

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.14

С. А. Косенко, С. С. Акимов

Причины отказов элементов железнодорожного пути на полигоне Западно-Сибирской железной дороги

Одной из проблем железнодорожного транспорта является недостаточная надежность технических средств, в частности элементов железнодорожного пути, и, как следствие, их отказы. Нарушения работоспособного состояния элементов железнодорожного пути повышают риск возникновения транспортных происшествий, крушений, аварий, что влечет за собой причинение вреда жизни и здоровью граждан, а устранение их последствий отрицательно влияет на экономические показатели ОАО «РЖД».

Для обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса необходимо управлять отказами. С этой целью в статье выполнен анализ отказов элементов железнодорожного пути на Западно-Сибирской железной дороге. Представлена динамика изменения количества зафиксированных отказов по трем категориям в 2008–2016 гг. Показана структура распределения неисправностей в элементах железнодорожного пути. Основная их доля приходится на рельсы – 38 %, на рельсовые стыки – 22 %, на геометрию рельсовой колеи – 17 % и на стрелочные переводы – 12 %. Подавляющее большинство неисправностей рельсов составляют дефекты второй и третьей группы.

Несмотря на то что большая часть неисправностей возникает в рельсах, наибольшие задержки поездов возникают из-за отказов рельсовой цепи. Выявлены основные причины отказов изолирующих и токопроводящих стыков: повреждение и короткое замыкание изолирующих стыков, обрыв, повреждение, отсутствие, нарушение контакта стыковых соединителей, закорачивание рельсовой цепи.

В результате проведенного анализа отказов элементов железнодорожного пути предложен комплекс мероприятий, осуществление которых позволит снизить количество отказов, время задержки поездов от их возникновения и повысить безопасность движения поездов.

Ключевые слова: отказ, неисправность, надежность, дефект, рельсовый стык, рельсовая цепь, железнодорожный путь.

В соответствии со Стратегией развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года [1] и Стратегией обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД» [2] для достижения высокого уровня безопасности движения поездов на инфраструктуре компании необходим комплекс мер, направленных на повышение эксплуатационной надежности и функциональной безопасности технических средств объектов инфраструктуры, снижение вероятности возникновения транспортных происшествий, сокращение количества опасных отказов объектов инфраструктуры и т. д.

Отказы технических средств являлись и на сегодняшний день остаются одной из самых серьезных проблем железнодорожного транспорта. Недостаток надежности объектов инфраструктуры, устройств и оборудования, нарушение технологической дисциплины и порядка текущего содержания ведут к росту отказов технических средств. Отказы, в свою очередь, приводят к нарушению графика и безопасности движения поездов, к возникновению недопустимого риска транспортных происшествий, кру-

шениям и авариям, влекущим за собой причинение вреда жизни и здоровью граждан, а также негативно сказываются на экономических показателях компании.

Отказом принято считать событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта [3]. Каждый случай отказа в работе технического средства подлежит служебному расследованию линейными подразделениями, которые несут ответственность за его техническое содержание, с привлечением (при необходимости) работников других подразделений.

Учет возникающих отказов, контроль их устранения и расследование регламентируются Положением [4]. В ходе расследования устанавливается виновное лицо (подразделение) и причина отказа в работе технического средства.

Отказы технических средств классифицируются в зависимости от их влияния на организацию перевозочного процесса [4]. Под отказами 1-й категории понимаются отказы, приведшие к задержкам пригородных, пассажирских или грузовых поездов на перегоне (станции) на 1 ч и более либо приведшие к транспортным происшествиям или событиям,

связанным с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта. К отказам 2-й категории относятся отказы, приведшие к задержкам на перегоне (станции) пригородных или пассажирских поездов продолжительностью от 6 мин до 1 ч, грузовых поездов – продолжительностью от 15 мин до 1 ч. Случаи нарушения нормального функционирования технических средств, не имеющие последствий, относящихся к отказам 1-й и 2-й категории, относятся к неисправностям (3-й категории).

Для того чтобы иметь возможность управлять отказами с целью повышения безопасности движения поездов, повышения надежности технических средств, оценки эксплуатационных затрат на устранение отказов и перерывов в движении, необходимо анализировать причины нарушения нормальной работоспособности технических средств. В этой связи анализ причин и механизма основных отказов объектов инфраструктуры составляет основу управления надежностью.

Среди всех объектов инфраструктуры важное место занимает железнодорожный путь, отказы элементов которого существенно влияют на безопасность и бесперебойность перевозочного процесса.

На протяжении последних лет на дорогах ОАО «РЖД» наметилась тенденция к сниже-

нию отказов. В 2010 г. в путевом комплексе зафиксировано 10 211 отказов, что составило 14 % от общего числа отказов по сети [5]. В 2011 г. доля отказов, приходящихся на путевое хозяйство, снизилась. Допущено 6 415 отказов, что составило 10 % от общего числа отказов [6]. В 2012 г. их количество в целом по инфраструктуре также снизилось на 10 % по сравнению с уровнем 2011 г. [7]. Сведения о количестве допущенных отказов в путевом хозяйстве и их доле от общего числа отказов в годовых отчетах ОАО «РЖД» за 2013–2015 гг. не приводятся.

Устойчивая тенденция снижения отказов технических средств железнодорожного пути 1-й и 2-й категории отмечается и на Западно-Сибирской железной дороге (рис. 1).

Рост числа неисправностей 3-й категории на Западно-Сибирской железной дороге объясняется расширением функций и полигонов внедрения систем мониторинга технических средств, отраслевых автоматизированных систем управления, интегрированных в Комплексную автоматизированную систему учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАС АНТ), что позволило повысить объективность сведений об отказах, а также обеспечить их оперативное поступление и передачу причастным службам.

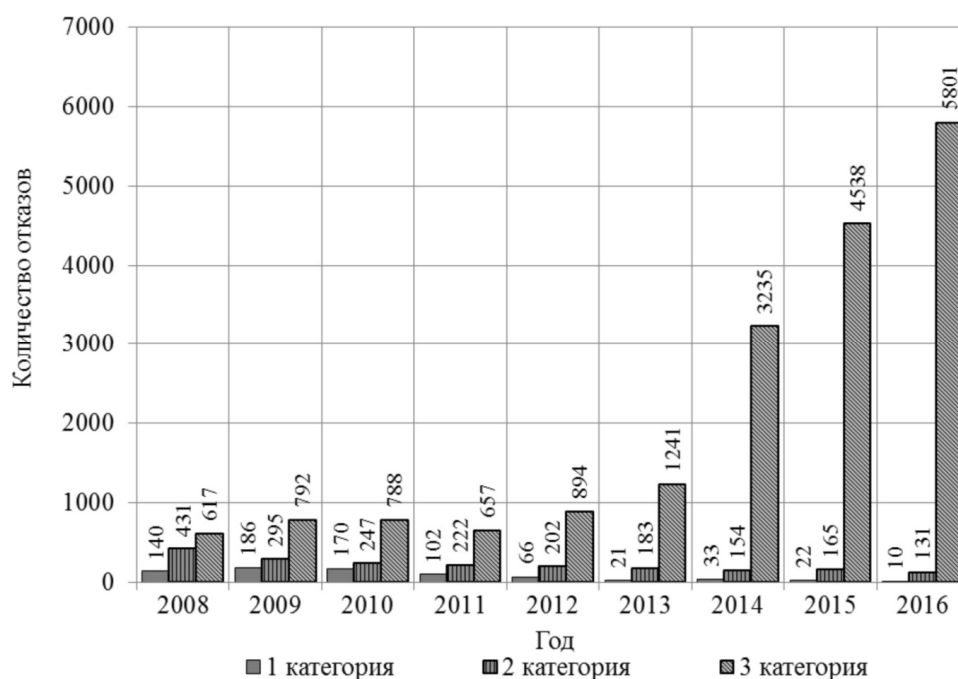


Рис. 1. Отказы технических средств железнодорожного пути на Западно-Сибирской железной дороге

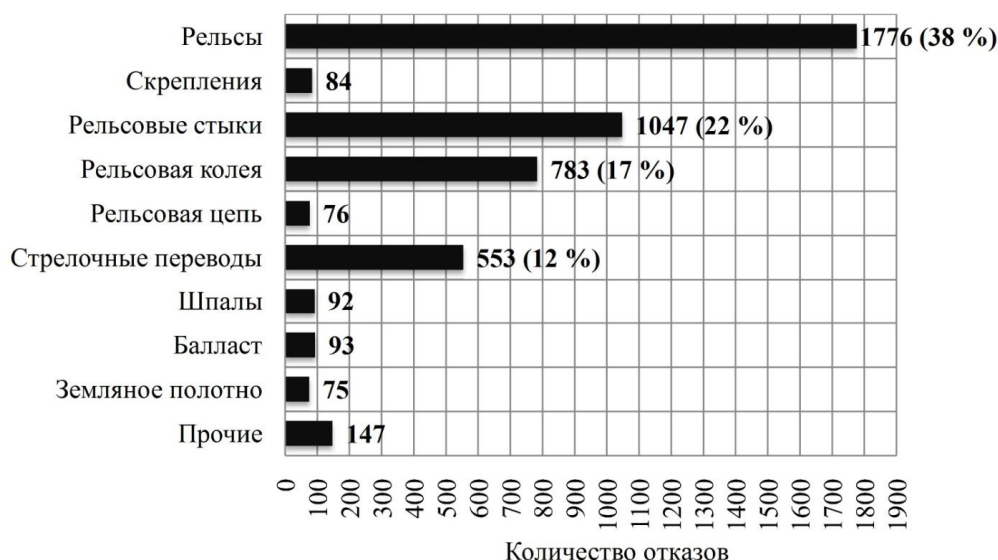


Рис. 2. Структура неисправностей и отказов железнодорожного пути на Западно-Сибирской железной дороге в 2015 году

Структура распределения неисправностей (3-й категории) и отказов (1-й и 2-й категории) железнодорожного пути на Западно-Сибирской железной дороге в 2015 г. приведена на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что основная доля неисправностей железнодорожного пути приходится на рельсы – 1 776 неисправностей (38 %), неисправности в зоне стыков – 1 047 (22 %), неисправности геометрии рельсовой колеи – 783 (17 %) и стрелочных переводов – 553 (12 %).

Основные неисправности рельсов приходятся на зону головки (рис. 3). Из них подавляющее большинство составляют дефекты второй и третьей групп.

Дефекты второй группы составляют поперечные трещины в головке (33 %), которые возникают из-за недостаточной контактно-усталостной прочности металла (дефекты

21.1-2 и 22.1-2, рис. 4, а), нарушения технологии сварки рельсов (дефекты 26.3-4 и 27.3-4) и внутренних пороков (дефект 20.1-2, рис. 4, б). Коды дефектов приведены по [8].

Третью группу дефектов составляют продольные трещины головки рельсов. Дефекты, вызванные горизонтальным расслоением головки рельса из-за наличия скоплений неметаллических включений (дефект 30.1-2, рис. 5, а), составляют 17 %. Дефекты, образовавшиеся в результате вертикального расслоения головки из-за остатков усадочной раковины (дефект 31.1-2, рис. 5, б), составляют 19 %. Остальная доля дефектов приходится на выкрашивание слоя, наплавленного на поверхности катания головки, боковой износ и смятие головки в сварном стыке.

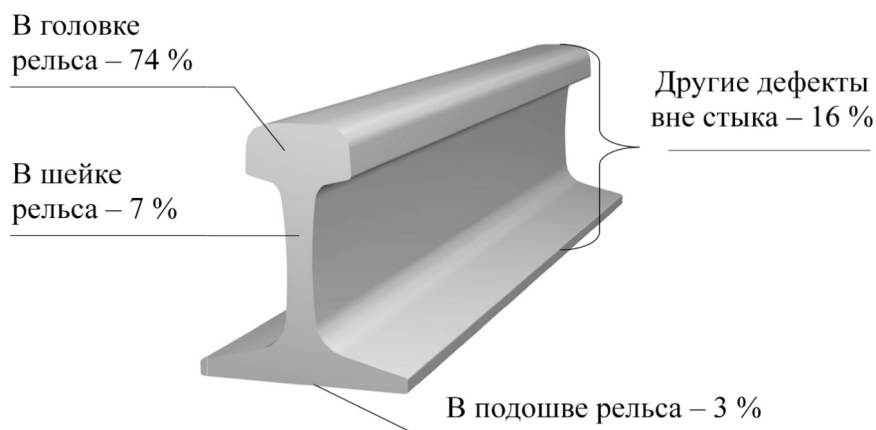
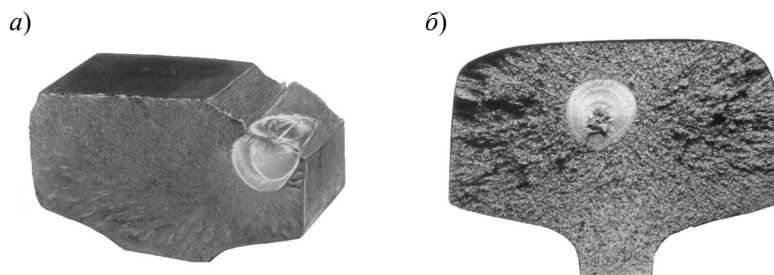
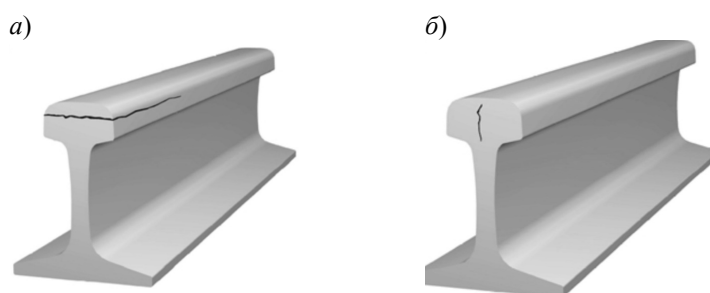


Рис. 3. Структура дефектов рельсов по поперечному сечению



*Рис. 4. Поперечные трещины в головке рельса:
а – дефекты 21.1-2 и 22.1-2, образовавшиеся вследствие недостаточной контактно-усталостной прочности металла; б – дефект 20.1-2, вызванный внутренними пороками изготовления рельсов*



*Рис. 5. Продольные трещины в головке рельса:
а – дефект 30.1-2, вызванный нарушением технологии изготовления рельсов;
б – дефект 31.1-2, вызванный недостаточной прочностью металла*

Несмотря на то что основное количество неисправностей возникает в рельсах, задержки поездов вследствие их отказов достаточно малы (рис. 6).

Противоположным образом складывается ситуация с неисправностями рельсовой цепи. Доля отказов (1-й и 2-й категории), связанных с нарушением рельсовой цепи, в общем числе неисправностей железнодорожного пути доста-

точно мала (1,6%), однако суммарные задержки поездов по данной причине, к примеру, в 2015 г. составили 40 ч (см. рис. 6).

Соотношение количества отказов токопроводящих и изолирующих стыков рельсовой цепи в 2008–2015 гг. и времени задержки поездов по данным неисправностям приведено на рис. 7 и 8.

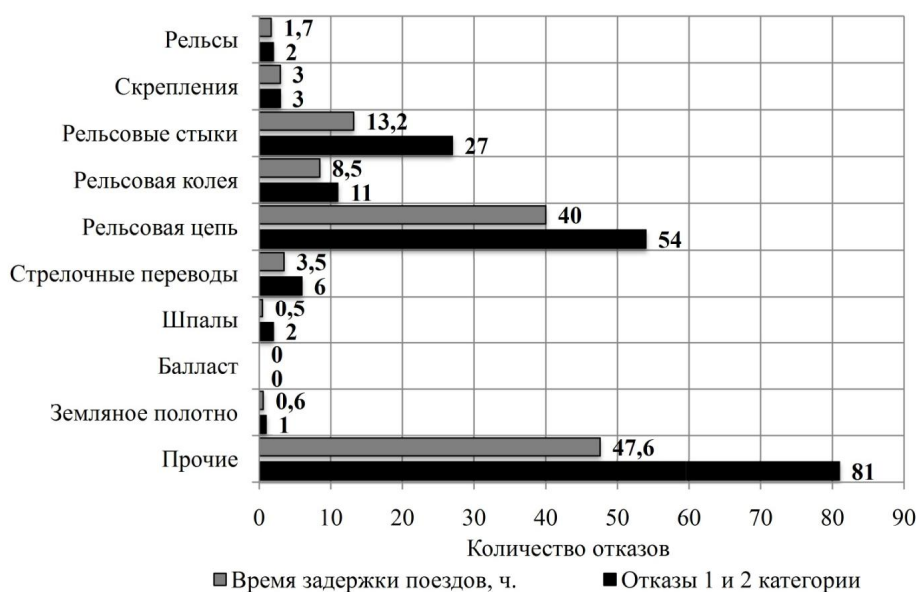


Рис. 6. Структура отказов по элементам железнодорожного пути и времени задержки поездов на Западно-Сибирской железной дороге в 2015 г.

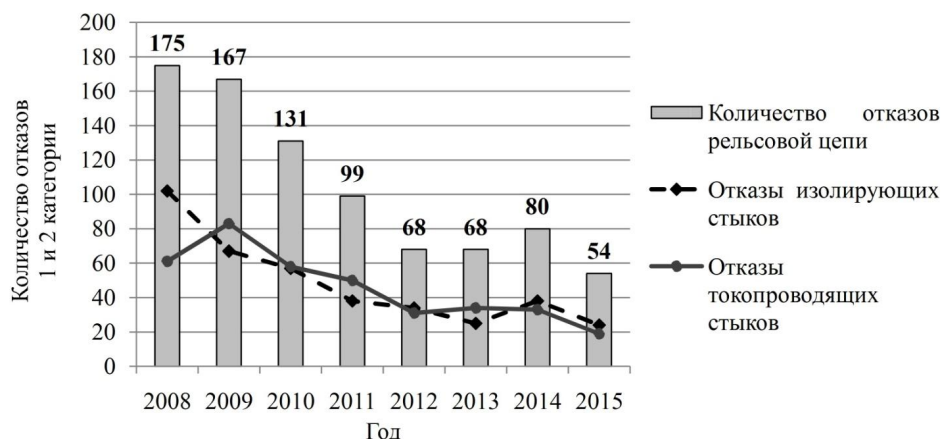


Рис. 7. Соотношение количества отказов токопроводящих и изолирующих стыков

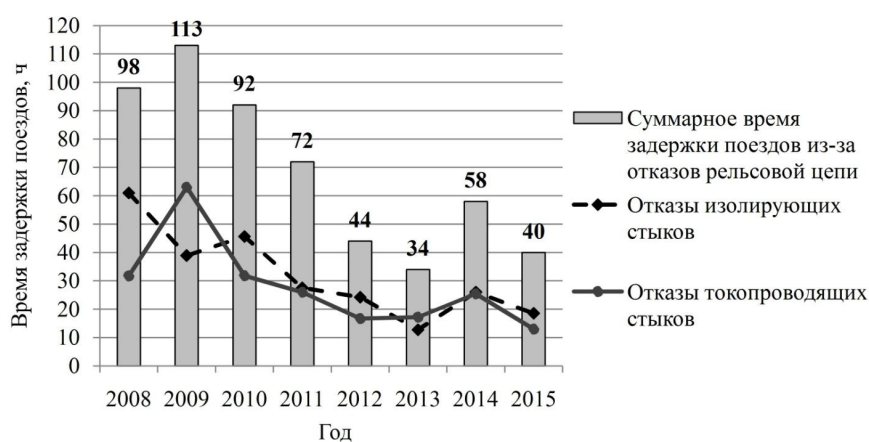


Рис. 8. Соотношение времени задержки поездов из-за отказов токопроводящих и изолирующих стыков

Из графиков (см. рис. 7 и 8) видно, что количество отказов рельсовой цепи и время задержки поездов от их возникновения снижается. Количество отказов токопроводящих и изолирующих стыков, а также время задержки поездов от их неисправности приблизительно одинаковое.

Основные причины возникновения отказов в работе рельсовой цепи за последние восемь лет наблюдений (2008–2015 гг.) и их влияние на перевозочный процесс (задержки поездов) приведены на рис. 9–12. Для отображения тенденций снижения и увеличения количества отказов рельсовых цепей по той или иной причине использована линейная аппроксимация.

По рис. 9 видно, что доля отказов, связанных с закорачиванием рельсовой цепи и нарушением контакта стыковых соединителей, за период наблюдений остается на одном уровне – порядка 14–15 % от всех отказов рельсовых цепей. Количество отказов по причине обрыва, повреждения или отсутствия стыковых

соединителей с 2008 по 2015 г. снизилось на 3 % (с 17 до 14 %), однако доля задержек поездов на протяжении рассматриваемого периода не изменяется и составляет порядка 16 % (см. рис. 10).

Неисправности, связанные с нарушением контакта стыковых соединителей, приводят к задержкам, составляющим 11–12 % суммарной задержки поездов из-за отказов рельсовых цепей (см. рис. 10). Исключение составляют отказы, возникающие вследствие закорачивания рельсовой цепи: при незначительном росте количества отказов (1 %, см. рис. 9) наблюдается тенденция снижения времени задержки поездов (на 3 % с 2008 по 2015 г.).

Основными причинами, приводящими к отказам стыковых соединителей всех типов, являются: их повреждение при путевых работах, коррозия и некачественная приварка. Кроме того, недостаточно эффективно проводится входной контроль соединителей, поступающих на железные дороги [9].

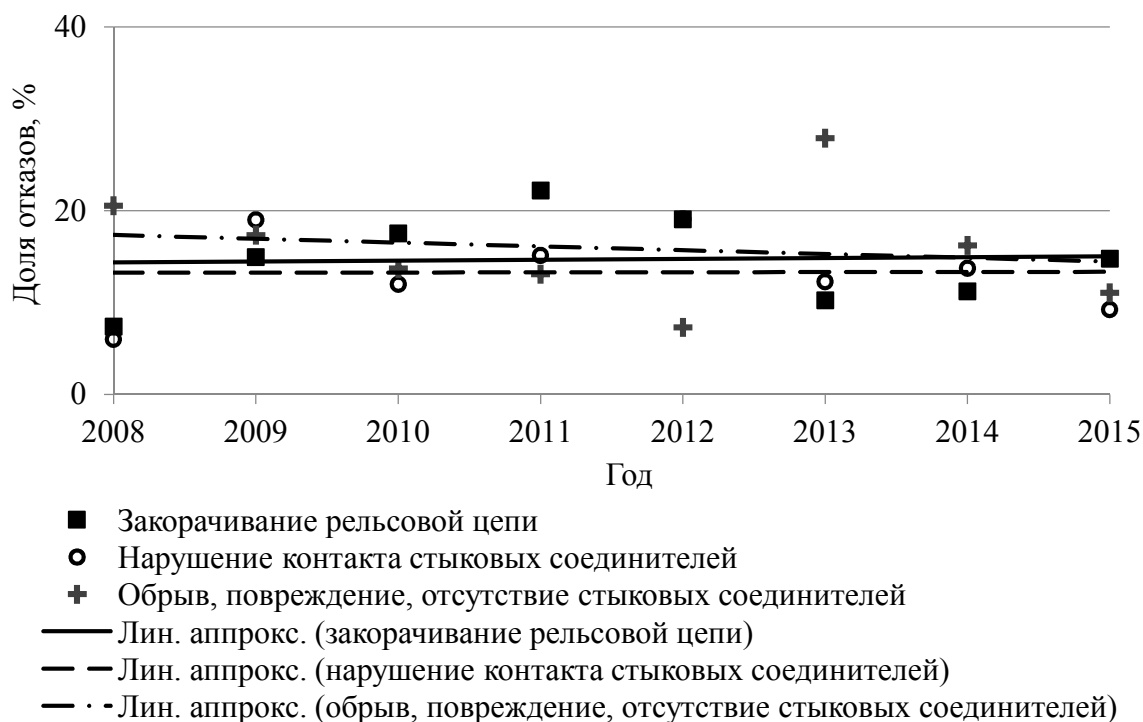


Рис. 9. Основные причины отказов токопроводящих стыков рельсовой цепи

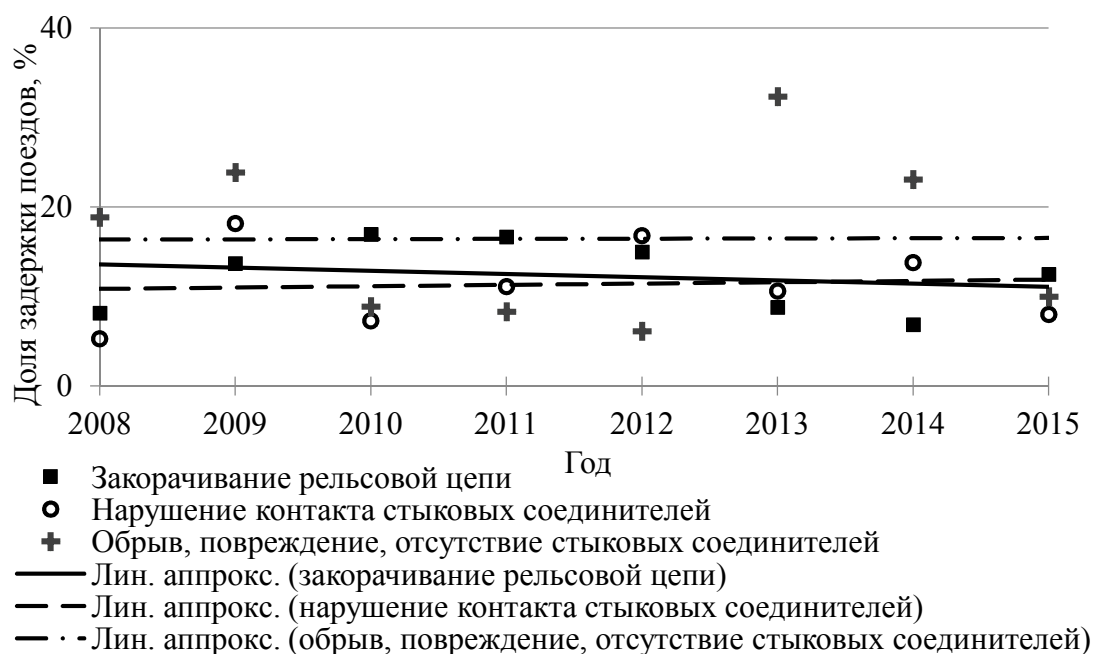


Рис. 10. Основные причины задержек поездов из-за отказов токопроводящих стыков рельсовой цепи

Основными причинами отказов изолирующих стыков являются: короткое замыкание, повреждение и понижение изоляции изолирующих стыков (см. рис. 11 и 12).

По рис. 11 видно, что доля отказов, связанных с коротким замыканием изолирующих стыков, с 2008 по 2015 г. снизилась на 13 %. Снизилась и доля задержек поездов по данной причине на 10 % за аналогичный период (см. рис. 12).

Противоположным образом ситуация складывается с отказами, причинами которых служат понижение изоляции изолирующих стыков и их повреждение. Наблюдается некоторый рост доли отказов, связанных с понижением изоляции изолирующих стыков (в пределах 2 %, см. рис. 11), и времени задержки поездов (1 %, см. рис. 12).

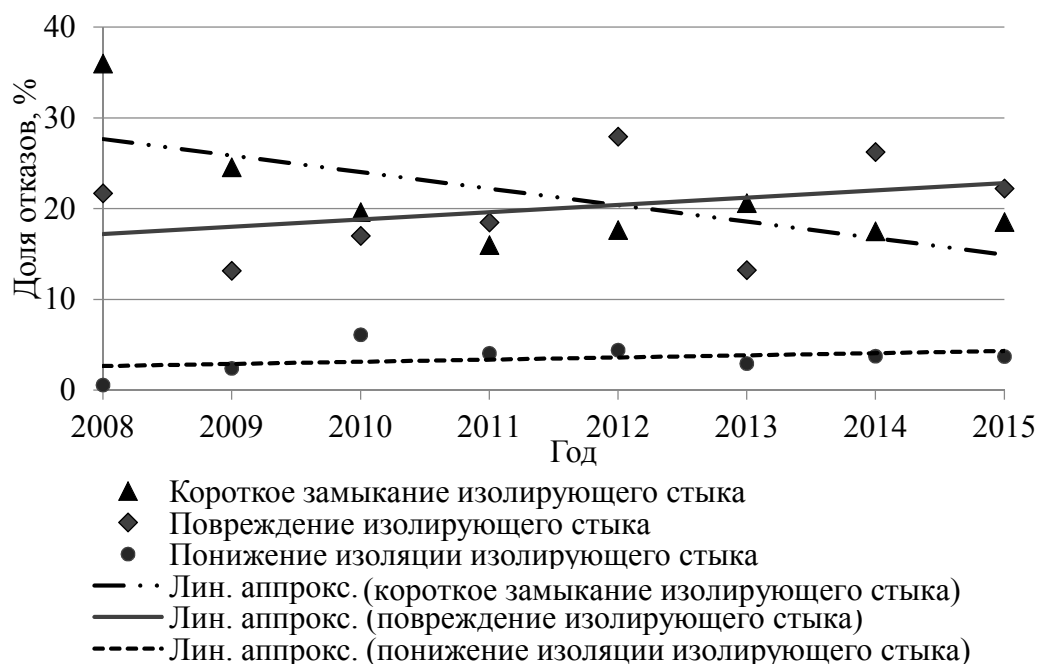


Рис. 11. Основные причины отказов изолирующих стыков рельсовой цепи

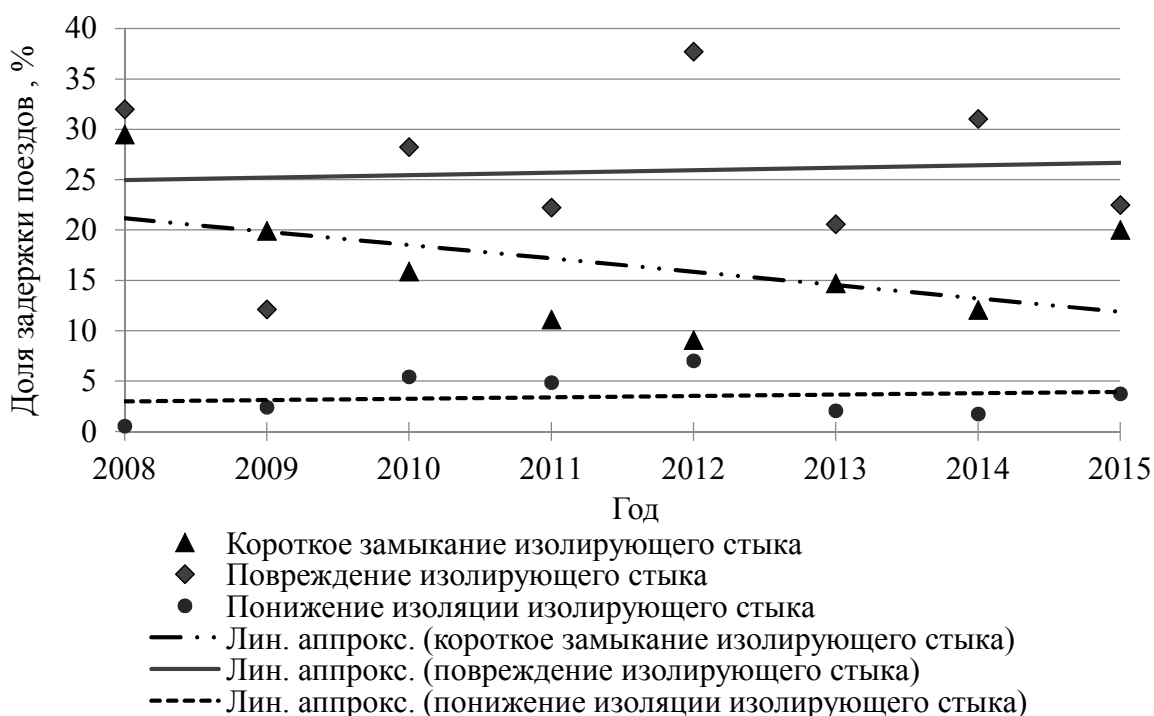


Рис. 12. Основные причины задержек поездов из-за отказов изолирующих стыков рельсовой цепи

Наибольшее увеличение доли отказов рельсовых цепей за период наблюдения возникает из-за повреждения изолирующих стыков – 5 % (см. рис. 11). Возрастает и доля задержек поездов по данной причине, которая увеличилась на 3 % (см. рис. 12).

Повреждения изолирующих стыков возникают главным образом из-за провисания шпалы под принимающим концом рельса вследствие недостаточной жесткости компо-

зитных накладок и образования ступеньки на поверхности катания головки рельса, выдавливания торцевой изоляции при возникновении в рельсовых плетях значительных температурных сил.

В связи с этим необходимо планово заменять эксплуатируемые изолирующие накладки типа АпАТЭК на металлополимерные. Данные накладки повышают статическую прочность, циклическую долговечность, а также жесткость

стыка по сравнению с композитными накладками в 2 раза и снижают намагниченность концов рельсов в 4–10 раз [10].

Для избегания выдавливания торцевых прокладок в изолирующих стыках уравнительных пролетов необходимо следить за температурным режимом рельсовых плетей, своевременно производить подтягивание шурупов и болтов промежуточных и стыковых рельсовых скреплений, при резком повышении температуры своевременно производить смену уравнительных рельсов, в том числе применяя современные технологии [11, 12].

Кроме того, необходимо уделять больше сил и средств на содержание рельсовой цепи в исправном состоянии, а также стремиться к осуществлению следующих мероприятий:

- проведение внеплановых работ по очистке и переборке изостыков;

- разработка и внедрение диагностических и контрольно-измерительных приборов для выявления предотказного состояния и обслуживания рельсовых цепей;

- соблюдение требований технологических карт обслуживающим персоналом;

- усиление контроля за состоянием и приваркой рельсовых соединителей;

- внедрение новых типов стыковых соединителей.

Практика показывает, что большинство отказов элементов рельсовой цепи может быть снижено за счет строгого выполнения норм и требований по ее содержанию и ремонту [9].

Осуществление данных мероприятий позволит снизить количество отказов в работе рельсовой цепи и время задержки поездов, повысить надежность системы СЦБ, обеспечить движение поездов с установленными интервалами.

Библиографический список

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года. Утв. решением совета директоров ОАО «РЖД» от 23.12.2013 № 19. URL: <http://doc.rzd.ru> (дата обращения: 10.12.2016).
2. Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 08.12.2015 № 2855р // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 10.12.2016).
3. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Утв. Постановлением Госстандарта СССР от 15.11.89 № 3375; Введ. 01.07.90 / Госстандарт СССР. М.: Изд-во стандартов, 1990. 37 с.
4. Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАС АНТ. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 11.07.2016 № 1375р. URL: <http://rly.su> (дата обращения: 10.12.2016).
5. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2010 год. URL: www.annrep.rzd.ru (дата обращения 10.09.2016).
6. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2011 год. URL: www.annrep.rzd.ru (дата обращения 10.09.2016).
7. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2012 год. URL: www.ar2012.rzd.ru. (дата обращения 10.09.2016).
8. Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и острodefектных рельсов: Инструкция. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499р. URL: <https://epk-rzd.ru> (дата обращения: 10.12.2016).
9. Наумов А. В., Наумов А. А. Усиление требований к тяговой рельсовой сети как важной составляющей инфраструктуры электрифицированных железных дорог в условиях повышенных объемов перевозок // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2012. № 4. С. 43–48.
10. Светозарова И. В. Изолирующие стыки с металлополимерными накладками // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2011. № 1. С. 40–43.
11. Метод смены температурно зажатых уравнительных рельсов бесстыкового пути / С. А. Косенко [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск: ИрГУПС, 2015. С. 187–190.
12. Совершенствование технологического обслуживания бесстыкового пути / С. А. Косенко [и др.] // Транспорт Урала. 2016. № 2 (49). С. 44–47.

S. A. Kosenko, S. S. Akimov

Failure Causes of Railway Track Elements at the West Siberian Railway Polygon

Abstract. One of the current problems of railway transport is the inadequate reliability of technical means, in particular railway track elements and, as a consequence, their failures. Violations of the operational condition of railway track elements increase the risk of traffic accidents, crashes, accidents, which causes harm to the life and

health of citizens, and the elimination of the consequences adversely affects the economic performance of OAO Russian Railways.

To ensure the guaranteed safety and reliability of the transportation process, it is necessary to manage failures. For this purpose, the article analyzes the failures of railway track elements on the West Siberian Railway. The dynamics of changes in the number of fixed failures in three categories in the period from 2008-2016 is presented. The structure of faults distribution in railway track elements is shown. The main part of them falls on rails (38 %), on rail joints 22 %, on rail track geometry 17 % and on switch translations 12 %. The overwhelming majority of rail faults are defects of the second and third group.

In spite of the fact that the vast majority of faults occur in rails, the longest train delays occur due to rail link failures. The main causes of insulating and current-conducting joint failures are revealed: damage and short circuit of insulating joints, breakage, damage, absence, failure of butt joint contact, shorting of the rail track circuit.

As a result of the analysis of railway track elements failures, a set of measures is proposed, the implementation of which will reduce the number of failures, the delay of trains from their occurrence and improve the safety of train traffic.

Key words: *failure; fault; reliability; defect; rail joint; rail track circuit; railway track.*

Косенко Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: kosenko.s.a@mail.ru

Акимов Сергей Сергеевич – аспирант кафедры «Путь и путевое хозяйство» СГУПС. E-mail: ak_s_s@mail.ru