

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу, 23-25 июня 2015 г.,
Российская Федерация, г. Москва

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу, 27-30 октября 2015 г., Комитет ОСЖД,
г. Варшава, Республика Польша

Дата вступления в силу: 30 октября 2015 г.

P 793

**ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ
СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ
СОСТОЯНИЯ ПУТИ**

1. Требования к инфраструктуре

Создание железнодорожной инфраструктуры является очень сложным процессом, поскольку она имеет много составляющих.

Основное требование заключается в создании таких систем, которые всё лучше будут удовлетворять требованиям эксплуатационной пригодности и ремонтпригодности.

Целью технической организации, ответственной за эксплуатацию железнодорожной инфраструктуры должно быть также обеспечение:

- надежности;
- доступности;
- ремонтпригодности;
- безопасности.

При ежедневной работе целесообразно принимать решения по инвестициям и техническому обслуживанию на основе расчета стоимости жизненного цикла (LCC –Life Cycle Cost). Решения на основе стоимости жизненного цикла требуют очень серьезного анализа или расчетов. Мы должны знать параметры железнодорожного пути, отслеживать поведение ежедневного состояния, эффективность технического обслуживания и связанные с ним расходы, а также величины нагрузок на путь.

2. Жизненный цикл железнодорожного пути

Жизненный цикл очень сложная система, которая зависит от:

- проектирования,
- элементов конструкции,
- метода и качества строительства и ремонта,
- нагрузок, вызванных курсирующими поездами,
- практики эксплуатации,
- воздействия окружающей среды,
- деятельности по техническому обслуживанию.

От железнодорожного пути, также, как и от всех других элементов инфраструктуры нельзя ожидать квази-вечное функционирование, ни тем более неизменный уровень качества услуг из-за конструкционных неопределенностей,

функционального устаревания, частого злоупотребления и из-за недостаточных финансовых средств на техническое обслуживание.

Под концом жизненного цикла железнодорожного пути должен подразумеваться момент, когда путь больше не пригоден для безопасного выполнения своих задач, даже со существенно сокращенным уровнем качества услуг. Однако такое определение на практике не может быть принято, ведь одним из задач деятельности содержания является непрерывное обеспечение эксплуатационной работы железной дороги. Таким образом, причиной конца жизненного цикла железнодорожного пути может быть функциональная причина, то есть прекращение движения.

Поэтому понятие жизненного цикла интерпретируем для железнодорожного пути не в целом, а для отдельных конструктивных элементов или отдельных компонентов. Элементы конструкции пути можно в больших партиях снять с первичного места укладки ещё в пригодном состоянии и вторично использовать. Старогодные материалы, конструкции могут быть уложены в путь с более низким уровнем требований. При необходимости могут быть применены такие ремонтные работы (репрофилирование рельсов, ремонт дюбелей ж.б. шпал и т.д.), при помощи которых жизненный цикл данного элемента, материала можно значительно продлить даже на десятилетия, хотя и путем трудовых и финансовых затрат.

2.1. Технический жизненный цикл

Под техническим жизненным циклом подразумевается период времени, за который железнодорожный путь надежно удовлетворяет требования, заданные параметрами планирования, надзора и технического обслуживания. Вполне естественно, что меры по техническому обслуживанию (например, регулировка геометрии балластного пути, замена элементов верхнего строения, очистки водоотводных систем) требуются в течении всего технического жизненного цикла. При нормальной деятельности обслуживания имеют место и более значительные замены (например, замена рельсов, замена стрелочных переводов), поскольку отдельные элементы конструкции пути изнашиваются не теми же темпами.

Обеспечение соответствия ожидаемому техническому жизненному циклу начинается уже на этапе проектирования. Инструментами к этому служат требования стандартов, методы расчетов, накопленный опыт по железнодорожным путям с подобным устройством и нагрузками. Второй опорой ожидаемого технического жизненного цикла служит изготовление соответствующего качества. Хорошее качество гарантируют: сертификаты соответствия материалов и конструкций, соблюдение норм строительных технологий, непрерывный контроль качества строительства и выполнение сформулированных при процедурах приемки (дополнительные) обязательства.

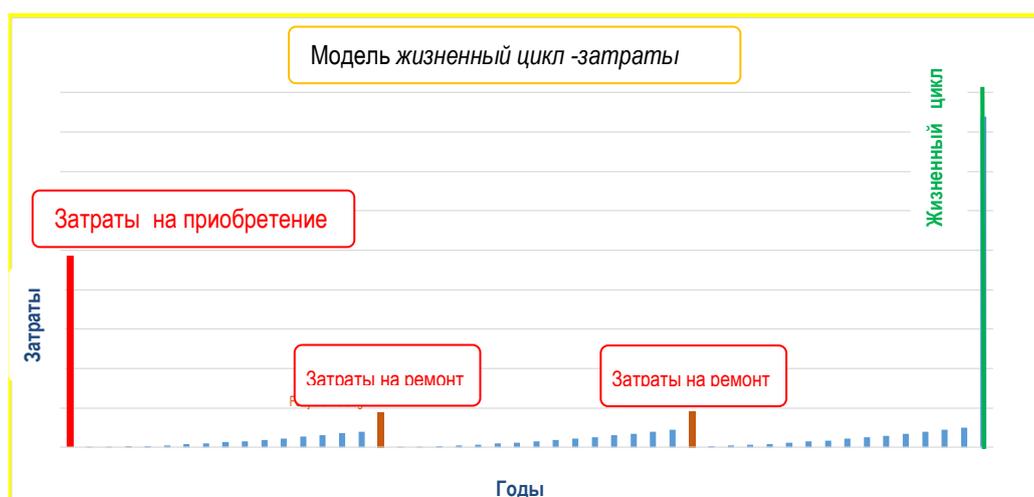
После ввода в эксплуатацию, после проезда первого поезда начинается процесс расстройств пути, что необходимо наблюдать, регистрировать его признаки, снизить его интенсивность техническим обслуживанием. Это требует систему, построенную на научной основе, которая контролирует процесс и за счет эффективного функционирования положительно влияет на фактический технический жизненный цикл.

В конце технического жизненного цикла, заканчивается многолетний период, после которого следует реконструкция или модернизация пути.

2.2. Экономический жизненный цикл

Конец экономического жизненного цикла означает конец периода, в течение которого терпима совокупная стоимость эксплуатации и технического обслуживания. Это довольно расплывчатое определение, потому что на признание расходов принципиально повлияет сила экономики, общественное признание железной дороги, экономическая политика государства. Тем не менее можно утверждать, что под термином «экономическая эффективность» в отношении к железнодорожному пути не должны понимать положительный результат разницы между доходами и расходами.

Стоимость включает в себя затраты на подготовку (например, выкуп земельных участков, дополнительные инвестиции в инфраструктуру), на проектирование и строительство (материалы, труд, энергия). В процессе эксплуатации ухудшается состояние объекта, потребность в финансовых средствах в начале эксплуатации обслуживания меньше, потом, как показано на рисунке, растет быстрыми темпами.



Модель жизненный цикл –затраты

2.3. Эксплуатационный жизненный цикл

Эксплуатационный жизненный цикл начинается после окончания строительства (после ввода в эксплуатацию) пути и является продолжительностью периода, в течении которого гарантируется безопасная эксплуатация. Предпосылкой для этого является с одной стороны строгая надзорная деятельность, которая означает регулярный контроль пути и его элементов, распознавание расстройств пути и дефектов конструктивных его элементов, с другой стороны, необходимость выполнения работ по неотложному техническому обслуживанию.

2.4. Моральный жизненный цикл

Моральный жизненный цикл продлится до тех пор, пока ж.д. путь отвечает (минимальным) требованиям пользователей.

Большинство пассажиров не имеет технических замечаний по железнодорожному пути в силу отсутствия знаний в этом направлении. Из-за ограничений скорости (часто значительно) увеличится время в пути, ухудшается комфорт и это отталкивает многих от пользования железнодорожным транспортом.

2.5. Факторы, влияющие жизненный цикл ж.д. пути

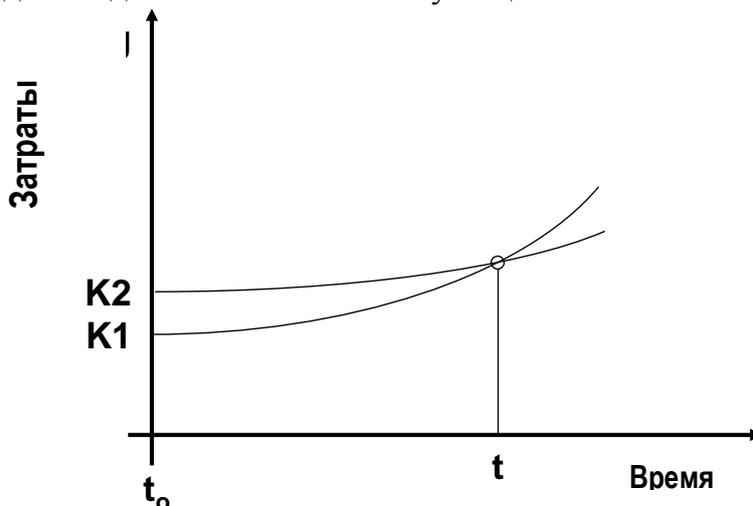
На жизненный цикл ж.д. пути влияет множество факторов от проектирования до интервенций по техническому обслуживанию. Каждый из этих факторов играет различную роль, но результатом совместного эффекта является состояние, изменение состояния - то есть, скорость расстройств - и в конечном счете длительность жизненного цикла.

2.5.1. Проектирование

Проектирование (и это включает в себя этап принятия решений) может иметь решающее влияние на весь жизненный цикл пути. С точки зрения геометрических параметров кроме расчетной скорости часто также имеет решающее значение доступное пространство (возможности отвода, последствия сноса).

При проектировании конструкции железнодорожно пути необходимо выбрать элементы конструкции верхнего строения (тип рельса, тип шпал, крепление), характерные размеры (например, эпюру шпал, эффективную толщину балласта), качество некоторых материалов (например, рельсовую сталь), в зависимости от скорости движения, нагрузки на ось и грузонапряженности. Нормы основываются прежде всего на результатах расчета и на многолетнем опыте, и не принимают во внимание поведение во всем

жизненном цикле, не учитывают экономические вопросы, создают лишь условия, необходимые для безопасной эксплуатации.



Суммарные затраты для верхних строений разной мощности
 $K1$ и $K2$ – верхние строения разной мощности

2.5.2. Выполнение

Современное требование, это чтобы проекты хорошего качества выполнялись на хорошем уровне. Совершенные в ходе строительства упущения, ошибки могут стать проблемой по всему жизненному циклу железнодорожного пути. Увеличивают они число необходимых мероприятий по техническому обслуживанию, снижают срок службы.

2.5.3. Движение

Железнодорожные перевозки являются самым негативным фактором, влияющим на жизненный цикл железнодорожного пути. Кинетическая энергия курсирующего по пути с большой частотой высокоскоростного подвижного состава расстроит геометрическую и конструктивное состояние пути, возникают остаточные деформации. Чем больше движение, тем чаще и интенсивнее возникают неисправности и дефекты, требующие все более частые вмешательства. Движение вызывает явление усталости, которое может быть решающим фактором разрушения некоторых конструктивных элементов (например, рельсов, креплений). Мощность пути и его состояние должны соответствовать эксплуатационным нагрузкам.

2.5.4. Воздействие на окружающую среду

Воздействие окружающей среды также влияет на поведение железнодорожного пути, на срок службы его элементов. Температурные ограничения отдельных технологий позволяют выполнять работы по техническому обслуживанию только в определенные времена года, тем самым

уменьшая в некоторых случаях их эффективность.

2.5.4. Деятельность по техническому обслуживанию железнодорожного пути

Стратегия технического обслуживания пути означает такой подход, на основании которого вырабатываются решения по эксплуатации и вмешательствам.

Если система обслуживания пути не адекватно учитывает важность профилактики и реконструкция, если в основном выполняет рутинные действия, если сосредоточится только на замене дефектных деталей, то такое обслуживание не может сохранить качество инфраструктуры, её производительности и сталкивается с очень серьезными техническими и экономическими издержками.

Системы технического обслуживания пути:

- Спорадическая система ведения технического обслуживания
- Планово-предупредительная (периодическая) система технического обслуживания
- Система ведения технического обслуживания, зависящая от технического состояния пути и от его изменений
 - улучшающая (корректирующая)
 - Предупредительная (профилактика)

2.5.6. Финансирование

На деятельность технического обслуживания пути одно из самых неприятных отрицательных последствий имеет отсутствие финансовых ресурсов, поэтому это невозможно отделить от стратегии. Выполнение сформулированных относительно железнодорожного пути требований, отслеживание изменений в состоянии пути может быть обеспечено только в случае, если предоставлены необходимые для этого финансовые средства, расходуемые эффективно.

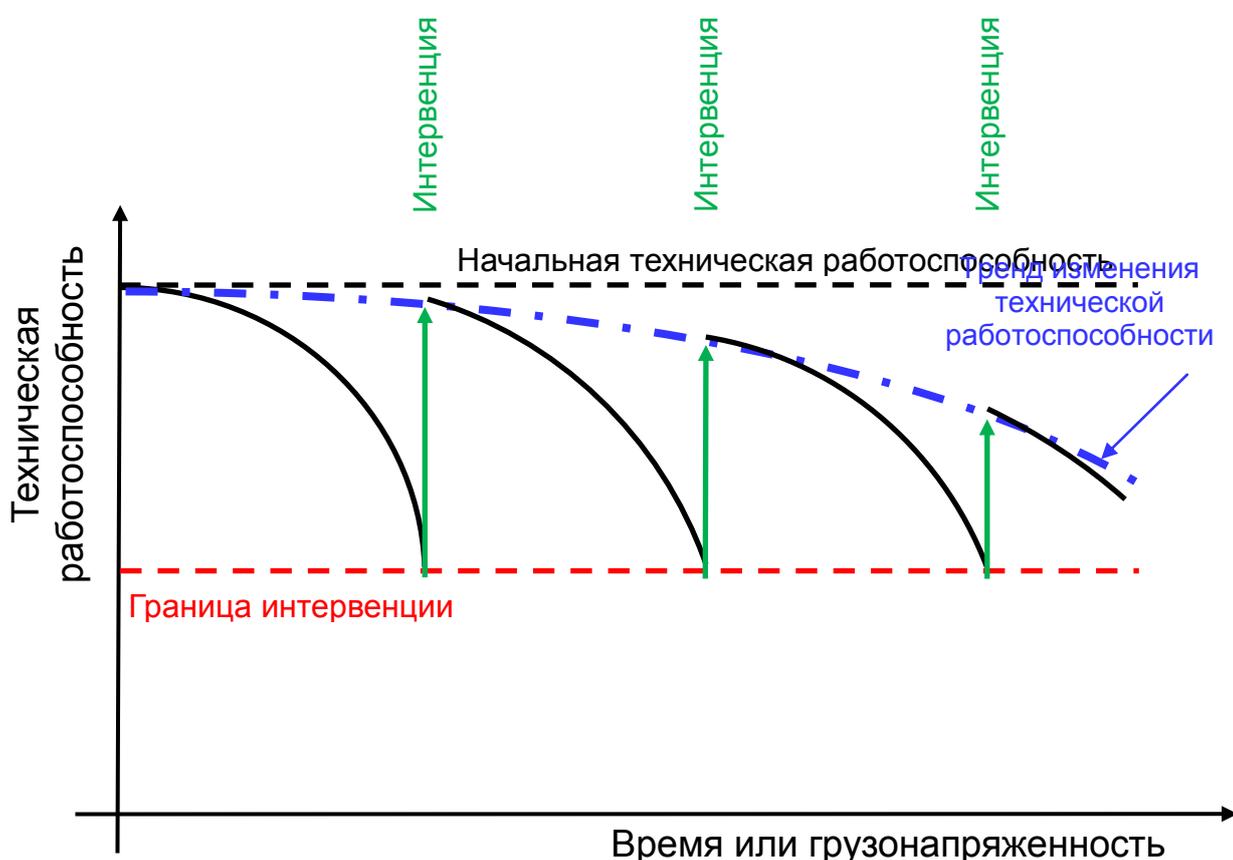
2.6. Жизненный цикл и работоспособность

Жизненный цикл железнодорожного пути сам по себе нельзя рассматривать. Не можем не принимать во внимание техническую работоспособность пути, которая в основном является решающим фактором с точки зрения функциональности.

Понятие технической работоспособности выражает, на каком количественном и качественном уровне может выполнить путь свою задачу. Характеристику такую можем дать при помощи таких параметров, как допустимая скорость и нагрузка на ось, пропущенный тоннаж, геометрическое и конструктивное состояние пути.

Железнодорожный путь не может сохранить неизменную техническую работоспособность по следующим причинам: (см. рисунок):

- конструкционные неопределенности;
- ухудшающееся состояние – расстройство – пути;
- неблагоприятное воздействие чрезмерного использования и перегрузки;
- дорогостоящий характер реконструкции и технического обслуживания железнодорожного пути.



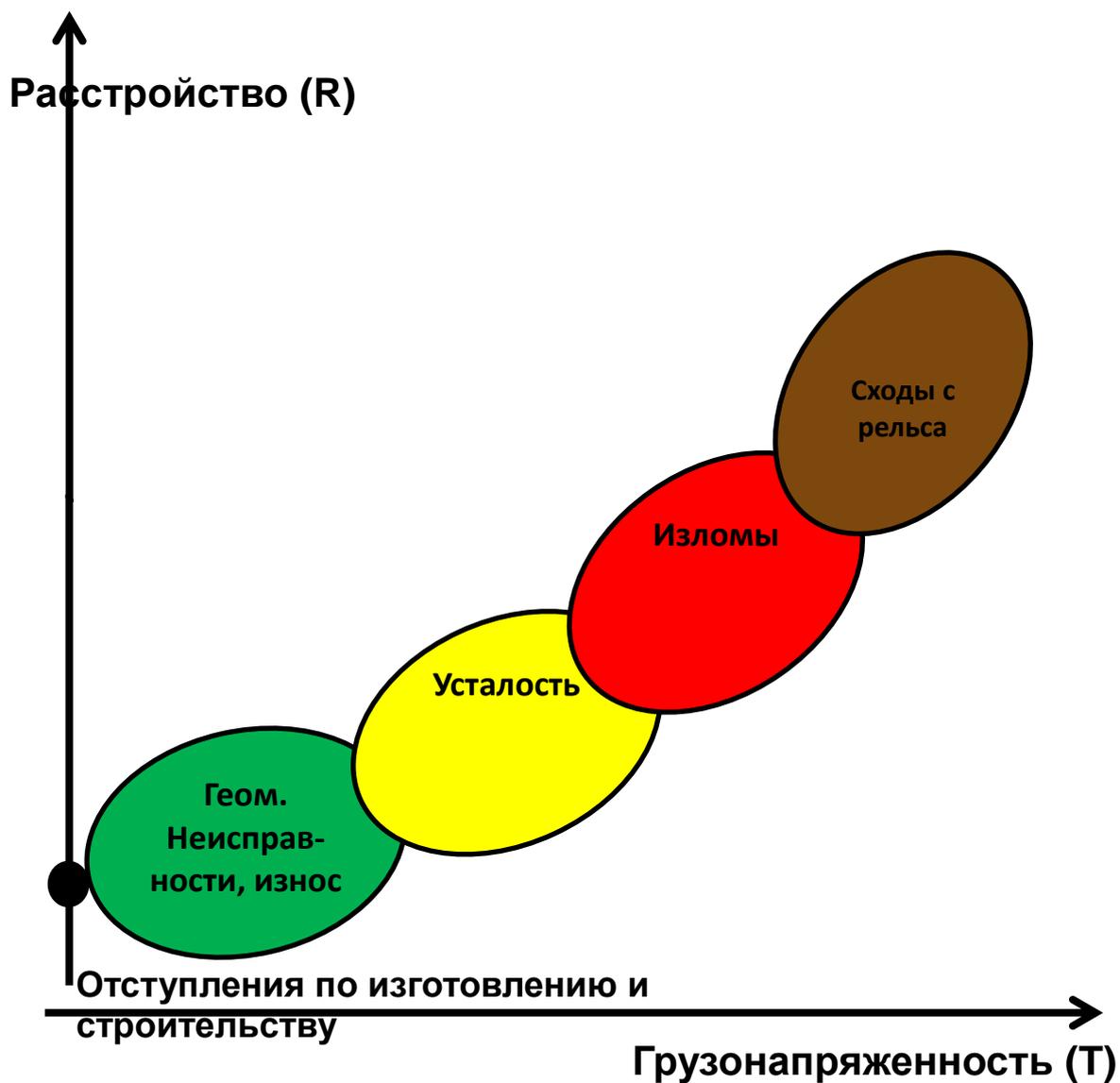
Конструкционная неопределенность проявляется в двух аспектах. С одной стороны, железнодорожный путь, построенный с применением элементов и материалов с очень различными физическими характеристиками, как конструкция не ведет себя точно по нашим представлениям (например, наши

модели расчетов никогда не будут совершенными именно из-за исходных предположений, принятых приближений и пренебрежений). С другой стороны, характерные конструкционные параметры пути (напр. несущая способность земляного полотна, качество водоотвода, характер локальных неисправностей) и их изменение меняется в достаточно широких диапазонах.

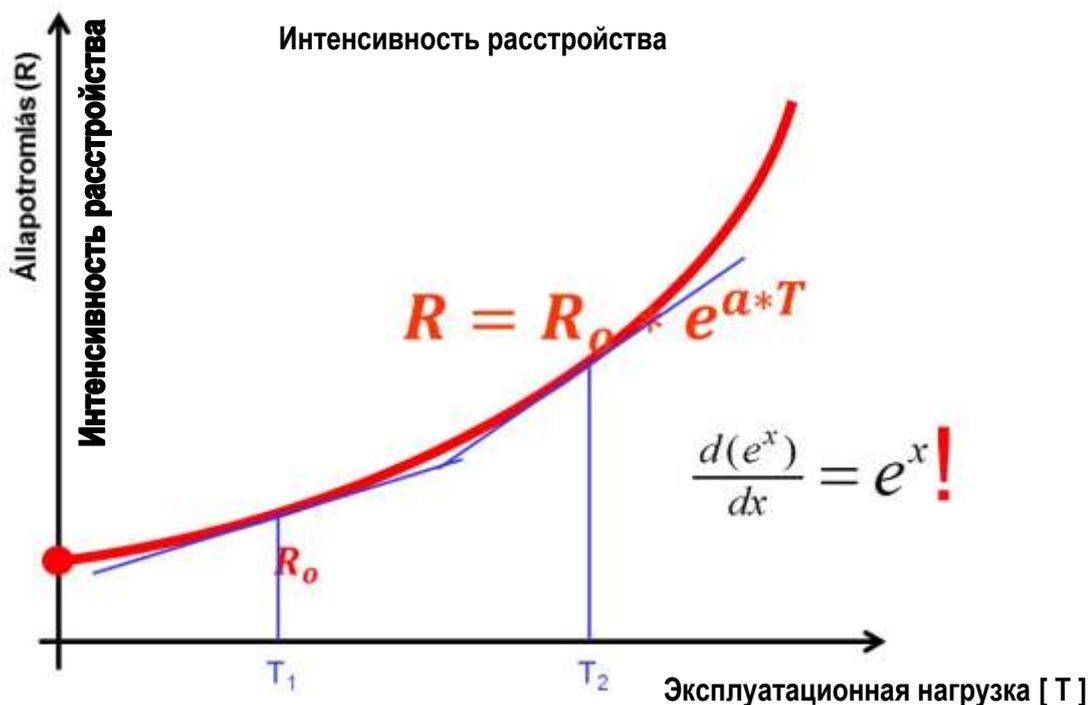
Расстройство пути неизбежная физическая закономерность. Старение, внешние факторы и эксплуатационные нагрузки приводят к процессу деградации, который нужно держать под контролем строгой инспекционной деятельностью и выполнением необходимых мероприятий с учетом экономических аспектов функционирования и для обеспечения безопасности движения.

Чрезмерное использование тот случай, когда (как правило) из-за экономического ограничения железнодорожный путь уже в таком состоянии, когда вмешательство технического обслуживания больше недостаточно для обеспечения требуемых эксплуатационных параметров, но нет возможности для ремонта пути. В этом случае срок выполнения ремонта отодвинется путем введения ограничения скорости / или снижения нагрузки на ось. Это неблагоприятные условия с точки зрения перевозочного рынка, и практически увеличивает наш долг перед путем. Это содействует процессу деградации, снижению технического уровня, снижению жизненного цикла железнодорожного пути.

Хотя содержание и ремонт железнодорожного пути - это деятельность с очень высокой стоимостью, но единственный способ вмешаться в процесс деградации, снижения её интенсивности, как можно дольше обеспечить необходимую техническую работоспособность. Из-за законов физики, несмотря на техническое обслуживание и ремонты, техническая работоспособность будет уменьшаться во времени. Тем не менее, дисциплинированное и профессиональное, своевременное принятие мер значительно замедляет это снижение.



Описание расстройтва пути математическими функциями является непростым заданием; МАВ предполагает расстройство экспоненциального характера. На основании этого расстройство можно охарактеризовать следующей зависимостью:



Интенсивность расстройств пути

Где:

K = начальное состояние

K0= актуальное состояние

e = натуральный логарифм

α = коэффициент пропорциональности характеризующий
конструкцию пути

T = Эксплуатационная нагрузка

3. Системы технического обслуживания

3.1. Спорадическая система ведения технического обслуживания

Исторически сложилось так, что спорадическая система технического обслуживания представляла собой первый этап развития. Необходимые мероприятия определялись *в первую очередь* с помощью визуального осмотра и измерений, проведенных очень простыми средствами. В этой системе не используется диагностика для выявления причин неисправностей, и занимались только с уже возникшими дефектами. Учитывая погодные условия работы, которые возможно выполнить одновременно, группировались. Ликвидировали только существующие неисправности, а первопричины их возникновения, как правило, нет.

Метод имеет ряд технических и экономических недостатков:

- не расследует, не ликвидирует, и, следовательно, будут оставаться причины неисправностей;
- выполняются работы только тогда, когда размер неисправностей превышает заданное значение, а меньшими неисправностями не занимаемся;
- место работы часто меняется, в зависимости от того, где появляются неисправности, а, следовательно, имеет место большая потеря рабочего времени;
- в результате спорадичного вмешательства никогда не получатся длинные, непрерывные, высококачественные участки пути;
- этот метод не задерживает расстройство железнодорожного пути;
- не подходит для планирования работ, экономии расходов;
- может привести к нарушению технологии выполнения работ;
- так как всегда "идет по следам событий", не способствует продлению срока службы железнодорожного пути;
- из-за рассеянного характера мест, выполнение работы невозможно эффективно планировать, и они не могут быть механизированы.

Спорадическая система обслуживания пути не пригодна для выполнения технически и экономически подходящей деятельности на большей территориальной единицы (линии, сети). Этот метод обслуживания может быть использован только в путях второстепенного значения (например, станционные пути, подъездные пути).

В некотором смысле, этот метод включает в себя и меры по устранению аварийных неисправностей, что означает устранение таких изменений состояния пути, которые угрожают безопасности и/или не соответствуют техническим нормам.

3.2. Планово-предупредительная система технического обслуживания

Планово-предупредительная система технического обслуживания - это второй этап развития системы содержания пути. В зависимости от качества и использования объекта, в соответствии с планом четко определила перечень мер, их срок выполнения, рабочее время и материалы, необходимые для выполнения работ.

Эта система имела целью повышение качества и эффективности выполнения работ, которые могли бы помочь повысить долговечность хорошего состояния и жизненный цикл пути. Значительным шагом было внедрение путеизмерительных вагонов и путевых машин. Появилась возможность массовой записи данных и их графического отображения, характеризующих

геометрическое состояние пути. Высокопроизводительные машины значительно увеличили качество, эффективность и производительность выправочно-подбивочных работ.

Преимущества метода:

- планируемость;
- плановость;
- работы, ликвидирующие не только сами неисправности, но и их причины;
- непрерывное, организованное выполнение работ;
- высокая механизированность.

Система носит периодический характер. Представляет собой повторяющиеся, целенаправленное, непрерывное, распространяющееся на всю линию выполнение работ, в зависимости от грузонапряженности и параметров пути. Основой послужил цикл выполнения основных работ (время повторения). Срок капитального ремонта определяет грузонапряженность, и оцененное при помощи осмотров и измерений состояние пути. Сроки и комплект выполнения самых важных работ по содержанию между капитальными ремонтами установлены правилами плано-предупредительной системы технического обслуживания (выправка и подбивка пути, очистка балласта, замена рельсов, шпал и креплений и т.д.).

3.3. Система ведения технического обслуживания, зависящая от технического состояния пути и от его изменений

С повышением требований к железнодорожному пути и нагрузок специалисты путевого хозяйства пришли к выводу, что необходимо создать систему ведения технического содержания, зависящую от технического состояния пути и от его изменений таким образом, чтобы неблагоприятное изменение состояния (т.е. расстройство пути) можно было охарактеризовать в цифровом виде и держать процесс под контролем. Для этого было необходимо внедрение передовых диагностических измерений и систем оценки, основанных на анализе данных, т.е. диагностической системы железнодорожного пути. Все железные дороги создали, с разной степенью развития, в зависимости от технико-экономических возможностей. Это был третий этап развития системы технического обслуживания.

Система исходит из технического состояния или из изменения состояния объекта, и предлагает выполнить работы только тогда, там и в таком объеме, чтобы обеспечить уровень услуг и безопасность движения. Процесс

износа (расстройства) эта система не упраздняет, но замедлит и сделает его управляемым.

Основы системы технического обслуживания, зависящей от технического состояния пути:

- строго организованный и регулярный надзор;
- система диагностики: сбор, регистрация, обработка данных, описывающих состояние пути при помощи соответствующих средств и процедур, определение состояния пути и его изменений;
- определения способов, места и сроков выполнения мероприятий, организация выполнения;
- иногда принятие чрезвычайных мер (например, введение ограничений скорости);
- контроль выполненных работ.

Достижения измерительной техники в определении данных, а также новейшие компьютерные технологии при обработке данных позволяют значительно расширить возможности. Настолько, что в настоящее время – на четвертом этапе развития – имеется возможность объединить по времени и пространству упомянутые ранее работы, при этом их оценка является более правильной. Поэтому в настоящее время на ряде развитых железных дорог друг за другом создаются экспертные системы поддержки принятия решений, которые объединяют в единое целое получение, обработку данных, принятие необходимых мер, контроль за выполнением, и делая все это так, чтобы была обеспечена требуемая безопасность, производительность и качество, а также достигнуто экономически наиболее эффективное использование ресурсов.

Заключение

Создание системы ведения путевого хозяйства на основе комплексной диагностики состояния пути даст необходимую гарантию в реализации на высоком уровне Надежности, Доступности, Ремонтопригодности и Безопасности.

Структура систем диагностики

Элемент системы

Средства, основные свойства

Услуги

Системы измерения



- результаты измерений
- графики
- перечень неисправностей
- результаты проверок
- Цифровые изм. данные

Стационарные системы

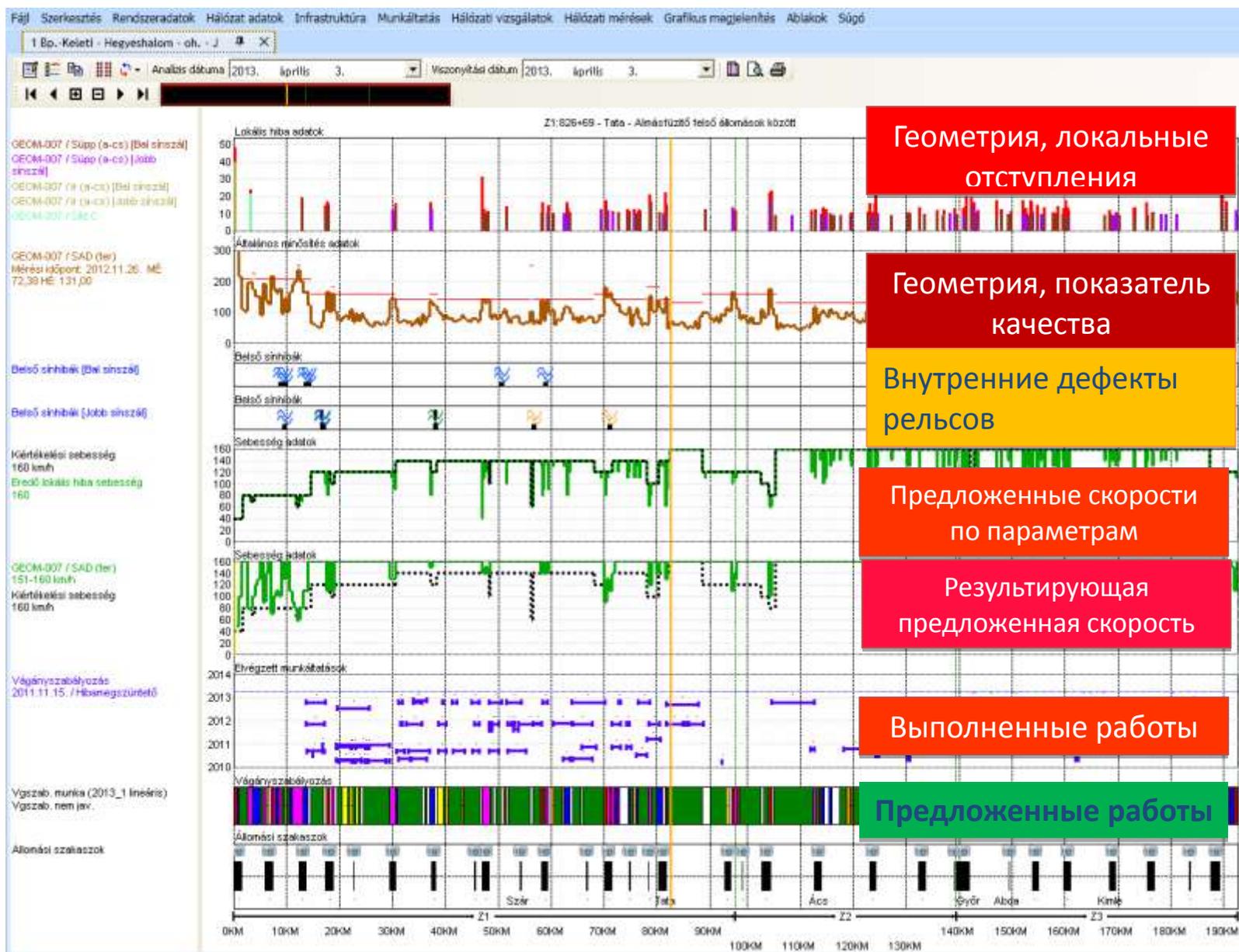
- Подробные результаты измерений
- Отображение, анализ данных
- Анализ с новыми параметрами

- Подробные результаты измерений
- Графики, перечень неисправностей
- Статистика;
- синтетическая оценка
- Цифровые данные

Экспертная система

- Прикладное программное обеспечение типа клиент-сервер
- Доступ по праву доступа
- Паспортизация инфраструктуры
- Паспортизация и анализ данных измерений/проверок

- Статистика
- Анализ по пути и времени
- Контроль скорости
- Определение необходимых работ
- Цифровые данные



Структура надзора

Механизированный
диагностический контроль

Осмотры

Измерения
геометрии
пути

Диагностика
рельсов

Измерение
габарита

Диагностика
нижнего
строения

Видеоинспек
ционная
система(VPR)

Контроль
конструкции

