

Высокая производительность при реконструкции пути

Начиная с 2004 г. на сети железных дорог Великобритании, инфраструктура которых находится в ведении компании Network Rail (NR), реализуется инновационная стратегия реконструкции путевой структуры, которая позволила существенно повысить производительность соответствующих работ за счет широкого применения средств механизации и автоматизации.

Применяемая компанией Network Rail высокопроизводительная технология реконструкции пути включает очистку балласта и замену элементов верхнего строения.

Организация работ предусматривает:

- предоставление окон продолжительностью 7,5–8 ч в ночное время будних дней и 16 ч по выходным;
- применение путевой техники без прекращения движения поездов по смежным путям;
- увеличение объемов выполняемых работ, реализуемое путем интенсивного использования высокопроизводительных путевых машин (обычно организуются 4–5 производственных циклов в неделю при 44 рабочих неделях в год) на реконструируемых участках большой длины;

- использование высокопроизводительного основного и вспомогательного оборудования, допускающего непрерывную эксплуатацию в течение 2–8 ч в смену;

- сдачу реконструированных участков в эксплуатацию с допустимой скоростью движения поездов до 130 км/ч (ранее допустимая скорость по завершении работ не превышала 80 км/ч) и нагрузкой, обеспечивающей оговоренную пропускную и провозную способность данного участка;

- эффективное и надежное логистическое сопровождение и четкую организацию работ как обязательное условие высокопроизводительной реконструкции пути.

В целях реализации инновационной стратегии компания NR располагает парком путевых машин

для выполнения основных и вспомогательных операций по реконструкции пути, в который входят:

- машинный комплекс для снятия и укладки рельсо-шпальной решетки (обновления верхнего строения пути) типа P95 UK компании Matisa (рис. 1) — 1 ед.;

- вагоны для перевозки шпал компании W. H. Davis — 50 ед.;

- машинный комплекс для очистки балласта типа RM 900 компании Plasser & Theurer (P&T; рис. 2) — 2 ед.;

- конвейерные вагоны и вагоны-хoppers для перевозки и распределения балластного материала типа MFS компании P&T — 88 ед.;

- моторный вагон для тяги или толкания вагонов типа MFS компании P&T — 4 ед.;

- машина для ускоренного уплотнения балласта и динамической стабилизации верхнего строения пути типа 09-3X компании P&T (рис. 3) — 4 ед.;

- машина для планировки балластной призмы типа USP 5000 компании P&T (рис. 4) — 3 ед.



Рис. 1. Машинный комплекс типа P95 UK для обновления верхнего строения пути



Рис. 2. Машинный комплекс типа RM 900 для очистки балласта



Рис. 3. Машина типа 09-3X для подбивки балласта и стабилизации пути



Рис. 4. Машина типа USP 5000 для планировки балластной призмы

Стратегическое планирование проектов реконструкции пути

Стратегическое планирование работ по очистке балласта и обновлению верхнего строения пути осуществлялось в привязке к конкретным линиям. В состав каждого такого плана входили:

- технические условия;
- задания по объему работ (производительности);
- согласованные изменения в графике движения поездов — возможность доступа на эксплуатируемые линии для производства работ (предоставление окон);
- графики технического обслуживания высокопроизводительной техники с временным выводом из эксплуатации.

Планы более низкого уровня — для отдельных подлежащих реконструкции участков — включали четыре основных компонента.

Проектное задание. Каждый реконструируемый участок конкретной линии изучается специалистами рабочей группы с целью составления перечня подлежащих выполнению подготовительных, основных и завершающих путевых работ. Кроме того, эта рабочая группа определяет для каждого проектного задания потребность в оборудовании, людских ресурсах и материа-

лах, готовит исходные данные для ввода в систему автоматизированного проектирования, в которой используется программное обеспечение Primavera enterprise planning в формате P3e, и комплектует проектные пакеты (Development pack), содержащие описательную и расчетную части для бригад исполнителей, которым предстоит осуществлять реконструкцию закрепленных за ними участков.

Система комплексного планирования. Полученная от группы разработчиков целевая информация вводится в формате P3e в автоматизированную систему комплексного планирования, которая охватывает все плановые задания на производство работ и устанавливает конечные результаты их выполнения, а также определяет организацию работ на местах и содержит техническую документацию по контрактам.

Детальное ознакомление с результатами и мониторинг плановой деятельности на различных уровнях осуществляются на основе комплексных планов заблаговременно до начала запланированных работ с целью подготовки ресурсов, максимально возможного исключения отмены плановых заданий непосредственно перед их началом и разработки уточненных плановых заданий.

Первоначально разработанная таким образом плановая документация в формате P3e поступала на сервер компании Firest Engineering (FE), являющейся партнером NR, а с начала 2007 г. — непосредственно на серверы NR, что обеспечивает координацию общей плановой деятельности и мониторинг совместных действий этих организаций. Возможность комплексного планирования в формате P3e существенно упрощает получение информации о потребностях в оборудовании и людских ресурсах и обеспечивает их своевременное предоставление.

Система распределения ресурсов. Выходные данные из системы комплексного планирования поступают в систему распределения ресурсов JANUS компании FE, разработанную с применением базы данных Oracle специально для сопровождения работ по реконструкции пути. Система JANUS используется для распределения ресурсов и обеспечения ими плановых заданий еженедельно, а также для разработки и выдачи исполнителям недельных перечней работ и нарядов на их выполнение. Выходные данные системы анализируются и утверждаются за две недели до начала работ и лишь в исключительных случаях — за одну неделю.

Детализированные сменные планы и система оптимизации использования ресурсов. Для обеспечения высокой производительности при реконструкции пути важное значение имеет тщательная подготовка детализированных планов выполнения работ на каждую рабочую смену. Для этой цели разработано и используется программное обеспечение *Spergrausen Optimierung im Gleisbau*, или *SOG* («Оптимизация использования окон при выполнении путевых работ»). Разработчиком программы является институт транспортного и железнодорожного строительства и эксплуатации университета им. Лейбница (Ганновер, Германия); она общепринята при реконструкции пути на железных дорогах Германии. Эта программа позволяет одновременно осуществлять планирование и определение оптимальной шаговой последовательности операций при реконструкции или строительстве пути. Программа выдает последовательный, четкий и реальный план-график для конкретных обновляемых участков.

Программа *SOG* включает базу данных, в которую вводится и хранится информация о технологических процессах и об основном и вспомогательном оборудовании. Далее используется графический интерфейс для ввода характеристик конкретных подлежащих реконструкции участков (расположение участка на линии, длина, продолжительность окна, предоставляемого для производства работ, расположение мест отстоя основных и вспомогательных путевых машин, а также мест ввода техники на линию, где расположен участок, и вывода с нее), а также возможных факторов, которые могут оказать влияние на ход производственного процесса.

Выходные данные системы *SOG* включают многофункциональные графики операций по реконструк-

ции пути с привязкой ко времени и расстоянию, планы рабочих мест, сведения о ресурсах, которые будут использованы персоналом на участке с целью выполнения работ в установленный срок и с высокой производительностью.

Работы без прекращения движения по смежным путям

Высокопроизводительное оборудование для реконструкции пути, используемое компанией *NR*, изначально спроектировано таким образом, чтобы обеспечивалась его нормальная работа без прекращения движения поездов по смежным путям, поскольку одним из важнейших технических требований к конструкции этого оборудования является возможность пропуска подвижного состава по смежным путям с обеспечением зазора не менее 100 мм (норматив установлен министерством транспорта Великобритании) между ним и проходящим поблизости подвижным составом. Этот норматив определен с учетом возможных отклонений от номинальной геометрии пути, кинематики движущегося по смежному пути подвижного состава, допусков на размеры конструктивных элементов оборудования и даже на возможные смещения рельсо-шпальной решетки во время работ по реконструкции пути.

После определения конкретного участка, подлежащего реконструкции с использованием высокопроизводительной техники, осуществляется сбор данных об этом участке, включающих радиусы кривых, величины возвышений наружных рельсов в кривых, расстояния между осями и различия в высоте смежных путей. Последние данные собираются для всех смежных путей, отстоящих от реконструируемого менее чем на 2,5 м. Источником этих сведений являются результаты поездок нового пу-

теизмерительного состава (*New Measurement Train, NMT*) компании *NR* или другой путеизмерительной техники; в некоторых случаях при необходимости проводят дополнительное обследование на месте. При этом максимальное продольное расстояние между точками измерения параметров пути составляет 100 м. Собранные данные анализируются, и участки, реконструкция которых допустима без прекращения движения поездов по смежным путям, подвергаются полной топографической съемке. Таким образом осуществляется более тщательная проверка пригодности участка к работе высокопроизводительного оборудования и точно определяются объем и характер соответствующих работ. Для получения разрешения на выполнение ремонтных работ на участках, где допускается движение по смежным путям, необходимо в обязательном порядке иметь подтверждение того, что минимальное расстояние между габаритами ремонтного оборудования и любыми другими объектами составляет 150 мм. Из этого размера 50 мм приходится на промежуток, который может быть выбран за счет смещения верхнего строения пути при производстве работ, а 100 мм, как отмечено выше, являются минимальным допустимым зазором между ремонтным оборудованием и подвижным составом, следующим по смежному пути.

Конструкция оборудования. Машинные комплексы для очистки балласта (типа *RM 900*) и обновления верхнего строения пути (типа *P95*), используемые *NR*, сконструированы таким образом, чтобы при работе с сохранением движения поездов по смежным путям отсутствовала необходимость непосредственного присутствия персонала на пути в зоне визуальной видимости реконструируемого участка. Вдоль каждого агрегата установлены защитные ограждения, и при каждом

выходе на обрабатываемый участок действует правило «безопасной зеленой зоны», как это предусмотрено разделом T7 инструкции Совета по безопасности и стандартизации на железных дорогах Великобритании (Rail Safety & Standards Board, RSSB).

При необходимости выхода персонала на путь (например, при пуске оборудования в работу или приведении отдельных рабочих органов в транспортное положение) движение поездов по смежным путям приостанавливается в соответствии с разделом T2 упомянутой инструкции RSSB. Этот раздел предусматривает обязательное прекращение движения по смежным путям для выполнения некоторых важных операций, таких, как определенные перемещения машин (как на железнодорожном, так и на автомобильном ходу), приведение в действие подрезного бруса, обустройство входных отверстий, приведение агрегатов в рабочее состояние. Такие операции являются определяющими с точки зрения соблюдения плановых графиков выполнения работ, особенно во время окон, предоставляемых в ночные часы будних дней недели. В каждую такую рабочую смену для выполнения плановых заданий и обеспечения высокого качества работ особенно важно добиться четкости и надежности работы оборудования. В силу непродолжительности таких окон весьма важно тщательно и заранее спланировать движение по смежным путям. Достигается это соответствующими переговорами с компаниями — операторами пассажирских и грузовых перевозок под контролем компании NR и в соответствии с ее плановым регламентом. Залогом успеха здесь являются согласованные действия планирующего и исполнительного персонала участвующих в процессе сторон. Документальным подтверждением полного согласо-

вания и реальности плана производства работ являются оформляемые в письменном виде различные документы, например инструкция сигнальщикам или акт согласования плана с персоналом, осуществлявшим проектирование.

Подготовка персонала к работам без прекращения движения поездов по смежным путям. Персонал, привлекаемый к работам с оборудованием для высокопроизводительной реконструкции пути на перегонах, проходит специальное обучение и инструктаж. При этом особое внимание уделяется возрастанию сложности и рисков при работах с продолжающимся движением поездов по смежным путям по сравнению с работами, сопровождающимися полным прекращением движения. В данном случае процедура дополнительного инструктажа введена, чтобы еще раз напомнить персоналу о специфических требованиях к производству работ в таких условиях. Кроме того, для персонала, привлекаемого для непосредственной работы на реконструируемых перегонах, плановые инструкции оформляются в письменном виде на одном листе формата A4 и содержат спецификацию участка и контролируемые параметры, а также краткое описание работ, схему участка с расположением различных элементов инфраструктуры (в том числе защитных устройств), контактную информацию, сведения о наличии аварийного оборудования, перечень операций, подлежащих выполнению, и рисков, связанных с конкретными участками и видами работ (и методы снижения этих рисков).

Соответствие действий причастного персонала требованиям к производству работ по реконструкции пути при сохранении движения по смежным путям обеспечивается за счет должного управления процессом со стороны руководящего персонала, разного рода проверок и аудита.

Обеспечение безопасности при использовании высокопроизводительного оборудования

Очистка балласта в ходе реконструкции верхнего строения пути непосредственно под находящейся под напряжением контактной сетью в настоящее время не допускается. Разделом AC2 инструкции RSSB в таких случаях предусмотрено отключение питания, а в главе «Система организации работ» данного раздела категорически запрещены любые работы на самом высокопроизводительном оборудовании до снятия напряжения с контактного провода. После отключения питания оформляется форма С, разрешающая производство работ.

Для некоторых видов техники как на железнодорожном, так и на автомобильном ходу возможно оформление сертификата технического допуска (Engineering Acceptance Certificate, EAC), позволяющего использовать ее при находящейся под напряжением контактной сетью смежных путей с соблюдением специальной процедуры. Такая процедура предусматривает работу сертифицированной техники, необходимой для соблюдения технологического процесса реконструкции пути, при строжайшем контроле каждого отдельного перемещения или операции с целью исключения каких-либо ошибок и максимального снижения любых рисков. С этой целью на месте производства работ осуществляется плановый перекрестный контроль.

Уровень рисков для каждой стадии перемещения или операции рельсовой или автодорожной техники должен быть проверен и согласован на месте производства работ между исполнительным и контролирующим персоналом. Задействованный на местах персонал должен быть проинструктирован о том, что выполняемые им перемещения и операции не следует рас-

смазывать как свидетельство того, что наличие контактной сети под напряжением над машинами для очистки балласта и замены рельсошпальной решетки допустимо.

Контроль зазоров. В процессе реконструкции пути специально выделенный персонал должен контролировать обязательное наличие установленных зазоров в узких местах.

Такой контроль при работе на пути для высокопроизводительного оборудования отдельных типов обеспечивается следующим образом.

Машинный комплекс типа RM 900 для очистки балласта оснащен запатентованным лазерным устройством для измерения ширины междупутья. Выходные данные этого устройства сообщаются оператору агрегата в режиме реального времени. Кроме того, контролируются горизонтальные и вертикальные расстояния между реконструируемым участком и вешками, установленными в междупутье с интервалом в 10 м.

На машинном комплексе для обновления верхнего строения пути типа P95 используется специально разработанная и весьма точная полуавтоматическая направляющая система, которая контролирует перемещения заменяемой рельсошпальной решетки и положение вновь укладываемой.

Геометрические параметры вновь уложенного верхнего строения пути после выполнения работ двумя вышеупомянутыми агрегатами проверяются измерительной тележкой типа Mephisto. По завершении подбивки и выправки пути в ходе подготовки к вводу в эксплуатацию в обычном порядке проверяется положение пути в плане и профиле с регистрацией результатов измерений. Для подтверждения на очередном реконструированном за рабочую смену участке наличия необходимого зазора, о котором сказано выше, по ито-

гам работ составляется ежедневный отчет, который включает данные о геометрических параметрах не только данного участка, но и отрезков пути длиной 30 м по обе его стороны.

Контроль габарита приближения строений. Персонал, проводящий работы на реконструируемом участке, снабжен спецификациями, детально определяющими требуемое положение пути и включающими также схемы габарита приближения строений. Это позволяет оценивать реальное соблюдение габарита в тех местах, где по каким-либо причинам путь получает отклонение от проектной разметки.

Возобновление движения поездов со скоростью до 130 км/ч после реконструкции пути

Пропуск поездов с обычной для магистральных линий скоростью позволил бы исключить отрицательное влияние высокопроизводительного обновления пути на повседневную эксплуатацию реконструируемых участков. Примененная компанией NR стратегия реконструкции предусматривает некий компромиссный подход к решению этой проблемы. Введение временных ограничений скорости на реконструированных участках компенсируется быстрым возвратом к допустимой скорости до 130 км/ч (обычно после обновления пути допустимая скорость составляет 80 км/ч) с сохранением такого темпа производства работ, который обеспечивает выполнение плановых показателей.

Метод динамической стабилизации пути, используемый на участках, где уложены длинномерные рельсы, в сочетании с постоянным мониторингом и оценкой состояния пути после реконструкции позволяет реализовать эксплуатационную скорость до 130 км/ч непосредственно по завершении работ.

Динамическая стабилизация пути. Перед реализацией новой стратегии обновления пути на сети компания NR разработала метод динамической стабилизации пути, особенно необходимый при большой (24 ч и более) продолжительности окон, предоставляемых для производства работ в выходные дни. Во время таких окон организуются три рабочие смены, каждая из которых предусматривает выполнение работ по балластировке, планировке балластной призмы и динамической стабилизации пути в целях обеспечения на обновленных участках максимально допустимой скорости движения пассажирских поездов, равной 200 км/ч, и готовности к организации обычных пассажирских перевозок с утра понедельника, следующего за выходными.

В целях организации эффективного производственного процесса, соответствующего коротким 8-часовым окнам, предоставляемым в ночное время будних дней, и обеспечения (в соответствии с реализуемой стратегией высокопроизводительного обновления пути) по завершении работ допустимой скорости движения поездов 130 км/ч проведена оценка рабочих параметров и технологических возможностей машины для подбивки балласта и ускоренной динамической стабилизации пути типа 09-3X. Полученные результаты подтвердили возможность использования этого агрегата в период коротких окон и позволили первоначально организовать экспериментальные рабочие смены в реальных условиях.

В результате этих экспериментов рабочее давление на балласт было уменьшено со 100 до 70 бар, максимальная скорость перемещения агрегата увеличена с 700 до 1200 м/ч, а частоту вибрации рабочих инструментов отрегулировали до 32–35 Гц. Такой рабочий режим обеспечивает достаточное для скорости движения поездов 130 км/ч уплотнение слоя балласта под шпа-

лами, но по плотности балласта является неприемлемым для максимальной скорости 200 км/ч. Однако, учитывая возможность повторных проходов машины 09-3X по реконструированным участкам во время последующих рабочих смен, требуемая для скорости 200 км/ч плотность балласта может быть обеспечена.

Соединение длинномерных рельсов. В целях формирования верхнего строения пути из длинномерных рельсов используются три следующие технологии.

- Предварительная сварка непосредственно на реконструируемых участках. Эта технология используется для сварки промежуточных стыков рельсовых плетей, которые планируется уложить в путь в течение одной рабочей смены. Обычно за 8-часовую смену в ночные часы будних дней устанавливаются две или три рельсовые плети, а за 16-часовое окно в выходные дни — до семи рельсовых плетей, хотя не все они свариваются в единую длинномерную рельсовую плеть бесстыкового пути. Для соединения рельсов непосредственно в пути используются методы стыковой сварки оплавлением или алюмотермитной сварки, при осуществлении которой концы рельсов выравниваются и удерживаются в сжимающей раме.

- Сварка рельсов на месте производства работ при замене верхнего строения пути с минимизацией количества временных стыков. Здесь тщательное и детальное планирование работ по обновлению пути на перегонах предполагает, что обычно в течение 7,5-часового окна, предоставляемого в ночное время будних дней, возможна сварка рельсов в точках врезания (стыковки новых рельсов со старыми). Таким образом исключается возможность возникновения открытых зазоров в стыках в холодное время года и необходимость введения ограничения скорости движения поездов до 32 км/ч.



Рис. 5. Стяжное устройство типа Robel

- Применение при формировании временных стыков хомутовых стяжных устройств, допускающих движение поездов со скоростью 130 км/ч. В этих целях используются разработанные компанией Robel (Германия) стяжные устройства (рис. 5), обеспечивающие пропуск поездов со скоростью до 160 км/ч. На железных дорогах Германии использование таких устройств является обычной практикой и одиночное стяжное устройство устанавливается в сочетании с двумя стандартными удлиненными стыковыми накладками.

В Великобритании до внедрения хомутовых стяжных устройств типа Robel на участках с временными стыками с обычными накладками вводилось ограничение скорости движения до 80 км/ч или менее. Но даже при такой низкой скорости движения возникали серьезные проблемы. В связи с этим рабочая группа специалистов NR посчитала необходимым обосновать использование устройств типа Robel с целью реализации действующих в Германии стандартов на строительство и текущее содержание верхнего строения пути. После этого под руководством службы технического обеспечения NR были разработаны технические условия и технология использования устройств типа Robel для максимальной скорости движения 130 км/ч. Эта технология предусматривает более жесткие требования по установке устройств типа Robel в сравнении с другими временными устройствами соеди-

нения рельсов. В частности, максимально допустимый стыковой зазор между рельсами составляет 5 мм, запрещено стыковать рельсы с различной высотой головки с использованием ступенчатой подкладки, после выполнения стыка необходима его инспекция через 6–12 ч, а в дальнейшем — через каждые 48 ч. Только при соблюдении таких условий допускается применение устройств типа Robel при скорости движения 130 км/ч в течение максимум 7 сут.

Контроль технического состояния пути после реконструкции. Машина для подбивки балласта и ускоренной динамической стабилизации пути типа 09-3X оснащена бортовым восьмиканальным записывающим устройством (Data acquisition recorder, DAR), которое позволяет фиксировать следующие параметры, отражающие эффективность работы оборудования и геометрию реконструированного пути:

- разницу в высоте расположения рельсов;
- величину перекоса пути на базе 3-метровых участков;
- ширину колеи;
- горизонтальную прямолинейность пути (измеряется по спрямляющей балке балластировочного устройства);
- вертикальную прямолинейность пути (измеряется по подъемной балке балластировочного устройства);
- параметр RLD-M, характеризующий увеличение поперечной устойчивости пути после его динамической стабилизации;
- параметр Vert-L, характеризующий вертикальные усилия, прилагавшиеся при динамической стабилизации пути.

Восьмой канал устройства DAR оставлен в качестве резервного.

Таким образом, устройство DAR позволяет анализировать качественные показатели пути, реализованные после реконструкции, и эффективность использованных при

этом технологий и методов. Результаты измерений формируются устройством в цифровом виде на бумажных носителях и в виде электронных файлов. Анализ последних возможен с помощью программного обеспечения DAR-Inspector с выдачей результатов в формате Microsoft Excel.

Полученные с помощью устройства DAR данные изучаются по завершении операций непосредственно на местах производства работ с целью проверки соответствия реализованных параметров пути проектным и получения разрешения на открытие реконструированного участка для движения поездов с расчетной скоростью.

В дальнейшем устройство DAR будет усовершенствовано. Восьмой резервный канал будет задействован для контроля осадки пути при каждом балластировочном проходе с целью прогнозирования стабильности пути после реконструкции. Кроме того, канал, используемый в настоящее время для измерения ширины колеи, предполагается переключить на измерение продол-

жительности проникновения подбивочных бойков в балласт с целью получения данных о достигнутой плотности балласта.

Реализация замысла

Реальная производительность машинного комплекса для очистки балласта типа RM 900 (в зависимости от объема балласта, используемого повторно) в настоящее время составляет от 300 до 500 м за 8-часовое окно, предоставляемое в ночные часы будних дней (максимальная достигнутая производительность равна 702 м за смену), а за 16-часовое окно в выходные дни — 1000–1400 м.

Реальная производительность машинного комплекса для обновления верхнего строения пути типа P95 составляет в среднем 472 м за 8-часовое окно в ночное время будних дней (максимальная достигнутая производительность равна 708 м за смену) и 1180–1652 м за 16-часовое окно в выходные дни.

Эти показатели производительности реализованы без прекраще-

ния движения поездов по смежным путям.

С ноября 2004 г. внедренная NR высокопроизводительная технология обновления пути применялась комплексно примерно 1800 раз и до мая 2008 г. позволила осуществить балластировку на 384 км пути и замену рельсов на 301 км.

Выводы

Разработанная и внедренная в практику высокопроизводительная технология обновления пути позволила компании NR радикально повысить эффективность этой процедуры на железных дорогах Великобритании. В настоящее время совместно с партнерами — компаниями FE и Swietelsky — NR вышла со своими передовыми технологиями на международный рынок и стала ведущей в предоставлении услуг по высокопроизводительному обновлению пути в странах Европы.

S. Barber, P. Flynn. Rail Engineering International, 2008, № 3, p. 7–12.

Редакция журнала

«Железные дороги мира»

приглашает на внештатную работу переводчиков с английского, немецкого и французского языков, имеющих опыт работы на железнодорожном транспорте и проживающих в Москве или Московской области.

Обращаться по телефону (499) 317-55-65 или по электронной почте zdm@css-rzd.ru.