

УДК 625.23 (656:212)

ОМАРОВ А.Д. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ИСАЕНКО Э.П. – д.т.н., профессор (Российская Федерация, г. Белгород, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

КАЙНАРБЕКОВ А.К. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ОМАРОВА Г.А. – к.э.н., PhD, профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

Аннотация

Основой эффективного использования ресурсов железнодорожного транспорта является повышение надежности технических средств железнодорожного пути. Для обеспечения безопасности движения поездов в рамках действующих нормативов необходимо обеспечить безопасное состояние технических средств, что требует знания функциональной безопасности и надежности работы данного персонала по выполнению технологических инструкций, выполнения требований к квалификации персонала. Это повышает требования к надежности элементов верхнего строения пути.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасность движения поездов, технические средства, надежность элементов, верхнее строение пути, рельсы, стрелочные переводы, подрельсовое основание, комплексный подход.

Введение.

Железнодорожный транспорт прочно удерживает позиции основного перевозчика грузов и пассажиров в единой транспортной системе Республики Казахстан. Основой эффективного использования ресурсов железнодорожного транспорта является повышение надежности технических средств железнодорожного пути. Для обеспечения безопасности движения поездов в рамках действующих нормативов необходимо обеспечить безопасное состояние технических средств, что требует знания функциональной безопасности и надежности работы данного персонала по выполнению технологических инструкций, выполнения требований к квалификации персонала. Это повышает требования к надежности элементов верхнего строения пути. Без надежной работы рельсовой колеи невозможно себе представить нормальное функционирование железных дорог.

Для прогнозирования и оценки прочности соединений металлоконструкций, имеющие дефекты типа трещин, необходимы экспериментально-теоретические методы расчета усталостной прочности, базирующиеся на критериях механики разрушения.

При этом следует отметить, что неоднозначное влияние остаточных сварных напряжений на усталостную прочность сварных соединений как на стадии зарождения усталостных трещин, так и на стадии их роста и распространения, существенно усложняют работу надежности элементов верхнего строения пути.

Несмотря на определенные успехи в этой области, проблема повышения надежности железнодорожного пути изучена недостаточно. Это обусловлено недостаточной теоретической разработкой проблемы оценки состояния железнодорожного пути, отсутствием полноты и достоверности первичной информации об уровнях надежности технических средств пути, недостаточной разработкой методики прогноза возможных переходов конструкции пути в опасные состояния и их предупреждения. Необходим

комплексный анализ надежности элементов верхнего строения пути.

В связи с этим данная работа, направленная на анализ, прогнозирование и обоснование технического состояния элементов верхнего строения железнодорожного пути по обеспечению их эксплуатационной надежности и повышения долговечности, является актуальной.

Исследования проводились с использованием системного анализа, фундаментальных положений теории надежности, методов математического и физического моделирования, вычислительного планирования экспериментов.

Состояние проблемы по прогнозированию и обоснованию технического состояния элементов верхнего строения пути.

В настоящее время железнодорожный транспорт составляет основу транспортной системы Республики Казахстан и служит цели своевременного и качественного обеспечения потребностей населения в перевозках и услугах, жизнедеятельности всех отраслей экономики и безопасности государства [1].

Эффективность работы магистральных железных дорог, промышленного железнодорожного транспорта, метрополитенов, наряду с показателями провозной способности определяется степенью обеспечения безопасности движения, в частности недопущением возникновения аварийных ситуаций в перевозочном процессе и снижением последствий возможных аварий.

Подвижной состав, в том числе специализированный, элементы верхнего строения пути, другие технические средства должны соответствовать требованиям безопасности [2]. С целью повышения показателей безопасности верхнего строения пути большое внимание уделяется улучшению качественных характеристик способов и средств контроля его технического состояния, в том числе параметров рельсовой линий. Прогнозирование изменения их технического состояния в процессе эксплуатации является необходимым условием рационального планирования работ по замене и ремонту элементов.

Техническое обслуживание, включающее в себя комплекс работ по поддержанию изделий в работоспособном состоянии, является составной частью технической эксплуатации [3]. Периодичность и состав работ по ремонту и техническому обслуживанию, которые проводятся по одной из принятых стратегий, определяются видами изделий, длительностью их эксплуатации и интенсивностью процессов старения.

Для большинства сложных технических систем принята стратегия планово-предупредительных ремонтов, предусматривающая достаточно жесткое планирование сроков, объемов и номенклатуры восстанавливающих воздействий. Подобная стратегия эффективна для типовых изделий, работающих в одинаковых условиях, при относительно небольших сроках эксплуатации. С увеличением отличий изделий в конструктивном и технологическом исполнении, в условиях эксплуатации, а также ее длительности возрастают диапазоны возможных скоростей процессов старения элементов. При этом планируемые сроки и объемы восстанавливающих воздействий становятся неадекватными фактическому состоянию изделий.

Целесообразно применение стратегии технического обслуживания по фактическому состоянию, тенденция к переходу на которую наметилась и для более типовых изделий.

Сложные технические системы, с позиций общей теории систем, могут рассматриваться как элементы более сложных систем, функционирование которых предъявляет к данным элементам ряд требований, в том числе по уровню технического состояния, величина которого регулируется системой технического обслуживания и ремонта.

Элементы верхнего строения представляют собой конструктивный комплекс строительной [4], механической и электрической частей [5; 6], с амортизационным сроком службы до 50 лет, что позволяет рассматривать их как сложные технические системы долговременного пользования.

Большинство элементов представляют собой рельсовые и сигнальные цепи, кабельные линии, путевые реле, источники питания и.т.д., различающиеся между собой основными характеристиками, конструктивными решениями, качеством технологического исполнения и условиями эксплуатации. Указанные обстоятельства предопределяют различие скоростей процессов старения и рассеивание моментов отказов однотипных элементов в широком временном интервале. В этих условиях представляется очевидным преимущество гибкой системы восстанавливающих воздействий адекватным фактическим потребностям с учетом технологических и организационных возможностей.

Реализация стратегии технического обслуживания элементов по фактическому состоянию возможна при наличии систем контроля технического состояния, обеспечивающих необходимые достоверность, точность и быстродействие поступления информации. Отсутствие ее или задержка с выполнением восстанавливающих воздействий приводит к отказам элементов, зависящим от служб путевого хозяйства (П) и служб сигнализации и связи (Ш) примерами которых могут служить: растяжка изолирующих стыков; сход изолирующих стыков; отсутствие подрезки балласта; загрязнение башмаков стрелки; пробой изоляции сквозных полос на стрелке; излом рельса; накат рамного рельса; пробой железобетонных шпал; обрыв рельсового соединителя; обрыв кабельных жил; повреждение постовых устройств; перегорание предохранителей; обрыв дроссельных перемычек; повреждение аккумуляторных батарей; нарушение изоляции стрелочных гарнитур.

Из анализа видно, что из общего числа большая доля отказов элементов верхнего строения пути падает на службу путевого хозяйства и на службу сигнализации и связи [7].

Специалист по надежности должен исходить из того, что любая система откажет, и, следовательно, должен сконцентрировать свои усилия на уровне. Такой подход является более реалистичным и логичным, чем призывы «полное отсутствие загрязнений», «без риска», «безаварийный» и т.д.» [8]. Реализация такого подхода возможна при наличии количественных показателей надежности изделий [9]. Однако, по мнению А.С. Проникова [10]: «в настоящее время нет методики и даже общей схемы расчета машины на надежность и долговечность; имеются лишь отдельные виды расчетов, представляющие, по существу, разрозненные этапы комплексного расчета». Это объясняется не только их сложностью, но и отсутствием принципиальной схемы определения надежности и долговечности.

В большинстве работ [11], в которых рассматриваются вопросы надежности различных систем, в качестве основного инструмента для определения технического состояния используются статистические методы, дающие достоверные результаты при достаточных объемах статистического материала [12]. При эксплуатации элементов верхнего строения пути, в силу указанных их отличий, получение такой информации проблематично, что ограничивает возможность применения статистических методов в рассматриваемой области.

Из трудов А.Д. Омарова и Р.С. Закирова [13] следует, что реальные системы контроля технического состояния должны разрабатываться с учетом динамики процессов старения. Исследования процессов изнашивания, выполненные В.М. Филипповым [14], В.Л. Порошиным [15] и другими авторами, позволили установить качественные и количественные зависимости скорости этого процесса от многих факторов. Значительный вклад в развитие теоретических и экспериментальных методов исследований взаимодействия пути и сигнализаций связи внесли следующие ученые: В.Г. Альбрехт, М.Ф. Вериго, А.Я. Коган, Г.М. Шахунянц, Н.И. Карпущенко, В.Я. Шульга и др. Многочисленные исследования выполненные отечественными учеными С.М. Биттибаевым, А.Д. Омаровым, Э.П. Исаенко, А.К. Уразбековым. Использование чисто физических моделей для оценки основных показателей технического состояния элементов неприемлемо из-за большого числа влияющих факторов и трудности учета каждого из них при длительном сроке эксплуатации. Большая погрешность подобных моделей, особенно

при процессах усталостного и коррозионно-усталостного разрушений, не позволяет использовать их для предупреждения отказов элементов систем долговременного пользования. Непосредственную оценку технического состояния изделий в процессе их эксплуатации позволяют дать диагностические системы, исследования которых посвящены работы М.Ф. Вериго, В.Ф. Воскобоева, В.М. Филиппова, И.Е. Дмитренко и других авторов. Однако в большинстве из них рассматриваются вопросы диагностики электрических и электронных систем с использованием относительно больших объемов непрерывно поступающей информации. Такой подход, как правило, является экономически нецелесообразным для элементов верхнего строения пути, ввиду ограниченной ремонтопригодности и невысоких скоростей процессов старения.

Анализ исследований по отказам элементов верхнего строения пути.

Основные элементы железнодорожного пути сделаны из металла (рельсы, стрелочные переводы, подрельсовое основание со скреплениями), которые являются хорошими проводниками тока, работают как электролит, обладающим определенной проводимостью. С ростом температуры и влажности балласта интенсивность электрохимических процессов возрастает, что приводит к снижению сопротивления изоляции. На активизацию процесса большое влияние оказывает наличие в грунте и балластной призме солей, которые даже в малых количествах приводят к снижению сопротивления изоляции.

Эксплуатационная деятельность и состояние безопасности движения поездов за последний пять лет по факторам отказов распределились следующим образом:

- по человеческому фактору; по техническому фактору;
- по эксплуатации; за нарушения технологии ремонта пути.

Основной причиной допущенных нарушений безопасности является допуск работниками сигнализации связи и путевого хозяйства отклонений от нормативов, устанавливающих соотношение допускаемых скоростей движения и состояния пути, нарушение технологии производства путевых работ и правил ограждения места производства работ, некачественного выполнения руководящих приказов, направленных на своевременное выявление и качественное устранение неисправностей.

При проведении весенних и осенних комиссионных осмотров пути первостепенное внимание уделяется качеству измерения стыковых зазоров, наличию достаточного количества противоугонов для предотвращения в холодное время года разрывов стыков.

При эксплуатации иногда наблюдается замыкание электрических рельсовых цепей (РЦ) из-за пробоя изоляции стыковых болтов. Отказы возникают из-за отсутствия фасок в болтовых отверстиях рельсов и смещения накладок относительно друг друга в продольном направлении при сборке стыка. Появляется перекос болтов, острые кромки болтовых отверстий рельсов соприкасаются с изоляцией болтов, которая при движении поезда постепенно разрушается.

Наличие надрезов или надрывов полимерного материала, в том числе и стеклопластика, является источником быстрого возникновения и развития трещин и усталостного разрушения конструкций.

Выход рельсов из строя по дефектам и изломам зависит от времени года: минимальным он бывает летом, наибольший выход рельсов по дефектам приходится на март и на апрель. Он совпадает со временем резкого перепада температур, а также периодом оттаивания балластной призмы и, в частности, обусловлен весенним расстройством пути, зимой достигает максимума, что связано с повышением хрупкости металла рельсов при понижении температуры.

Причины возникновения изломов и дефектов в рельсах, лежащих в пути, можно разделить на две группы: эксплуатационные (неудовлетворительное состояние пути и подвижного состава и т.п.) и заводские (дефекты при изготовлении рельсов). Неудовлетворительное состояние пути и подвижного состава способствует ускорению отказа рельсов по заводским причинам.

В процессе эксплуатации в наибольшей степени выход рельсов по изломам и другим дефектам связан с недостатками технологии изготовления и сварки рельсов, текущего содержания пути, некачественного содержания бесстыкового пути, недостаточной контактно-усталостной прочностью металла (на участках с перепропущенным тоннажем).

Наибольшее число дефектов приходится к дефектам, зависящим от металлургического качества рельсовой стали и неметаллических включений в стали.

Необходимо отметить, что немаловажную роль в снижении выходов остродефектных рельсов сыграла комплексная проверка рельсового хозяйства дефектоскопными автомоторисами, которые выявляются на ранней стадии их развития, а также определяются как дефектные и находятся под наблюдением до плановой замены.

В основном выход рельс идет по дефектам, зависящим от металлургического качества рельсовой стали, связанные с недостаточной контактно-усталостной прочностью рельсового металла и неметаллических включений в стали. В процентном соотношении число этих дефектов составляет 38,5% от общего числа выявленных остродефектных рельсов.

Опыт показывает, что надежность действия рельсовой цепи во многом зависит также от слаженности в работе специалистов хозяйств пути, сигнализации и связи, так как в ряде случаев между ними отсутствует необходимая производственная взаимосвязь.

Несмотря на целый ряд организационных и технических мероприятий по повышению надежности работы устройств автоматики и телемеханики, к которым относят плановые и профилактические ремонты, организацию новых методов обслуживания, обучение обслуживающего персонала правилам и методам устранения отказов, время поиска локализации неисправностей, которое все чаще является неоправданно большим.

Это объясняется многими объективными и субъективными факторами. Объективные факторы обусловлены работой устройств в сложных климатических условиях, территориальной рассредоточенностью их вдоль железнодорожного полотна, подверженностью механическим воздействиям (тряске, вибрации движущихся поездов), износом и старением элементов и т.д. К субъективным факторам можно отнести некачественность ремонта и обслуживания устройств, ошибки обслуживающего персонала при устранении неисправностей, отсутствие должных программ и таблиц поиска неисправностей, а также конкретных инструкций и рекомендаций при проведении ремонта и профилактики. Наиболее характерными причинами отказов рельсовой цепи являются: обрыв стыковых соединителей, перемычек, тяговых и блокировочных соединительных проводов, нарушение изоляции изолирующего стыка, стрелочной гарнитуры, понижение сопротивления балласта, влияние посторонних источников тока, излом рельса и т.д.

Особенно опасна ситуация, когда рельсовая цепь показывает ложную свободность путевого участка. Наиболее вероятны случаи ложной свободности в результате следующих причин: появление обходных цепей для сигнального тока через опоры контактной сети, металлические конструкции, междупутные соединения и т.д.; потеря шунта вследствие загрязнения поверхности головок рельсов; следование подвижных единиц с плохим шунтом; подпитка или переворачивание путевых реле обслуживающим персоналом; неисправности перемычек или соединителей.

Неисправности соединителей происходят из-за коррозии, некачественной приварки, из-за повреждений при путевых работах. Отказы стыковых соединителей приварного типа происходят в основном из-за обрыва соединителя в месте его приварки к рельсу, вследствие нарушения технологии приварки или ненадежного контакта между тросом и наконечником. Основным недостатком штепсельных соединителей является нестабильное сопротивление в контактной паре штепсель-рельс. Это сопротивление зависит от состояния контактирующих поверхностей и плотности контакта.

Опыт эксплуатации железнодорожного пути показывает, что основное число отказов

рельсовых цепей падает на изолирующие стыки в стрелочном переводе. Основными причинами отказов изолирующих стыков являются повреждения деталей изоляции. Нарушение изоляции в изолирующем стыке происходит как из-за дефектности торцовой изоляции при угоне пути; смятия боковой фибры; продавливания втулок и шайб. Факторами, способствующими нарушению изоляции изолирующего стыка, являются угон рельсов, некачественная подбивка шпал, замыкание стыка металлической стружкой.

Понижение изоляции рельсовой цепи происходит из-за повышенного загрязнения и увлажнения балластной призмы, гниения деревянных шпал, так как сопротивление изоляции зависит от вида и состояния балласта, типа и качества шпал, перевозимых на участке грузов, интенсивности движения поездов на участке.

Одним из условий надежной работы рельсовых цепей является соблюдение требований защиты от посторонних источников питания. Главным источником как мешающих, так и опасных влияний является тяговый ток на электрифицированных участках дорог. В отдельных случаях источником влияния могут являться продольные линии электропередачи, осветительные сети и цепи поездного освещения там, где сохранился подвижной состав с неизолированными источниками питания.

Влияние контактной сети постоянного тока на рельсовые цепи может проявляться как в нормальном режиме ее работы, так и в режиме короткого замыкания.

Основной причиной влияния постоянного тягового тока на рельсовые цепи является наличие в нем гармонических составляющих, частота и амплитуда которых зависят от схемы выпрямления и состояния фильтров на тяговой подстанции. Основные гармоники шестифазной схемы выпрямления 300, 600, 900, 1200 Гц, как правило, не оказывают мешающего действия на работу рельсовых цепей. Наиболее опасное влияние на рельсовые цепи частотой 50 Гц может оказать гармоника постоянного тока той же частоты, которая появляется в контактной сети при некоторых повреждениях в схеме выпрямления на тяговой подстанции, например, при неполнофазном выпрямлении.

Влияние тягового тока особенно опасно на станциях, оборудованных фазочувствительными рельсовыми цепями. Анализ работы таких рельсовых цепей показал, что при последовательном повреждении дроссельной перемычки и изолирующего стыка, ставится под угрозу безопасность движения поездов. А именно при повышении сопротивления дроссельной перемычки и коротком замыкании изолирующего стыка происходит переворот фаз путевого реле.

В настоящее время отсутствуют измерительные средства, с помощью которых в условиях эксплуатации можно определить увеличение сопротивления дроссельной перемычки.

Изолирующие стыки кроме механического соединения рельсов в непрерывную нить, должны в то же время разрывать ее как электрическую цепь. Таким образом, изолирующие стыки являются одним из наиболее напряженно работающих элементов верхнего строения пути. По своим прочностным характеристикам он должен приближаться к целому рельсу и вместе с тем обеспечивать надежную электрическую изоляцию стыкуемых концов рельсов.

Быстрое нарушение изоляции стыка, а в результате этого отказ в работе рельсовой цепи нарушает работу устройств железнодорожной автоматики и телемеханики и ставит под угрозу безопасность движения поездов. Анализ показывает, что за последние годы доля нарушений в работе рельсовых цепей, вызванных отказами изолирующих стыков, практически удвоилась. И связано это, прежде всего, с несовершенством конструкций изолирующих стыков, низким качеством обслуживания, ростом протяженности линий оборудованных устройствами сигнализации, централизации и блокировки.

Основным источником информации была и будет диагностика верхнего и нижнего строения железнодорожного пути. К элементам верхнего строения пути относятся, устройства автоматики и телемеханики, в том числе узлы систем сигнализации, централизации, блокировки (СЦБ). Нормальная эксплуатация СЦБ может быть нарушена

по двум основным причинам: во-первых, обусловлены работой устройств в сложных климатических условиях, территориальной рассредоточенностью их вдоль железнодорожного полотна, подверженностью механическим воздействиям, износом и старением элементов, во-вторых, можно отнести некачественность ремонта и обслуживания устройств, ошибки обслуживающего персонала при устранении и неисправностей, отсутствие должных программ и таблиц поиска неисправностей, а также конкретных инструкций рекомендаций при проведении ремонта и профилактики. Уменьшение числа отказов, в первом случае достигается проведением организационных мероприятий или модернизацией устройств, например, установкой дополнительных устройств.

Во втором случае условие безотказности может быть представлено в виде

$$G_{i\phi} > G_{inp}, \quad (1)$$

где $G_{i\phi}$ – фактическое состояние элементов в любой момент времени функционирования устройств;

G_{inp} – предельное состояние элементов.

Техническое состояние $G_{i\phi}$ есть функция энтропийных процессов, объективно протекающих под влиянием различного рода энергетических воздействий, а также негэнтропийных процессов, обусловленных восстанавливающими воздействиями.

Комплексный подход для оценки возможных состояний элементов с учетом взаимодействия между собой и воздействия на них внешней среды, в широком трактовании этого понятия, предложен А.Д.Омаровым [3]. Отмечается, что «каждое функционирующее устройства испытывает влияние внешних возмущающих воздействий. Устройство нельзя изолировать от влияния среды, в которой оно работает, от влияния процессов, которые протекают в нем самом при осуществлении рабочих функций, действия остаточных явлений, являющихся следствием технологических процессов, применяющихся при изготовлении элементов». Для оценки возможного момента реализации отказа элемента ($G_{i\phi} = G_{inp}$) вследствие протекания в нем указанных процессов старения, рассмотрим обобщенную схему расходования ресурса (рисунок 1).

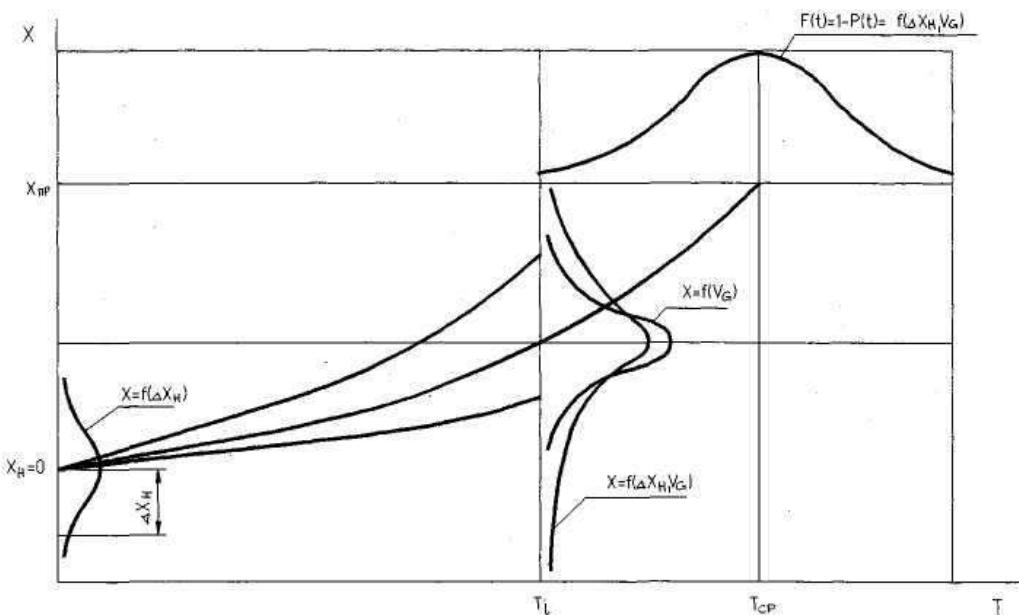


Рисунок 1 – Обобщенная схема накопления повреждений элементами устройств

В качестве изменяющегося параметра принятая условная мера накапливания повреждений X , которая может, например, при коррозионном разрушении элементов, а при изнашивании – увеличением срока эксплуатации. Отказ элемента наступает при достижении параметром X предельного состояния X_{np} .

В начальный момент, из-за отличия фактического значения G_h от проектного, может иметь место $X_h = 0$.

Эти отличия формируют распределение $f(\Delta X_h)$. Скорость процесса старения U_G в интервале времени от $T_i = 0$ до T_{np} (время достижения параметром X значения X_{np}) есть случайная (в общем случае переменная) величина, зависящая от свойств элементов и внешних воздействий на него. По этой причине отдельные элементы имеют различную скорость накапливания повреждений, что приводит к формированию распределения $f(U_G)$, которое, с учетом $f(\Delta X_h)$, приводит к распределению $f(\Delta X_h, U_G)$. Как следует из рисунка 1, в момент времени T_i уже имеется некоторая вероятность отказа элементов $F(t) = 1 - P(t)$, которая иллюстрируется возможностью пересечения кривой распределения $f(\Delta X_h, U_G)$ линии $X = X_{np}$. При этом вероятность отказа представлена кривой

$$F(t) = 1 - P(t) = f(\Delta X_h, U_G). \quad (2)$$

Основным отличием сложных технических систем долговременного пользования от массовых изделий является большой срок эксплуатации. Например, амортизационный срок службы СЦБ достигает 50 лет, срок службы его механического оборудования составляет от 25 до 40 лет, электромеханического реле – до 30 лет, отдельных изделий технологического оборудования – свыше 20 лет.

К другим отличиям сложных технических систем долговременного пользования от массовых изделий следует отнести:

- индивидуальный или мелкосерийный характер изготовления элементов;
- сложность отработки конструкций из-за небольшого числа эксплуатируемых аналогичных изделий и ограниченной возможности проведения полномасштабных испытаний;
- влияние на ресурс различных, неучтенных при проектировании воздействий, число которых возрастает со временем эксплуатации;
- возможное изменение условий эксплуатации;
- большое число восстанавливающих воздействий, выполняемых по различным технологиям;
- большие габариты и стоимость изделий и их элементов;
- возможность эксплуатации аналогичных изделий в различных условиях.

Указанные обстоятельства оказывают значительное влияние на развитие процессов старения, в связи, с чем схема накапливания повреждений, представленная на рисунке 1, недостаточно точно отражает этот процесс для элементов сложных систем долговременного пользования. По сравнению с массовыми изделиями имеет место увеличение значений ΔX_h , что обуславливается более низким уровнем технологической подготовки при мелкосерийном и индивидуальном производстве.

Из-за длительного срока эксплуатации в некоторые моменты времени T_{uy} возможно изменение ее условий, приводящее к снижению или росту скорости U_G накапливания повреждений, а также протекание в интервалах времени $T_\delta \div \Delta T_\delta$ быстрых процессов старения, вызывающих резкий рост параметра X . Установленное значение X_{np} различно для подобных элементов, что формирует распределение $X_{np} = f(\Delta X_{np})$. С учетом этого, вероятность отказа выражается следующим образом:

$$F(t) = f(\Delta X_h, U_G, \Delta X_{np}). \quad (3)$$

На рисунке 2 представлена схема накапливания повреждений для элементов систем

долговременного пользования.

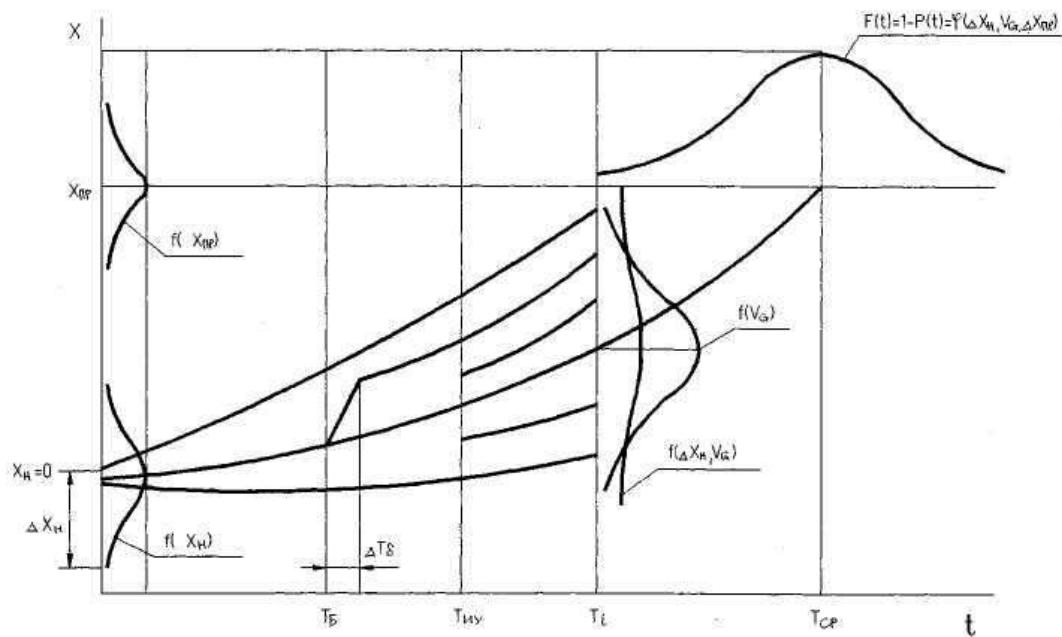


Рисунок 2 – Обобщенная схема накопления повреждений элементами системы долговременного пользования

Схема связей основных элементов СЦБ, представленная на рисунке 3, позволяет определить возможные воздействия внешней среды и взаимные воздействия отдельных элементов, которые, трансформируясь во времени через качество проекта, изготовления и эксплуатации, вызывают в элементах процессы, снижающие их начальное состояние G_h до G_{iph} .

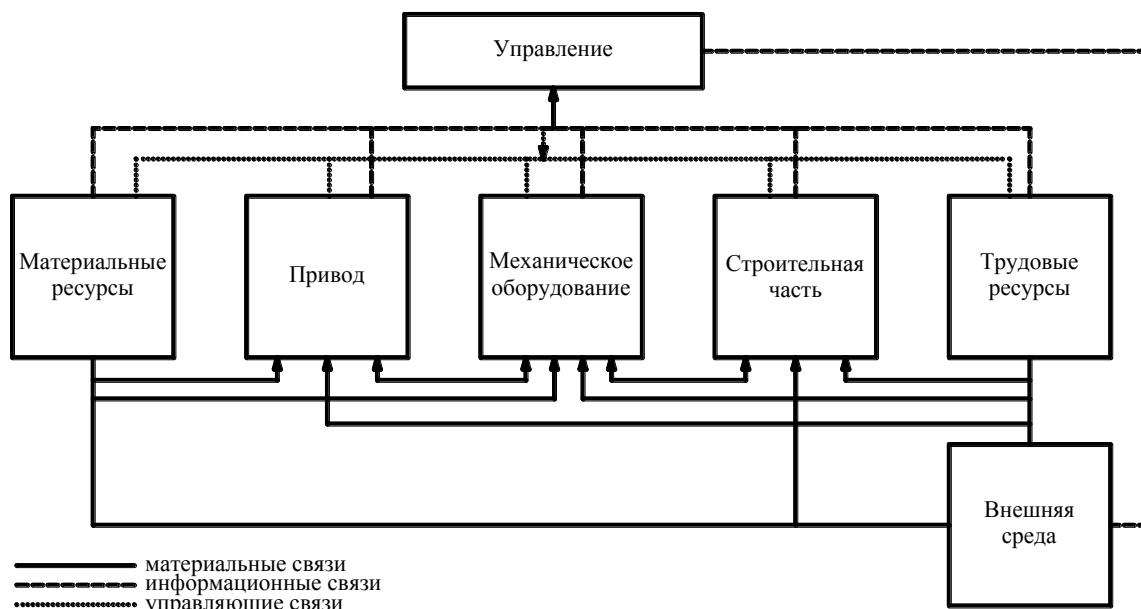


Рисунок 3 – Типовая схема связей основных элементов сигнализации централизации блокировки

К числу таких процессов для элементов рельсовых цепей относятся: ударные нагрузки на РЦ, действующие от подвижного состава, вследствие чего многоократно изменяются механические наложения и накапливаются дефекты элементов; эксплуатационный фактор, в сильной степени влияющий на параметр элементов РЦ, включающий количество и качество перевозки химикатов по региону; внешние климатические факторы; непрерывно действующие многообразные процессы в элементах и изменения их основных параметров.

Наиболее вероятные последствия влияния различных энергетических последствий на изменение состояния многих элементов РЦ представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние различных видов энергии на изменение технического состояния элементов

Вид энергии	Процесс старения	Возможное изменение состояния элементов
Электрическая	Изнашивание	Повреждение контактных поверхностей. Изменение уровня нагрузок.
	Деформация	Изменение несущей способности. Ухудшение эстетического состояния. Увеличение амплитуды динамических нагрузок.
Механическая	Усталостное разрушение	Разрушение элементов при малых взаимных перемещениях. Образование и развитие усталостных трещин.
	Разрушение защитных покрытий	Увеличение скорости старения.
	Разрушение уплотнений	Нарушение герметичности. Увеличение вибрации элементов.
Химическая	Коррозионное разрушение	Снижение несущей способности, нарушение герметичности, образование предпосылок для коррозионно-усталостного разрушения.
Тепловая	Изменение температурного режима	Изменение скорости коррозионного разрушения и старения материала, изменение материала конструктивных и неконструктивных элементов.
	Образование температурного градиента	Образование тепловых деформаций и напряжений.

Во многих случаях скорость процессов старения зависит от нескольких видов энергии и, в свою очередь, один вид энергии вызывает изменение скорости нескольких процессов.

Используем приведенный выше методический подход для оценки возможного интервала времени коррозионного изнашивания металлоконструкций элементов. По условиям протекания процесса они эксплуатируются в широком диапазоне следующих влияющих факторов:

- отклонение строительной толщины металла от проектной;
- химический состав балласта;
- качество противокоррозионных покрытий.

Рассмотрим возможное влияние каждого из них на время достижения параметром X предельного значения X_{np}

Как правило, отклонение строительной толщины от проектной не превышает 20%, что при толщинах 10 мм составляет $\pm 0,5$ мм. С учетом средней скорости коррозии $V_k=0,10$ мм/год (для незащищенных поверхностей) влияние этого фактора на T_{np} может оцениваться максимально величиной ± 5 лет.

Приведенные примеры хорошо согласуются со схемой накапливания повреждений элементами систем долговременного пользования, объясняющей причины возможности их отказа в широком временном диапазоне.

Наряду с воздействиями, вызывающими старение изделий, они испытывают восстановливающие воздействия, целью которых является поддержание необходимого уровня технического состояния. Последнее формулируется, как «состояние в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией».

Восстановливающие воздействия выполняются системой технического обслуживания и ремонта, представляющей собой совокупность технических средств, материалов, документов и исполнителей, необходимых и достаточных для поддержания и восстановления заданных технико-эксплуатационных характеристик объектов, входящих в эту систему. Таким образом, имеет место система регулирования объекта по параметру технического состояния системой технического обслуживания и ремонта, которая выполняет функции регулятора.

Выводы.

Стратегия выполнения восстановливающих воздействий по фактическому состоянию наиболее близка к оптимальной для ответственных элементов СЦБ, однако ее функционирование возможно при наличии информации об их состоянии, достаточной для принятия решений о выполнении адекватных воздействий. Получение такой информации связано с материальными затратами. Поэтому для СЦБ представляется целесообразным сочетание стратегий по фактическому состоянию для ответственных и дорогостоящих элементов и планово-предупредительного ремонта для типовых элементов. Из результатов выполненного анализа причин отказов элементов СЦБ следует:

- ограниченные возможности отработки конструкции и технологии изготовления, а также различные условия эксплуатации аналогичных изделий обуславливают широкий диапазон скоростей процессов старения элементов СЦБ;
- стратегия планово-предупредительных ремонтов не обеспечивает предупреждение отказов элементов СЦБ, число которых может возрасти в связи с общим старением устройств;
- поддержание необходимого уровня технического состояния СЦБ целесообразно производить сочетанием стратегий планово-предупредительных ремонтов для типовых элементов и по фактическому состоянию для ответственных дорогостоящих элементов, что может быть реализовано при достаточном информационном обеспечении.

Литература

1. Назарбаев Н.А. Казахстан – 2030. Процветание, безопасность и улучшение благосостояния казахстанцев. – Алматы: Рауан, 1997. – 61 с.
2. Балух Х. Диагностика верхнего строения пути / пер. с пол. И.В. Шварца; под ред. М.Ф. Вериго. – М.: Транспорт, 1981. – 415 с.
3. Першин С.П. Температурные воздействия на рельсовой путь и их влияние на его устройство и условия эксплуатации. // Научные труды: сб. / МИИТ; вып. 318. – М., 1969. – С. 3-129.
4. Шнейдер Ю.Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. – Л.: Машиностроение, 1972. – 240 с.
5. Шур Е.А. Повреждение рельсов. – М.: Транспорт, 1971. – 11 с.
6. Крысаков Г.Г., Клокова О.С. Напряжения в рельсах в зоне стыка // Вестн. ВНИИЖТа. – 1986. – № 1. – С. 49-52.

7. Султангазинов С.К., Рустамбеков Е.К., Наурызова К.Ш. Анализ отказов устройств АТ и причины возникновения // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Транспорт Евразии: Взгляд в XXI век», (Алматы, 16-17 октября 2002 г.). – 2002. – С. 71-72.
8. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
9. ГОСТ 27.301 – 1983. Прогнозирование надежности при проектировании. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 15 с.
10. Проников А.С. Прогнозирование и расчет надежности машин // Методы количественной оценки и обеспечения надежности: сб. – Днепропетровск: Изд-во стандартов, 1972. – С. 27–50.
11. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
12. Федоров В.В., Байло В.Г., Рачков А.С., Росин С.А. К методике определения остаточного ресурса работоспособности рельсов // Контроль рельсов: сб. тр. ВНИИЖТ. – 1986. – С. 67-79.
13. Омаров А.Д., Закиров Р.С. Основы технической диагностики устройств и сооружений путевого хозяйства. – Алматы: Бастау, 2000. – 178 с.
14. Филиппов В.М., Архангельский С.В., Гунин В.А. Об одной реализации автоматизированной диагностической системы назначения ремонтов пути // Тезисы межвуз. науч.-техн. конф. НИИЖТ. – 1982. – С. 96-101.
15. Порошин В.Л. Изменение свойств в процессе эксплуатации и ремонт железнодорожных рельсов: автореф. ... д-ра техн. наук. – М.: ВНИИЖТ, 1986. – 48 с.

References

1. Nazarbayev N.A. Kazakhstan-2030. Prosperity, security and improving the well-being of Kazakhstanis. – Almaty: Rauan, 1997. – 61 p.
2. Balukh Kh. Diagnostics of the upper structure of the track / per. s pol. I.V. Shvartsa; ed. by M. F. Verigo. – M.: Transport, 1981 – 415 p.
3. Pershin S.P. Temperature effects on the rail track and their influence on its structure and operating conditions. // Scientific works: sb. / MIIT; issue 318. – M., 1969. – pp. 3-129.
4. Schneider Yu.G. Formation of regular microreliefs on details and their operational properties. – L.: Mashinostroenie, 1972. – 240 p.
5. Shur E.A. Damage to rails. – M.: Transport, 1971. – 11 p.
6. Krysakov G.G., Klokoval O.S. Stresses in rails in the joint zone // Vestn. VNIIZHTA. – 1986. – №1. – pp. 49-52.
7. Sultangazinov S.K., Rustambekov E.K., Nauryzova K.Sh. Analysis of failures of AT devices and causes of occurrence // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Transport of Eurasia: A look into the XXI century", (Almaty, October 16-17, 2002). – 2002. – pp. 71-72.
8. Bolotin V.V. Forecasting the resource of machines and structures. – Moscow: Mashinostroenie, 1984 – 312 p.
9. GOST 27.301-1983. Predicting reliability in design. – Moscow: Izd-vo standartov, 1983. – 15 p.
10. Pronikov A.S. Forecasting and calculation of machine reliability // Methods of quantitative assessment and ensuring reliability: sb. – Dnepropetrovsk: Publishing House of Standards, 1972. – pp. 27-50.
11. Parkhomenko P.P., Soghomonyan E.S. Fundamentals of technical diagnostics. – M.: Energoizdat, 1981. – 320 p.
12. Fedorov V.V., Bailo V.G., Rachkov A.S., Rosin S.A. K metodike opredeleniya ostanovnogo resursa operability of rails // Kontrol' rel'ov: sb. tr. VNIIZHT. – 1986. – pp. 67-79.
13. Omarov A.D., Zakirov R.S. Fundamentals of technical diagnostics of devices and structures of track facilities. – Almaty: Bastau, 2000. – 178 p.

14. Filippov V.M., Arkhangelsky S.V., Gunin V.A. On one implementation of an automated diagnostic system for assigning track repairs // Theses of the interuniversity. sci. - tech. conf. NIIZhT. – 1982. – pp. 96-101.
15. Poroshin V.L. Change of properties in the process of operation and repair of railway rails: autoref. ... Doctor of technical Sciences. – Moscow: VNIIZhT, 1986. – 48 p.

ОМАРОВ А.Д. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ИСАЕНКО Э.П. – т.ғ.д., профессор (Ресей Федерациясы, Белгород қ., В.Г. Шухов ат. Белгород мемлекеттік технологиялық университеті)

ҚАЙНАРБЕКОВ А.К. – т. ғ. д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ОМАРОВА Г.А. – ә.ғ.к., PhD, профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЖОЛДЫҢ ЖОГАРҒЫ ҚҰРЫЛЫСЫ ӘЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІ МЕН ҚӨТЕРГІШ ҚАБІЛЕТІНІҢ ПРОБЛЕМАЛАРЫ МЕН ТАЛДАУЫ

Аңдатпа

Темір жол көлігі ресурстарын тиімді пайдаланудың негізі темір жол техникалық құралдарының сенімділігін арттыру болып табылады. Қолданыстағы нормативтер шеңберінде поездар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін техникалық құралдардың қауіпсіз жай-күйін қамтамасыз ету қажет, бұл Технологиялық ңұсқаулықтарды орындау, персоналдың біліктілігіне қойылатын талаптарды орындау бойынша осы персоналдың функционалдық қауіпсіздігін және жұмысының сенімділігін білуді талап етеді. Бұл жолдың жоғарғы құрылымы әлементтерінің сенімділігіне қойылатын талаптарды арттырады.

Түйінді сөздер: теміржол көлігі, поездар қозғалысының қауіпсіздігі, техникалық құралдар, әлементтердің сенімділігі, жолдың жоғарғы құрылымы, рельстер, бағыттамалы бұрмалар, рельс асты негізі, кешенді тәсіл.

OMAROV A.D. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

ISAYENKO E.P. – d.t.s., professor (Russian Federation, Belgorod, Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov)

KAINARBEKOV A.K. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

OMAROVA G.A. – c.e.s., PhD, professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

PROBLEMS AND ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION AND BEARING CAPACITY OF THE ELEMENTS OF THE UPPER STRUCTURE OF THE TRACK

Abstract

The basis for the effective use of railway transport resources is to increase the reliability of the technical means of the railway track. To ensure the safety of train traffic within the framework of the current regulations, it is necessary to ensure the safe condition of technical equipment, which requires knowledge of the functional safety and reliability of the work of this personnel in the implementation of technological instructions, compliance with the requirements

for the qualification of personnel. This increases the requirements for the reliability of the elements of the upper structure of the path.

Keywords: railway transport, train safety, technical means, reliability of elements, upper structure of the track, rails, switches, sub-rail base, integrated approach.

УДК 621

ПЕРЕВЕРТОВ В.П. – к.т.н., доцент (Российская Федерация, г. Самара, Самарский государственный университет путей сообщения)

АБУЛКАСИМОВ М.М. – ст. преподаватель (Российская Федерация, г. Москва, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

АКАЕВА М.О. – к.т.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

КЛАССИФИКАЦИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация

Рассмотрена классификация порошковых наноматериалов для альтернативных технологий формообразования деталей на основе анализа эволюции развития мировых технологий – «Индустрія 1.0» – «Индустріи 4.0». Этап «Индустріи 4.0» – это развитие «умных» производственных систем (УПС), составными элементами которой являются гибкие производственные системы (ГПС), «умные» инфраструктура и вокзалы, дома и интернет-магазины, роботизированный умный подвижной состав и т.д. Тренд «Индустріи 4.0» – это аддитивные технологии (АТ) и быстрое производство изделий с помощью технологий 3D и 4D – печати (3D и 4D-принтер), управляемые концентрированные потоки энергии (лазерные, плазменные, ионные), системы контроля и диагностики параметров технологии в составе цифровых (аддитивных) систем управления, быстroredействующие датчики и исполнительные органы технологического оборудования – основные элементы умных производственных систем (УПС). 4D-принтер использует для печати реальных объектов не только три измерения (X.Y.Z), но и четвертое измерение – время (T).

Ключевые слова: альтернативные технологии (традиционные и аддитивные), технологии 3D (4D) печать, композиты и наноматериалы, «умные» материалы.

Введение.

Аддитивные технологии (АТ) – это технологии АМ (АФ) или 3D (4D) печать послойного лазерного (плазменного и т.д.) сплавления – спекания порошковых материалов, включая композиционные и нанокристаллические материалы, позволяющие в автоматизированном цифровом режиме строить трехмерные изделия по компьютерной модели, сокращающие время и затраты на получение изделия, устраняющие дефекты, приводящие к отказам и уменьшающие трудоемкость обработки материалов, называют «технологией 5-го промышленного уровня» [1-3].

Анализ работ по изучению технологий послойного синтеза металлических, полимерных, металлокерамических и нанопорошковых композиций формообразования деталей (заготовок) показал тренд исследований: внедрение в промышленность высокопроизводительных лазерных и плазменных технологических систем для спекания и сплавления металлопорошковых композиций, оснащенных системами контроля,