

Об избыточной мощности современной конструкции верхнего строения железнодорожного пути

В.И. НОВАКОВИЧ, профессор кафедры РГУПС

В настоящее время главная проблема транспортного комплекса, в том числе железных дорог, заключается в необходимости снижения себестоимости перевозок. В этой связи уменьшение затрат на самую капиталоемкую часть железнодорожной колеи имеет особую актуальность.

На железных дорогах России при капитальном ремонте в настоящее время укладывается по мощности практически одна конструкция верхнего строения пути, причем для участков железных дорог всех классов. Она состоит из рельсов Р65, железобетонных шпал и щебеночного балласта, это бесстыковой путь, рельсовые плети которого должны быть длиной не менее перегона. Для менее деятельных линий применяются старогодные рельсы Р65 на железобетонных шпалах, переуложенных после сортировки и отбраковки. Звеньевой путь на деревянных шпалах с костыльным скреплением уходит в прошлое.

Ранее считали, что в перспективе, с ростом грузонапряженности, следует увеличить погонный вес рельсов, железобетонных шпал, переходить на сплошное железобетонное основание. Сделанные 20–30 лет назад попытки двигаться в этом направлении оказались неудачными.

С ростом промышленного производства в последние годы стала заметно увеличиваться грузонапряженность железных дорог России. В связи с этим возникают предложения продолжать делать эти попытки, устранив допущенные в прошлом ошибки, касающиеся, как казалось, главным образом качества изготовления рельсов типа Р75, блочных железобетонных подрельсовых оснований и других элементов верхнего строения железнодорожного пути.

Чем тяжелее рельсы, тем труднее металлургам обеспечить их удовлетворительное качество. Из-за недостаточного обжатия при прокатке сталь в более тяжелых рельсах рыхлее, и поэтому в них чаще возникают дефекты контактно-усталостного происхождения. Тяжелый рельс, например Р75, более

жесткий по сравнению с Р65; только поэтому контактные напряжения в нем большие, и динамическая сила, передаваемая на него от колеса, тоже выше из-за большей жесткости.

При равной упругости подрельсового основания, в более тяжелом рельсе будут несколько меньшими кромочные напряжения и ниже давления на шпалы и балласт. Но, как известно, кромочные напряжения в несколько раз ниже предела текучести, а контактные напряжения примерно в два раза превышают этот предел, и дефекты рельсов, решающим образом сокращающие срок их службы, начинаются со смятия головки.

Известно, что процент выхода рельсов по дефектам контактно-усталостного происхождения растет в прямой зависимости от веса рельса (Р50 — 75%, Р65 — 85%, Р75 — 95%). Нормы содержания рельсовой колеи в плане и профиле для любых рельсов одинаковы, но в более тяжелых рельсах одинаковый изгиб вызывает большие напряжения, и при движении колес по этим неровностям возникают более высокие инерционные силы.

Давление на балласт под шпалами — наиболее существенный фактор, который мог бы повлиять на решение в пользу выбора более тяжелых рельсов. Однако напряжение в балласте под шпалой, например при рельсах типа Р75 по сравнению с Р65 меньше всего лишь на 6%, тогда как от качества и состояния балласта его несущая способность зависит в десятки раз. Меры по непосредственному улучшению качества и состояния балласта, принятые на железных дорогах в последние десятилетия, были многосторонними и эффективными по сравнению с мерой, уменьшающей интенсивность накопления остаточных деформаций в балласте за счет увеличения веса рельса.

Средний вес рельса за то же время увеличивался незначительно за счет переукладки более тяжелых старогодных рельсов на малодейственные участки.

Повышенный погонный вес рельса особенно нежелателен для бесстыкового пути. На бесстыковом пути при увеличении веса рельса существенно ухудшаются условия устойчивости при действии продольных сжимающих температурных сил летом. С ростом веса рельса от типа к типу устойчивость уменьшается приблизительно на 20%. Зимой в той же пропорции увеличиваются зазоры на конце рельсовой плети, и в случае излома рельса, под действием растягивающей температурной силы.

Для бесстыкового пути в любых условиях эксплуатации лучше иметь рельсы меньшего веса, чем Р65. Учитывая, что уже более 95% главного пути сети железных дорог России уложено рельсами типа Р65, в будущем при изменении профиля рельса следует сохранять ширину его подошвы в 150 мм, так как это создает возможности взаимозаменяемости при переукладке путевой решетки. Это очень важное для путевого хозяйства положительное качество. При уменьшении погонного веса рельса следует учесть, что периодическая шлифовка рельсов существенно продляет их срок службы. Таким образом, рельс, например Р58, должен иметь по сравнению с Р65 меньшую высоту и относительно больше металла в головке. Тогда технология изготовления рельсов должна для исключения их коробления предусматривать замедленное их остывание и после прокатки, и после термообработки. Известно, что последующая холодная правка покоробленных при остывании рельсов значительно ухудшает качество металла созданием внутренних напряжений, значительно снижая эффект, получаемый от термообработки.

Таким образом, железнодорожный путь с рельсами Р58 для любой возможной в перспективе грузонапряженности, при любых реальных осевых нагрузках и самых высоких скоростях дви-

жения будет более надежным и экономичным, даже без учета того, что в этом случае на 12% на единицу длины сокращается расход металла.

По тем же причинам лучше иметь железобетонные шпалы, примерно в 1,5–2 раза облегченные по сравнению с ныне применяемыми. Предположение, что железобетонная шпала сопротивляется сдвигу в горизонтальной плоскости вдоль или поперек оси пути тем больше, чем выше ее масса, было ошибкой. Ошибка эта основана на том, что сопротивление сдвигу шпал в балласте определялось в статике, то есть без учета сотрясения пути проходящими поездами. В статике, действительно, чем больше масса шпалы, тем больше ее сопротивление перемещениям. Но такое сопротивление,

как механическая характеристика железнодорожного пути, может использоваться в расчетах только для случая, когда по колею не движется поезд. Это бывает, когда перегон закрыт для производства путевых работ. Но для этого случая масса шпал — только отрицательная характеристика, которая увеличивает энергетические затраты на производство работ, уменьшает производительность труда, заставляет иметь все механизмы большей мощности, а значит повышает и их стоимость.

Многолетние наблюдения, эксперименты и теоретические исследования показали, что в динамике — при сотрясении железнодорожного пути проходящими поездами, имеющими несоизмеримо большую массу, чем рельсошпальная решетка, последняя под действием горизонтальных сил ползет в балласте. Скорость этих деформаций тем выше, чем больше эти силы и чем больше масса шпал.

Расчеты по стандартной методике показывают, что вес железобетонной шпалы можно уменьшить не менее чем на 1 кН, доведя до 1,5–1,6 кН, при этом прочностные качества, включая давление под ней на балласт, только улучшатся. Максимальное давление от вертикальных сил на балласт под железобетонной шпалой возникает под ее концом. Чем гибче шпала, то есть чем меньше ее вес, тем меньше давление. В этой связи следует уменьшить до минимума, примерно в 1,5 раза, и вес железобетонных брусьев на стрелочных переводах.

Еще существует представление о сопротивлении балласта сдвигу рельсо-



Укладка современной конструкции верхнего строения пути

шпальной решетки поперек оси пути, по которому следует увеличивать плечо балластной призмы в кривых участках пути по наружной нити с 0,25 м до 0,45 м. Это ошибочное представление также основано на данных статических опытов по определению сопротивлений железобетонных шпал сдвигу. В динамике оказывается, что плечо балластной призмы более 0,25 м бесполезно. Увеличение этого плеча ведет только к лишним материальным и энергетическим затратам. Фактически балласт на расстоянии более 0,25 м от торца шпалы не работает. Да и плечо размером в 0,25 м нужно не как препятствие сдвигу шпалы поперек оси пути, а как создаваемое этим плечом благоприятное условие, уменьшающее до минимума вероятность сотрясения шпалы с последующим ее провесом. При провесе шпалы ее сопротивление сдвигу падает практически до нуля. Увеличение размера плеча балластной призмы более 0,25 м при откосе 1:1,5 ведет к тому, что при загрязнении балласта быстрее создается закупорка воды под шпалой, возникает выплеск, при котором происходит интенсивное накопление остаточных вертикальных деформаций, приводящих к провесу шпалы. Еще быстрее такой процесс произойдет, если с целью увеличения сопротивления сдвигу, как предлагают, какими-либо склеивающими материалами связать щебень на плече и откосе балластной призмы. Нет смысла и в дополнительных устройствах, увеличивающих сопротивление шпал сдвигу поперек оси пути. Эти устройства, например в виде стальных фартуков на торцах шпал, при сотрясе-

ниях пути проходящими поездами разуплотняют балласт и создают трудности в осуществлении технологических процессов при ремонтах и текущем содержании.

Опыт уже показал, что нельзя никаким дальнейшим увеличением мощности верхнего строения пути увеличить нормальную, зависящую от грузонапряженности и засоряемости периодичность производства ремонтов с подбивкой шпал и очисткой балласта. Таким образом, бесстыковой путь с рельсами Р58, плетями длиной более перегона, с железобетонными шпалами весом 1,5 кН, щебеночной призмой, имеющей плечо 0,25 м и откос 1:1,5 можно считать оптимальной конструкцией для

любой максимально возможной грузонапряженности, для любых реально возможных осевых нагрузок и любых высоких скоростей движения. Такая конструкция верхнего строения пути, судя по опыту применения известных конструкций, при соблюдении нормальной периодичности промежуточных ремонтов от капитального до капитального должна пропустить не менее миллиарда тонн брутто в год.

Однако, с другой стороны, нельзя сверх меры увеличивать грузонапряженность. Конструкция верхнего строения пути, как показал в прошлом отечественный опыт, может не без трудностей выдержать грузонапряженность и в 160 млн. ткм/км брутто в год. Но при такой грузонапряженности неизбежно чаще возникают сбои в работе технических средств, и тогда приходится при существенных потерях решать острые проблемы с обеспечением своевременной доставки к месту назначения пассажиров и грузов потребителям.

Очевидно, ненормально, что для таких просторов, какие имеет Россия, есть железнодорожные линии, по которым чуть ли не через каждые пять минут идут поезда, тогда как в развитых странах Европы и Америки грузонапряженность более 20 млн. ткм/км брутто одиночного пути в год — исключительная редкость. Как видно, там существовали нормальные экономические условия, которые стимулировали строительство новых железных дорог. В России таких условий длительное время не существовало, и поэтому густота железнодорожной сети нашей страны сравнительно

(по сравнению, например, с ФРГ в десятки раз меньше на единицу площади) очень мала.

В ближайшей перспективе в России потребуются значительно увеличить протяженность железнодорожной сети. Смешанное движение пассажирских и грузовых поездов по одним и тем же направлениям из-за неразвитости железнодорожной сети не позволяет увеличивать скорость пассажирских экспрессов до современного уровня. Это обстоятельство снижает рентабельность пассажирского движения.

Решить проблему повышения провозной и пропускной способности грузонапряженных линий увеличением осевых нагрузок и организацией пропуска длинносоставных и тяжеловесных поездов можно в ограниченных масштабах, но при этом могут возникнуть и серьезные проблемы со стороны путевого хозяйства. Дело в том, что большая часть железных дорог России была построена по облегченным нормам и некачественно, то есть с нарушением и этих норм. Если, например, земляное полотно на данное время стабилизировалось и только на 90% протяжения считается здоровым то при увеличении осевых нагрузок большими могут оказаться 20–30% участков, что катастрофически нарушит перевозочный процесс.

При длинносоставном поезде также могут возникать ситуации, когда интенсивность роста остаточных деформаций окажется такой, что за время прохода поезда неисправность в пути успеет из удовлетворительной в момент прохода головы к моменту прохода хвоста достигнуть неудовлетворительного уровня, требующего ограниченной скорости.

Особой проблемой на отечественных железных дорогах является конструкция промежуточного скрепления для железобетонных шпал.

Наиболее распространенной конструкцией промежуточного скрепления пока является КБ. Эта конструкция, как показал опыт, имеет ряд недостатков, из-за которых от капитального до капитального ремонта она не позволяла полностью использовать ресурс рельсов, заставляя раньше производить капитальный ремонт из-за своего частичного отказа, выражающегося в том, что приходится ограничивать скорости движения по состоянию скрепления, приводившего, как правило, к возникновению угона рельсовых плетей. Угон вызывает интенсивное накопление таких неисправностей, как: нарушение температурного режима бесстыкового

пути, сужения колен, перекося и кантование шпал, выход всех деталей скрепления — прокладок, втулок, болтов.

Появившиеся в последние годы новые скрепления АРС и ЖБР-65 еще не проверены широким и длительным опытом их эксплуатации. Беспокойство вызывает недостаточное постоянное прижатие рельса к шпале прутковой клеммой. Пруток хорошо работает на скручивание, но плохо на изгиб, а изгиб прутка в названных скреплениях избежать не удалось. Установленное требование прижатия рельса к шпале клеммой усилием 20–30 кН избыточно и ведет к быстрому росту остаточных деформаций в элементах скрепления. При указанной требуемой силе пруток оказывается жестким, то есть ход пружины при такой силе мал, и, значит, при остаточных деформациях сила прижатия относительно быстро падает до нуля. Тогда неизбежным окажется возникновение угона со всеми вытекающими последствиями. Без всякого ущерба для нормальной работы конструкции промежуточного скрепления можно уменьшить силу прижатия клеммы до 3–5 кН. Такой силы достаточно, чтобы надежно противостоять уgonу.

Основным аргументом против этого предложения остается опасение получения большого зазора в случае излома рельсов и недопустимого раскрытия зазоров на концах рельсовых плетей в зимнее время. Однако такой аргумент имел бы какой-то вес, если бы требуемая сила в 20–30 кН реально сохранялась длительное время, но в действительности это далеко не так. Если отказаться от еще бытующей методики статического расчета величины зазора не соответствующей фактическому процессу, а применять разработанную методику учета динамики воздействия поездов на пути, то и этот аргумент отпадает.

Нужно всячески поощрять разработку новых конструкций промежуточных скреплений и быстрее доводить их до широких эксплуатационных испытаний, тогда наконец и у нас будет конструкция промежуточного скрепления, имеющая межремонтный ресурс, сопоставимый с ресурсом рельсов и шпал.

С вводом новых конструкций верхнего строения пути, безусловно, рельсовые плети должны быть длиной более перегона, то есть соединены сваркой со стрелочными переводами. Возможно излому рельса должны быть противопоставлены возрастающие качества самих рельсов, сварных стыков, дефектоскопных средств. В

значительной степени также гарантируют безопасность движения при изломе рельсов автоблокировка и система «толчок». При всем при этом стопроцентной гарантии исключения излома рельса быть не может, тем более не может эта гарантия быть обеспечена ограничением сверху температуры закрепления рельсовых плетей.

Ограничение температуры закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути сверху ведет к увеличению вероятности потери устойчивости рельсошпальной решетки летом, что для безопасности движения поездов на порядок, если не на два порядка хуже, чем излом рельса. Статистика и опыт показывают, что изломы рельсов происходят на порядок чаще, чем потеря устойчивости, но при изломах сходы подвижного состава почти никогда не происходят, потеря же устойчивости рельсошпальной решетки под поездом всегда ведет к сходу. Не зря, как известно, на некоторых железных дорогах юга США рельсовые плети бесстыкового пути перед их закреплением на шпалах нагревают до 80–100 °С, тогда в любую жару можно не опасаться выброса и в течение летнего дня производить любые путевые работы.

Для российских железных дорог, практически достаточно иметь температуру закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути в пределах от 20–40 °С для дорог с суровым климатом, 25–45 °С для дорог с температурной амплитудой колебаний более 100 °С и 30–50 °С, где эта амплитуда не превышает 100 °С. В ныне действующих нормативах это ранее выдвинутое предложение учтено в части нижней температурной границы. Но установленный интервал в 10 °С слишком узок, от чего возникает летом потребность охлаждать рельсовые плети перед их закреплением. Охлаждение рельсов — весьма сложная техническая задача, решение которой требует очень больших затрат энергии. Однако потребность в таких затратах отпадет, если нормативы, определяющие оптимальную температуру закрепления, привести в соответствие с предлагаемыми более обоснованными температурными интервалами.

В основе высказанных здесь предложений лежит многолетний опыт, приобретенный непосредственно на производстве и при проведении экспериментов на действующих участках железнодорожного пути, а также новые теоретические разработки, подтвержденные опытом и практикой.