

# Принцип модульности в инфраструктуре железных дорог Великобритании

Компания инфраструктуры железных дорог Великобритании Network Rail планирует широко применять принцип модульности конструкций при сооружении и реконструкции станций, путепроводов, переездов, стрелочных переводов и глухих пересечений, а также других объектов инфраструктуры, в том числе систем сигнализации и централизации.

Считается, что инженерно-технические службы могут гарантировать выполнение только двух из трех обычно выдвигаемых пожеланий, касающихся скорости, стоимости и качества выполнения работ. Такие требования предъявляются и к деятельности компании Network Rail, обеспечивающей надлежащее состояние инфраструктуры железных дорог Великобритании. Прежде всего затраты на эксплуатацию железнодорожной сети должны быть меньше, и ведомство регулирования железнодорожного транспорта диктует, насколько именно. При этом сеть должна функционировать возможно более надежно, требуя при этом меньшего объема работ по текущему содержанию, обеспечивая большую провозную способность и работая максимальное возможное число часов в сутки и дней в неделю. Качественные характеристики пути также должны быть более высокими, особенно для программы Intercity Express, предусматривающей повышение скорости движения поездов в междугородных сообщениях. Одновременно в условиях ограниченного времени доступа к инфраструктуре необходимо выполнять значительную программу обновлений и

усовершенствований — от ликвидации переездов или замены их путепроводами до перепланировки путевого развития станций, как, например, в Рединге.

Большие надежды специалисты возлагают на принцип модульности. Демонстрационный образец станционного здания, построенного с использованием этого принципа, был представлен в Нью-Форесте. Имеются перспективы использования модульных конструкций при укладке стрелочных переводов, а также обустройстве централизаций.

## Преимущества модульных конструкций

Говоря о достоинствах модульных конструкций, прежде всего следует отметить, что использование принципа модульности позволяет выпускать предварительно собранные и практически готовые к установке изделия в заводских условиях, а не изготавливать их на месте, когда зачастую приходится работать в ночное время и при неблагоприятных погодных условиях.

Модульные конструкции изготавливаются по заводским допускам на современном технологическом оборудовании квалифици-

рованным персоналом, постоянно занятым одним и тем же делом, за счет чего обеспечивается высокое качество продукции. Конструктивные элементы могут быть доставлены на место установки и собраны в прогнозируемые сроки и с минимальными затратами времени, отчасти благодаря тому, что при окончательной сборке на месте выполняются только простые стандартизированные операции. В результате железнодорожные компании-операторы и потребители оказываемых ими услуг получают продукт высокого качества в сжатые сроки и с минимальным мешающим влиянием на перевозочный процесс.

Использование модульных конструкций позволяет сократить затраты за счет нескольких факторов. Прежде всего, модульный — значит стандартный, а стандартизация поддерживает стремление проектировщиков ограничивать число и разнообразие применяемых компонентов и подсистем. Это означает, что в течение более длительного времени можно выпускать продукцию ограниченного ассортимента, результатом чего является снижение расходов. Автоматизация производства ведет к дальнейшему сокращению затрат. Наконец, установка стандартизированного модульного оборудования выполняется в течение более коротких технологических окон, что позволяет уменьшить размер компенсации, которую Network Rail выплачивает компаниям-операторам за вынужденные перерывы в движении поездов.

Такие компенсации могут быть весьма значительными и представляют значимый фактор в числе тех, которые привели к утроению стоимости реализации проектов после приватизации железных дорог Великобритании (например, стоимость поста централизации с соответствующими техническими средствами в настоящее время обычно составляет 5 млн. ф. ст., расходы на проектирование примерно такие

же). В качестве еще одного примера можно привести мероприятия по ликвидации пересечений в одном уровне в ходе модернизации магистрали Западного побережья, где затраты на технические аспекты составили только шестую часть общей стоимости проекта, а наибольшая единичная составляющая в итоговом перечне расходов пришлась именно на компенсационные выплаты.

Стандартизация способствует также повышению качества технического обслуживания. Если ремонтным бригадам в основном приходится все время обслуживать аналогичные конструкции, они выполняют эту работу на более высоком уровне. Принцип модульности имеет и мультипликативный эффект. При менее обширной номенклатуре используемого оборудования требуется подготовка персонала менее разносторонняя, но более углубленная в ограниченном числе областей; можно обойтись меньшим набором различных инструментов и запасных частей, а также загружаемых в портативный компьютер чертежей и прочей технической документации. Соответственно растут качество и скорость выполнения работ.

### Станции

Строительство или реконструкция станционных зданий и сооружений представляют собой идеальную отправную точку для начала создания «модульной» железной дороги, так как модульные здания используются достаточно давно. Применение конструкций такого типа сокращает время, требуемое как для планирования, проектирования и организации, так и для собственно строительства.

При использовании модульных конструкций основной задачей является сокращение до 1 года времени от получения одобрения проекта до ввода объекта в эксплуатацию.



Рис. 1. Общий вид станции Гринхайт после реконструкции

Кроме того, модульность конструкций означает гибкость их применения. Модули билетной кассы, кафе-бара или туалета легко привезти или увезти при изменении пожеланий заказчика. Так, с развитием современных информационных технологий оплаты проезда требования к помещению билетных касс могут измениться, и в таком случае морально устаревший модуль надо просто заменить.

В предложенной Network Rail модульной конструкции используется металлокаркасная система. Все

здания могут быть построены на основе модулей площадью 3,6 м<sup>2</sup>.

В мае 2008 г. была открыта после реконструкции первая станция со зданием и пешеходным мостом модульной конструкции — Гринхайт (рис. 1). Следующей должна стать станция Эффингем.

Активизация жилищного строительства, особенно в южной части Англии, генерирует спрос на улучшенный имидж современных железнодорожных зданий и сооружений; модульные конструкции представляются также привлекатель-

ными и с финансовой точки зрения при модернизации построенных в 1960-е годы станций, расходы на текущее содержание которых заметно растут.

## Пешеходные мосты

Попытки применения некоторого подобию модульных конструкций уже имели место в прошлом. В 1980-е годы, когда осуществлялся проект электрификации участка Маннингтри — Норидж, появился термин «производственная линия по реконструкции мостов», поскольку для размещения контактной подвески необходимо было увеличить высоту мостов. При замене двухполосных пролетных строений 24 мостов на электрифицируемом участке использовались стандартизированные конструкции, что позволило выполнить работы с невысокими затратами.

В настоящее время Network Rail разработала два варианта стандартного пешеходного моста — стального и из армированного стекловолокном полимерного материала. Вариант конструкции из бетона также может дополнить этот ряд, но он имеет низкий приоритет. Впрочем, выбор материала не является решающим. Реальная эко-

номия затрат достигается за счет стандартизации.

Если модульная конструкция изготавливается металлической, затраты будут невысокими, тем более что при использовании стали современных марок и защитных покрытий техническое обслуживание и коррозия не представляют проблемы.

При использовании армированного стеклопластика увеличивается объем работ, выполняемых вручную, и, следовательно, повышаются затраты труда, однако этот материал легкий, не нуждается в окраске и не подвержен коррозии. На рис. 2 представлен первый пешеходный мост из стандартизированных стеклопластиковых конструкций вблизи станции Сент-Остелл, спроектированный компанией Parsons Brinckerhoff и установленный компанией Nuttall.

В целом стальные конструкции — наиболее дешевый выбор в плане как капитальных вложений, так и затрат жизненного цикла. Если производится замена пролетного строения, в любом случае потребуется тяжелый кран для снятия старой конструкции, который можно использовать и для установки новой; к тому же усиления опор не требуется. Однако в слу-

чае возведения нового моста, а не замены старого целесообразнее применять более легкую конструкцию из армированного полимерного материала. При установке пролетного строения из стеклопластика на новом месте можно использовать механизмы меньшей грузоподъемности.

Стандартизация пешеходных мостов выгодна вследствие «типového» характера железнодорожной инфраструктуры. Используя комбинацию элементов стандартной длины 1,2 и 1,8 м, с помощью двух или трех модульных конструкций можно собирать пролетные строения для перекрытия линий с разным числом путей. При этом предпочтительнее подгонять местоположение опор под длину пролетных строений, а не наоборот.

Есть еще одно важное преимущество принципа модульности. Поскольку каждый случай применения все же имеет свои, пусть незначительные различия, сохраняется необходимость некоторой модификации модульных сборочных единиц. Специалисты железнодорожного строительства обладают требуемой квалификацией, чтобы сделать использование модульных конструкций экономически целесообразным в любом месте.



Рис. 2. Пешеходный мост модульной конструкции вблизи станции Сент-Остелл



Рис. 3. Типичный железнодорожный переезд в Великобритании с автоматическими полушлагбаумами и световой сигнализацией



## Автодорожные мосты

Следующим шагом является использование модульных конструкций в автодорожных мостах (путепроводах). Первый такой мост планировали установить в декабре 2008 г. в графстве Чешир.

Если считать, что пешеходный мост в принципе представляет собой U-образную балку, то два таких параллельных моста и настил между ними образуют автодорожный мост. Как и для пешеходных мостов, Network Rail параллельно рассматривала проекты автодорожных мостов из металла и армированного стекловолокном полимерного материала. Хотя предсерийный мост в Чешире предполагают изготовить стальным, оптимальным решением все же может стать применение стеклопластика.

Модульные мосты помогут решить одну из важнейших проблем на железных дорогах — устранить пересечения в одном уровне.

Если стоимость моста модульной конструкции удастся в достаточной степени снизить, установка нового моста может быть экономически более целесообразна, чем реконструкция существующего. Помимо этого, следует принять во внимание преимущества моста с точки зрения безопасности, а также в плане эксплуатации и ремонта.

Любому мосту необходимы подходы с каждой стороны. В то время как во многих случаях возможно обустройство подходов на земляном основании, было предложено более быстрое решение — укладка на свайном основании модульных элементов, выполненных в виде крупных многоугольных блоков из полистирола, сформованных так, чтобы обеспечить определенный угол наклона.

Эти элементы могут быть доставлены к месту укладки автотранспортом. При достаточной длине пролетов все предварительные строительные работы могут

быть выполнены вне пути. Даже с учетом земляных работ возможная экономия средств представляется значительной.

Ключом к успеху вновь является стандартизация. Подходы к мосту стандартной высоты имеют стандартную длину и занимают стандартную площадь. При использовании специальных блоков не требуется сложных технических решений. Стандартный набор пронумерованных деталей доставляется на грузовых автомобилях, причем длина блоков определяется размерами и грузоподъемностью автомобиля. В связи с этим появился даже термин «мост на грузовике». Постоянство персонала и однообразие выполняемых работ способствуют повышению производительности.

## Переезды

Для случаев, когда применение модульных мостов нецелесообразно, также разработана технология «переезд на грузовике», предусматривающая доставку на место и установку практически готовых модулей конструктивных элементов и аппаратуры.

В комплект оборудования переезда (рис. 3) входит настил, закрывающий верхнее строение пути между рельсами. Если условия на месте установки не вполне соответствуют размерам модульных конструктивных элементов настила, оптимальный выход — сделать переезд на 0,5 м шире. Затраты на дополнительные строительные работы компенсируются за счет достигаемой в целом экономии благодаря применению модульных конструкций.

Вся аппаратура для управления оборудованием переезда доставляется в сборе после полных испытаний на заводе-изготовителе. Все, что требуется, — подключить доставленные блоки к источнику электропитания и соединить с рель-

совой цепью и системой сигнализации, после чего переезд можно вводить в эксплуатацию. Замену всего комплекта оборудования одного переезда можно осуществить в течение 8 ч, что принципиально изменяет соотношение затраты/прибыль.

## Система Westex

Компания Westinghouse Rail Systems уже в течение нескольких лет демонстрирует на выставках систему переездной сигнализации Westex Level Crossing Predictor, разработанную в США родственной Westinghouse компанией Safetran Systems.

Система Westex GCP 3000 прошла испытания в Бридоне (Восточная Англия) и Макморе (Северная Ирландия), получила одобрение компаний-операторов, а также была в августе 2007 г. сертифицирована Network Rail для использования на неэлектрифицированных линиях для переездов, оснащенных как автоматическими полушлагбаумами, так и только световой сигнализацией. Представители Westinghouse утверждают, что применение этой технологии может сократить примерно на четверть расходы на обустройство системы автоматического управления на переездах с полушлагбаумами при одновременном улучшении технических характеристик.

В обычных устройствах управления сигнализацией на переездах процедура включения предупреждающего сигнала запускается, когда поезд оказывается в определенной точке, местоположение которой рассчитывается исходя из длины тормозного пути поезда, движущегося с максимальной для данного места скоростью.

Для управления переездом на двухпутной линии с использованием существующих систем требуется по меньшей мере шесть рельсовых цепей и 12 рельсовых педалей, а также четыре шкафа для разме-

нения аппаратуры, кабельная разводка, источники питания и изолированные рельсовые стыки. Кроме того, следует учесть, что, если скорость поезда меньше расчетной, переезд закроется раньше, чем фактически необходимо.

В то же время для установки системы Westex GCP 3000 требуется один стандартный шкаф и пассивные выходные шунты между рельсами, расположенные в определенной точке. Когда приближающийся поезд проходит мимо шунта, система вычисляет его скорость и на этой основе точно определяет время, оставшееся до прибытия поезда на переезд.

Это означает, что процедура включения предупредительной сигнализации (и опускания полушлагбаумов там, где они есть) может быть начата в оптимальный момент, с тем чтобы длительность функционирования сигнализации и закрытия переезда была постоянной. Как только поезд проходит переезд, система фиксирует это и отключает сигнализацию (поднимает полушлагбаумы).

По данным специалистов Westinghouse, применение системы Westex GCP 3000 может снизить затраты на обустройство переезда с полушлагбаумами и сигнализацией до 200 тыс. вместо 850 тыс. ф. ст. при действующих системах.

Со времени допуска к применению системы GCP 3000 появилась усовершенствованная система Westex GCP 4000, которая может обеспечить контроль за шестью путями и четырьмя полушлагбаумами. GCP 4000 является более сложной системой. В стандартном корпусе из нержавеющей стали размещены устройство обнаружения поезда, логическое устройство управления переездом, приводы полушлагбаумов и коммутационная аппаратура светосигнальных устройств, средства индикации и связи, таймеры и записывающие устройства. Процессорная плата имеет два вхо-

да/выхода, позволяющие соединять ее непосредственно с сигнальной аппаратурой, полушлагбаумами и прочим оборудованием без применения реле и контакторов. В GCP 4000 реализован следующий этап развития принципа модульности, ориентированный на использование шаблонов для управления логическими операциями. Для каждого нового случая применения шаблон модифицируется для удовлетворения новых требований; разработки нового программного обеспечения для каждого контракта не требуется.

В 2008 г. планировалось поставить компании Network Rail восемь комплектов системы Westex GCP 3000; одновременно Westinghouse Rail Systems поставила перед собой задачу вывести на британский рынок систему GCP 4000.

#### *Обнаружение препятствий*

Имеющие место происшествия на переездах показали, что проблема обнаружения препятствий становится все более актуальной. Это учтено в модульной концепции переездов, где устройство обнаружения препятствий включено в качестве стандартного. При этом применена система, разработанная в Германии, что позволило Network Rail воспользоваться преимуществами «перекрестной» сертификации, когда уже принятое в одной стране устройство обеспечения безопасности допускается к использованию в другой. Для обнаружения препятствий можно использовать маломощные источники лазерного или инфракрасного излучения. Всю аппаратуру системы доставляют вместе с остальным оборудованием.

Применение новых систем даст возможность повысить уровень безопасности на критических переездах по сравнению с нынешним, достигаемым традиционными техническими решениями, и при меньших затратах.

#### **Стрелочные переводы и глухие пересечения**

Если говорить об объектах железнодорожной инфраструктуры, которые предпочтительнее выпускать и испытывать в заводских условиях, чем собирать на месте, это в полной мере относится к стрелочным переводам и глухим пересечениям. Поэтому именно эти объекты в наибольшей степени затронула «модульная революция». Соответствующие проекты были разработаны, в частности, на основе опыта железных дорог Швейцарии, а контракты получил консорциум компаний Volker Stevin, Corus и Vossloh (VCV).

Вместо того чтобы собирать стрелочные переводы и глухие пересечения на заводе, затем разбирать и вновь собирать их на месте укладки, полностью собранные на заводе и прошедшие испытания комплекты могут быть доставлены на место с помощью специальных вагонов нового типа. Эти вагоны, построенные компанией Kirow (Германия), изготовлены по образцу работающих в Швейцарии платформ, имеющих наклоняемую грузовую площадку (рис. 4). Переводы и пересечения транспортируются в наклонном по отношению к горизонтальной плоскости положении, благодаря чему можно перевозить их, не нарушая габарит W6.

Тем не менее габаритные ограничения не допускают транспортировки конструкций слишком большой длины. В связи с этим была разработана новая технология, позволяющая доставлять такие конструкции разделенными на две части, а затем соединять при помощи болтов на месте укладки с обеспечением требуемой конструктивной прочности.

Хотя это несколько усложняет базовый принцип модульности, важно, что фактически данные объекты инфраструктуры доставляются на место в готовом виде и полно-

стью испытанными на заводе-изготовителе, включая проверку работы привода и системы обогрева. Привод может быть электрическим или гидравлическим, в зависимости от длины стрелки.

Модульная концепция в отношении стрелочных переводов и глухих пересечений получила одобрение и впервые была применена на магистрали Восточного побережья в Шотландии. Вторым местом их применения стала станция Хантерстон. Серийное производство модульных стрелочных переводов и глухих пересечений и их доставку вагонами нового типа предусмотрено начать в 2011 г.

## Сигнализация

### Модульность и совместимость

Основным для «модульной» железной дороги является принцип интеграции модулей в общую инфраструктуру на месте использования. Применительно к устройствам сигнализации и связи этот подход представляет реальную проблему, учитывая богатое «наследство», полученное компанией Network от бывших Британских железных дорог, — от устаревших механических устройств до электронных блокировок четвертого поколения, предназначенных для использования в сочетании с европейской системой управления движением поездов (ETCS).

Специалисты Network Rail по сигнализации решили проблему, используя стандартный интерфейс — универсальный преобразователь, который вместе с новым модулем включается в сеть вместо заменяемого им устройства.

Вообще же системы сигнализации и связи в контексте модульности рассматриваются в последнюю очередь, потому что этому сектору еще предстоит восстанавливаться после периода функционирования администрации Railtrack. Положение усугубляется обязательностью



Рис. 4. Вагон-платформа для перевозки стрелочных переводов и глухих пересечений в сборе

внедрения ETCS даже на малоделятельных, но социально значимых участках, где, впрочем, преимуществу, получаемые благодаря использованию принципа модульности, наиболее востребованы.

В 1980-е годы исследовательское подразделение Британских железных дорог пришло к эффективному решению, обеспечивающему снижение затрат на сигнализацию путем применения основанной на технологиях того времени системы Radio Electronic Token Block (RETВ) с передачей сигнала, разрешающего движение, по радиосвязи с поста централизации на дисплей в кабине локомотива. Казалось бы, сейчас благодаря достижениям микроэлектроники и спутниковой навигации достаточно просто создать более экономичную систему — преемницу RETВ, находящуюся на уровне требований XXI в. К сожалению, на сети Cambrian Lines простые устройства RETВ предусмотрено заменить пионерной системой ETCS с гораздо большим числом единиц напольной аппаратуры. Это могло бы быть оправданно в порядке экспериментального применения, но уже идет разговор о замене RETВ на ETCS и в Суффолке.

В 1997 г. Railtrack пыталась внедрить недорогую систему микропроцессорной централизации для замены механических централизаций на малоделятельных линиях, которая, как впоследствии оказалось, имела многочисленные недостатки. В двух случаях опытного применения использовались однопроцессорные системы. На участке Нанитон — Питерборо длиной 86 км с большим числом централизаций от системы отказались, проект для участка Норидж — Кромер, первоначально оцениваемый в 6 млн. ф. ст., в конечном итоге оказался намного более дорогим.

В настоящее время Network Rail предпринимает новую попытку. Участок Или — Норидж выбран для отработки концепции модульной системы управления движением поездов к концу 2010 г. В эту систему войдут модули определения местоположения поездов, централизации и сигнализации. Компания планирует проверить систему в эксплуатации параллельно с существующей системой сигнализации. Модули-подсистемы должны собираться и проходить испытания на заводе-изготовителе, с тем чтобы минимизировать затраты времени



на подключение на местах. Теоретически на верификацию и прием в эксплуатацию необходимы считанные минуты.

Это будет наименее инновационный пример использования принципа модульности, поскольку крупные компании уже достаточно давно предлагают готовые (off the shelf) стандартные решения в этой области. Один из примеров — логическая модульная система обеспечения жизненно важных эксплуатационных функций Westrace компании Westinghouse, которая за последние 10 лет нашла около 1000 случаев применения в разных странах мира. Несмотря на это, а также на то, что система используется на линиях Central и Jubilee Лондонского метрополитена, ее принятие Railtrack, а затем Network Rail постоянно тормозилось. После получения ограниченного одобрения со стороны Railtrack единственной сферой применения системы Westrace до настоящего времени остается управление переездной сигнализацией.

Так что изменения в области низкочастотных систем сигнализации, произошедшие после прекращения деятельности Railtrack, пока состоят в том, что принцип модульности стал элементом политики Network Rail в плане скорее организационном, чем технологическом. Однако что-то непременно придется предпринимать с учетом того, что модульные устройства сигнализации должны быть также совместимы с ETCS.

### Стандартизация

Модульные системы централизации безусловно являются атрибутом современной железной дороги. Однако расходы, связанные с непосредственным функционированием систем сигнализации, приумножает большой объем документации на бумажных носителях. Для его сокращения планируется разра-

ботать модульные комплекты (базы) данных и предусмотреть ввод специфической для данного места информации в принципы работы сигнализации на этапе разработки программного обеспечения централизации. Формирование модулей данных возможно только для железной дороги со стандартизированными правилами эксплуатации. Уже начаты соответствующие исследования.

Эта работа осуществляется в соответствии с курсом министерства транспорта на дифференциацию с установлением стандартов в отношении пути и других устройств, с учетом характера эксплуатационной деятельности и интенсивности использования железнодорожной линии. Таким образом, например, для линии Или — Норидж допустимы более низкие стандарты в отношении инфраструктуры, чем для магистрали Западного побережья.

Этот принцип также применим к правилам технической эксплуатации. Для некоторых линий они могут быть упрощены с исключением из них ситуаций, которые заведомо никогда не могут возникнуть. В готовящемся сборнике правил Rule Book принцип модульности уже отражен.

Таким образом, модульная централизация может, по-видимому, потребовать более простого комплекта данных, поскольку однопроцессорные централизации выпускаются в массовом порядке и они одинаково экономически эффективны независимо от того, где применяются — на линии метрополитена или участке железной дороги. Для «модульной» железной дороги важно технологическое единообразие.

### Заключение

Упомянутые выше армированные полистироловые конструктивные элементы для модульных мостов и подходов к ним подобны де-

талям детского конструктора Lego и имеют множество применений. Подходы из таких блоков можно использовать, когда ведутся работы по замене переездов путепроводами в рамках программ повышения пропускной способности. Строительство с использованием традиционных методов (бетонированные покрытия на грунтовых насыпях или на свайном основании) требует выделения продолжительных окон в течение нескольких месяцев.

Вместо этого подходы к путепроводам могут быть собраны из полистироловых блоков с помощью кранов. Возможны различные сочетания небольшого числа стандартных элементов для решения различных задач. В частности, уже спроектированы стандартизированные путепроводы двух типов в расчете на движение автомобилей со скоростью до 48–64 и до 96 км/ч.

Следует подчеркнуть, что фундаментальным требованием для успеха модульного подхода является соблюдение дисциплины. Если стандартное техническое решение окажется не самым правильным, допустим его пересмотр. Однако в любом случае стандартный модульный путепровод, рассчитанный на движение автомобилей со скоростью 96 км/ч, будет все же дешевле, чем построенный по специальному проекту и рассчитанный на скорость 80 км/ч.

Модульный принцип стимулирует новое осмысление будущего развития железной дороги. Он уходит от нестандартных индивидуальных решений для каждого отдельного случая, которые требуют специального обучения персонала и нескольких лет на разработку. Тогда можно сосредоточиться на том, чтобы сделать стандартные объекты инфраструктуры еще лучше и не возвращаться каждый раз к разработке с самого начала.

*Ford R. Modern Railways, 2008, № 715, p. 59–63.*