций, в которых применение специальных профилей дает лучшие результаты.

Местные условия, такие, как характеристика линии, технические параметры трассы, характер эксплуатации и др., оказывают существенное влияние на эффективность использования специальных профилей. Не менее важно также фактическое состояние колесных пар, геометрия профилей и степень износа их бандажей. Отсюда следует, что для отдельных случаев применения недостаточно только одного специального профиля. Имеющиеся специальные профили необходимо дорабатывать таким образом, чтобы они могли соответствовать всем местным осо-



Рис. 6. Профиль Anti-Headcheck для кривых большого радиуса

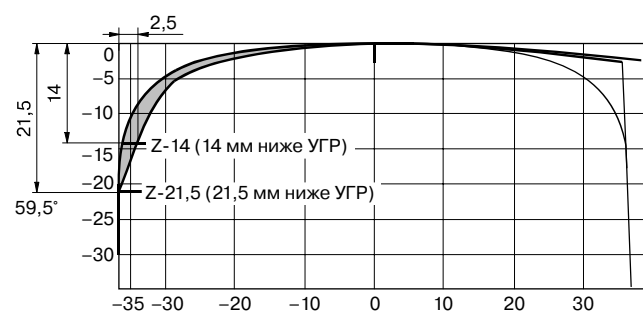


Рис. 7. Профиль, компенсирующий сужение колеи

бенностям участка или линии. При этом следует также учитывать, что в определенных условиях могут возникнуть сопутствующие обстоятельства, которыми не следует пренебрегать.

При использовании специальных профилей следует учитывать следующее:

- правильность положения рельсов в плане и профиле обеспечивает минимальные динамические нагрузки на путь в эксплуатации. Кроме того, поперечное сечение рельсов должно быть оптимально приспособлено для передачи нагрузки на всю конструкцию пути;

- в эксплуатации с течением времени ширина поверхности катания рельсов увеличивается, что при прохождении кривых малого радиуса ухудшает условия вписывания колесных пар. В связи с этим везде, где имеет место боковой износ, следует применять специальный профиль, снижающий интенсивность износа. При этом следует учитывать, что этот профиль следует формировать с учетом жестких допусков, так как при излишнем уменьшении ширины поверхности катания возникает опасность ее усталостного износа;

- профиль головки рельса в решающей степени определяет геометрию контакта колесо — рельс и соответственно величину контактных напряжений. Для оптимизации условий в контакте, а следовательно, и для уменьшения локальных напряжений должны применяться профили с оптимальной геометрией рабочей грани, достигаемой шлифованием с минимальным съемом материала в ее зоне. При этом следует помнить, что избыточное шлифование может

стать причиной повышения бокового износа или ухудшения условий качения колес, что может быть связано с возникновением двухточечного контакта;

- следует также учитывать, что от профиля рельса зависит уровень шума, вызываемого качением колес. Минимальный уровень шума обеспечивается с помощью так называемого акустического шлифования.

Выводы

Применение и дальнейшее развитие асимметричных специальных профилей приведет к тому, что материал рельсов будет использоваться эффективнее,

поскольку эти профили позволяют удерживать в определенных границах интенсивность износа и величину контактных напряжений.

Циклическая обработка и использование стратегии профилактического обслуживания дадут возможность увеличения срока службы рельсов и значительного снижения затрат жизненного цикла. В конечном итоге применение специальных асимметричных профилей станет основой для оптимизации экономически эффективного использования верхнего строения пути.

W. Schöch. Glasers Annalen, 2005, № 8, S. 317 – 323.

Комплексные результаты лубрикации рельсов в Северной Америке

Модификаторы трения — сухие вещества, масла на основе нефти или соевого масла — быстро и широко распространяются на линиях железных дорог всех типов: от городских и пригородных до магистральных. В некоторых случаях железные дороги используют лубрикацию рельсов для улучшения условий движения поездов, особенно в кривых. В других случаях этот метод применяется для борьбы с шумом, возникающим в системе колесо — рельс. Современные технологии увеличивают достоинства метода.

Friction Management Services, совместное предприятие компаний Timken и Tranergy, выпускает локомотивные системы TracGlide, предназначенные для смазывания головки рельса. Последние усовершенствования системы обеспечивают ее надежную работу в течение 90 сут, повышение механической прочности, возможность работы в экстремально холодных условиях и исключают необходимость во вмешательстве машинистов локомотивов.

Железным дорогам Северной Америки продано более 30 комплектов оборудования TracGlide, которые прошли испытания в отношении снижения поперечных сил во взаимодействии колес с рельсами, надежности и энергосбережения в различных режимах работы. Успешное продолжение испытаний побудило нескольких заказчиков к обсуждению крупных программ закупок. Исследования подтвердили также, что смазывание головки рельса снижает образование поверхностных трещин, механический из-

нос и замедляет ухудшение состояния путевой структуры, что повышает долговечность пути при растущих нагрузках.

Лубрикация рельсов обеспечивает определенные преимущества и для грузовых вагонов, в том числе за счет снижения износа колес и уменьшения числа дефектов на поверхности катания, виляния, а также увеличения срока службы. В целом это приводит к улучшению плавности хода в течение всей эксплуатации вагона. В результате выгоды получают и собственники подвижного состава, и владельцы грузов.

Friction Management Services выпускает также лубрикатеры, устанавливаемые на грузовых вагонах и транспортных единицах на комбинированном ходу для тех клиентов, которые не хотят монтировать дополнительное оборудование на локомотивах. Некоторые железные дороги считают, что проще контролировать местоположение грузовых вагонов, чем локомотивов. В то же время на малоделятельных линиях с этой целью целесообразнее использовать транспортные единицы на комбинированном ходу.

В 2003 г. компания **Tranergy** усовершенствовала выпускаемую продукцию и освоила производство новой.

К числу усовершенствованных изделий относится устройство YardGlide (рис. 1), используемое для смазывания головки рельсов и колес вагонов на горочных и безгорочных сортировочных станциях железных дорог первого класса и региональных. Улучшены его механические и электротехнические характеристики, доработано программное обеспечение. Применение YardGlide позволяет уменьшить скорость соуда-