

# Улучшение эксплуатационных характеристик клееных изолирующих стыков

**На грузонапряженных углевозных маршрутах железных дорог США технико-эксплуатационные характеристики клееных изолирующих рельсовых стыков стали представлять ощутимую проблему вследствие сравнительно короткого срока службы таких стыков, обусловленного ускорением их деградации под воздействием повышенных динамических нагрузок при постоянно увеличивающихся грузопотоках. При нынешней малой долговечности клееных изолирующих стыков экономическая эффективность их совершенствования в целях увеличения срока службы неоспорима.**

Центр транспортных технологий (ТТС) под эгидой Федеральной железнодорожной администрации (FRA) и при финансировании со стороны Ассоциации американских железных дорог (AAR) совместно с рядом железных дорог и компаниями-поставщиками ведет исследования и разработки, направленные на улучшение характеристик и повышение долговечности клееных изолирующих рельсовых стыков. Для совершенствования таких стыков важно иметь представление о механизме их изнашивания. После того как этот механизм становится понятным, можно разработать экономические аспекты взаимодействия с поставщиками и железными дорогами. Одной из задач ТТС является исследование того, как происходит постепенное ухудшение состояния стыков в пути и как влияют их проектные параметры на технико-эксплуатационные характеристики.

Клееные изолирующие рельсовые стыки рассматриваются службами пути железных дорог как не-

избежное бедствие. Будучи одним из компонентов систем управления движением поездов (т.е. обеспечивая нормальную работу рельсовых цепей) и тем самым способствуя увеличению пропускной способности и повышению уровня безопасности на железных дорогах, эти стыки являются заметным источником затрат на текущее содержание пути и зачастую — причиной перерывов в эксплуатационной деятельности.

Технико-эксплуатационные характеристики клееных изолирующих стыков на грузонапряженных углевозных линиях ухудшаются по мере ужесточения динамических, в том числе ударных, нагрузок, оказываемых подвижным составом на путь. В настоящее время срок службы таких стыков, по пропуску поездной нагрузки оцениваемый в среднем в 200 млн. т брутто, существенно короче, чем у всех других элементов верхнего строения пути, включая крестовины и остряки стрелочных переводов. Только сердечники крестовин с большим углом и безопасным промежутком меж-

ду ходовым рельсом и контррельсом имеют столь же короткий срок службы. При большом числе клееных изолирующих рельсовых стыков в пути они существенно осложняют эксплуатационную деятельность, снижают ее надежность, безопасность и эффективность.

Согласно результатам одного из исследований, выполненных ТТС, клееные изолирующие стыки на грузонапряженных линиях могут требовать замены не реже чем через каждые 12–18 мес с соответствующими прямыми затратами порядка 6700 дол. США в расчете на 1 км пути в год. Косвенные издержки (такие, как излишние затраты на оплату работы поездных бригад и увеличение расхода топлива локомотивами вследствие задержек поездов) могут быть еще больше, особенно на линиях с полным или близким к полному исчерпанием пропускной способности.

## Срок службы

На рис. 1 отражены данные о сроке службы группы клееных изолирующих стыков, уложенных в ходе реконструкции системы сигнализации на участке одной из магистральных линий, на которой преобладает движение ускоренных поездов смешанных сообщений, главным образом контейнерных. Грузонапряженность по каждому пути этой линии составляет 50–65 млн. ткм брутто/км в год. Диаграмма распределения Вейбулла для 150 стыков свидетельствует о среднем сроке их службы, соответствующем пропуску 172 млн. т брутто.

Отраслевой комитет по рельсам (AREMA 4) запросил у железных дорог — членов этого комитета сведения об изолирующих стыках. Оказалось, что средний срок службы таких стыков по пропуску поездной нагрузки составляет 280 млн. т брутто в прямых и 230 млн. в кривых участках пути.

Эти данные подтверждают установившееся убеждение, что долго-

вечность клееных изолирующих стыков относительно небольшая. Опережающий прогресс в области других элементов верхнего строения пути оставил такие стыки в качестве одного из самых слабых элементов путевой структуры.

На линиях с тяжеловесным движением в число факторов, негативно влияющих на срок службы клееных изолирующих стыков, входят:

- высокие осевые нагрузки вследствие внедрения вагонов большой грузоподъемности;
- повышенные динамические нагрузки вследствие более высокой скорости движения поездов и более жесткой конструкции пути;
- увеличенные продольные силы в рельсах вследствие устранения других стыков при укладке бесстыкового пути и лучшего закрепления рельсов;
- более высокая интенсивность движения поездов, вследствие чего уменьшается возможность выполнения операций по техническому обслуживанию стыков, таких, как балластировка и шлифование поверхности катания смежных рельсов.

### Анализ дефектов

В ТТС была исследована выборка из 20 клееных изолирующих стыков, изъятых из эксплуатации на ряде углевозных линий с обращением преимущественно вагонов массой брутто 130 т. Результаты исследования показали, что большинство стыков имели более одного дефекта. Этот вывод согласуется с наблюдениями, удостоверяющими, что многие стыки остаются в пути даже после того, как они потеряли свои электроизолирующие свойства. Таким образом, очевидной первоначальной причиной может быть воздействие интенсивного движения.

На рис. 2 показаны результаты анализа группы поврежденных клееных изолирующих стыков от разных поставщиков на одной из грузонапряженных углевозных линий.

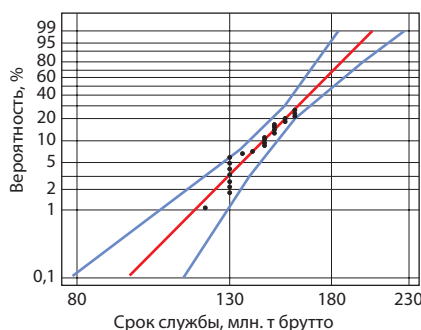


Рис. 1. Прогнозируемый срок службы клееных изолирующих стыков на магистральных линиях по Вейбуллу

Стыки этой группы типичны по характеру повреждений и для других линий с обращением вагонов массой брутто 130 т.

Есть несколько общих причин, ограничивающих долговечность клееных изолирующих стыков на линиях с тяжеловесным движением. Часть из них связана с недостаточным уровнем контроля качества элементов и сборки конструкций. Железные дороги отмечают проблемы с комплектами деталей стыков от одного поставщика, а также с изолирующими материалами.

Известны также факторы сокращения срока службы стыков, связанные с их конструкцией и несущей способностью. Они обусловлены структурными особенностями стыка и его элементов. Соответствующие ситуации начи-

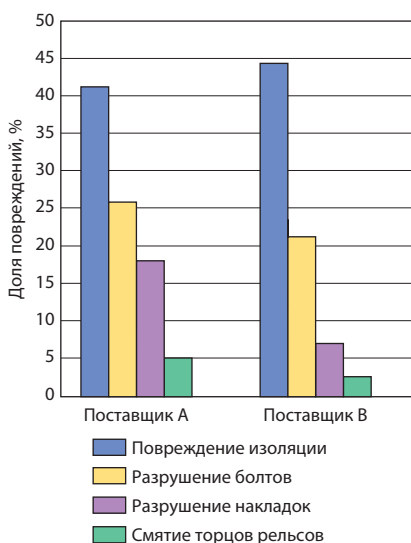


Рис. 2. Распределение повреждений клееных изолирующих рельсовых стыков по видам

нают проявляться при нарушении непрерывности поверхности катания в пределах стыка. Наличие зазоров в стыках и разность высоты поверхности катания смежных рельсов обуславливают появление динамических нагрузок. Основание под стыками ослабевает, и прогиб рельсов в таких местах становится значительно больше прогиба, типичного для близлежащих участков пути.

В общем случае ослабление основания под клееным изолирующим стыком даже при удовлетворительном состоянии остальных компонентов верхнего строения пути и, соответственно, хорошем опирании рельсов, как правило, вызывает растрескивание резины и полимера в верхней средней части поверхности соприкосновения стыковых накладок и рельсов. Часто прокладки клееных изолирующих рельсовых стыков растрескиваются близ концов. Нарушенный слой эпоксидной изоляции способствует просачиванию воды и увеличению прогиба. При разрыхлении клея стык подвергается растягивающему воздействию продольных сил в рельсах. При этом повреждаются изолирующие элементы, такие, как втулки и концевые прокладки, а также механические компоненты стыка, такие, как накладки и болты.

После первоначального повреждения стыки могут некоторое время выполнять электроизолирующую функцию. Их конструкция имеет определенный запас, в результате чего отдельные дефекты могут возникать и развиваться, не вызывая возникновения опасной ситуации. Однако наступающая по мере дальнейшего развития дефектов неспособность клееного изолирующего стыка изолировать рельсовую цепь требует немедленной его замены. Это же становится необходимым и при растяжении стыка с разрушением болтов или появлением трещин в шейке рельсов вокруг отверстий под болты крепления стыковых накладок.

Основные направления работ по совершенствованию клееных изолирующих стыков

Область усовершенствования	Работа	Участники
Улучшение понимания картины нагружения	Установка датчиков нагрузки на клееных изолирующих стыках на одной из углевозных линий	ТТС, UP, BNSF
Уменьшение прогиба пути в стыках	Улучшение конструкции подрельсового основания. Повышение жесткости стыковых накладок	ТТС, UP, BNSF, поставщики
Уменьшение ударной нагрузки	Улучшение состояния поверхности катания. Выбор оптимальных материалов для подрельсового основания	ТТС, BNSF, поставщики
Уменьшение продольных сил в пути	Регулирование напряжений в рельсах	ТТС, железные дороги, FRA
Создание более долговечных материалов	Разработка эпоксидных материалов с улучшенными характеристиками по восприятию ударных нагрузок	Поставщики
Создание систем снижения напряжений	Выработка (совместно с поставщиками) целевых установок. Реализация проекта AAR Tech Scanning по пересмотру конструкции стыков	ТТС, железные дороги, поставщики
Устранение стыков из путевой структуры	Оптимизация управления движением поездов с использованием компьютеризированных систем	AAR, FRA, министерство транспорта

Последовательность наиболее типичной картины деградации клееного изолирующего стыка на линиях с высокими осевыми нагрузками от подвижного состава включает выдавливание эпоксидного материала у концов рельсов, электрическое замыкание вследствие проникновения влаги в стык и возникновения фреттинг-коррозии, относительное смещение элементов стыка, разрушение болтов, излом стыковых накладок и, наконец, полное разрушение стыка.

### Исследование конструкции

Клееные изолирующие рельсовые стыки представляют собой вариант механического рельсового стыка с использованием эпоксидных изолирующих материалов. Механический зазор между смежными рельсами стыка, необходимый для изоляции, может вызвать прогиб рельсов и нарушение их положения относительно друг друга по вертикали под воздействием нагрузок от подвижного состава, обуславливающих появление вертикальных динамических сил, которые могут ослабить балластный слой под шпалами в зоне стыка. В клееных изолирующих стыках могут также иметь место значительные продольные силы. Вследствие механического разъединения рель-

сов в стыке и при малом модуле путевой структуры клееные изолирующие стыки могут стать слабым местом пути с точки зрения сопротивляемости продольному изгибу. В результате путь в таких местах зачастую прочно закрепляют для минимизации продольных перемещений рельсов. В холодную погоду растягивающие силы приводят к увеличению до максимума напряжений, фиксируемых в стыковых накладках и эпоксидном материале.

В ТТС был выполнен анализ напряжений с использованием различных сценариев нагружения. Анализ показал, что существующие конструкции клееных изолирующих стыков:

- применимы для использования в условиях расчетных нагрузок при условии хорошего состояния основания;
- вместе с тем на практике поддерживать работоспособность таких стыков при разумном уровне затрат почти невозможно вследствие того, что фактические динамические нагрузки, продольные напряжения и состояние основания в реальных эксплуатационных условиях существенно отличаются от расчетных.

Воздействие продольных, в том числе вызванных температурными факторами, сил может быть весьма

значительным, из-за чего они играют важную роль в качестве дополнительных к силам, обусловленным движением поездов.

### Исследования и разработки

Железные дороги и поставщики озабочены поиском путей усовершенствования конструкции и улучшения характеристик клееных изолирующих стыков, в том числе за счет применения новых материалов. Базируясь на приобретенных знаниях, ТТС помогает в разработке новых проектов, изготовлении и испытаниях опытных образцов стыков улучшенной конструкции. Особенно ценно при этом сотрудничество с руководителями и специалистами железных дорог Union Pacific (UP) и Burlington Northern Santa Fe, благодаря которым стало возможным проведение испытаний стыков на линиях входящих в число самых грузонапряженных в мире.

Основные направления работ по рассматриваемой проблеме, среди которых можно выделить исследования ударных нагрузок, продольных сил в рельсах и состояния основания под клееными изолирующими стыками, приведены в таблице.

*D. Davis. Railway Track and Structures, 2005, № 1, p. 14–17.*