

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
(СамГУПС)**

Кафедра «Путь и строительство железных дорог»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине: «Управление техническим обслуживанием
железнодорожного пути скоростных и
особо грузонапряженных линий»

для специальности: 23.05.06 «Строительство железных дорог,
мостов и транспортных тоннелей» специализация №2 «Управление
техническим состоянием железнодорожного пути»

Разработчик: В.В. Атапин/ _____

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры
от «___» _____ г., протокол № ____

Заведующий кафедрой:/ _____

Лекция №1. Современное состояние и перспективы развития скоростных и особо грузонапряженных линий на сети ОАО «РЖД»

Увеличение скорости передвижения – объективная потребность развития человечества, одна из составляющих научно-технического прогресса. Во все времена скорость движения была тем интегрирующим показателем, который характеризовал состояние транспорта, а в значительной мере и уровень инженерно-технического и экономического развития общества.

На протяжении десятков тысячелетий, примерно до начала XIX века, приращение доступной человеку скорости было очень незначительным. Внутри достигнутого скоростного диапазона с незапамятных времен люди разделяли передвижение, перевозки на те, которые можно отнести к «обычным», и такие, которые совершаются с большей скоростью, согласно современной терминологии относимых к «скоростным» и «высокоскоростным». Разница в скорости между обычным и быстрым передвижением, некая «дельта» скорости составляет приращение, необходимое для «скоростного» и «высокоскоростного» движения. Для достижения указанной разницы в скорости всегда были необходимы дополнительные затраты людских, материальных ресурсов, средств (в денежном выражении), потребных для усовершенствования транспортных систем.

На железных дорогах существенный рост скорости движения произошел в 30–40-е годы XX века, что было обусловлено переходом на более прогрессивные виды тяги: использование двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей. Следующий скачок скорости движения на железных дорогах пришелся на 50-е годы прошлого столетия: начало коммерческой эксплуатации поездов во Франции со скоростью до 200 км/ч.

Железнодорожный транспорт как отрасль зародился в 1825 г. в Англии с открытием первой железной дороги общего пользования Стоктон-

Дарлингтон, построенной под руководством Дж.Стефенсона. Первая скоростная железнодорожная магистраль в истории человечества – линия Манчестер – Ливерпуль, была сооружена им же в 1830 г. Она строилась уже в расчете на постоянное использование паровой тяги, причем с высокой скоростью движения – до 50 км/ч. Локомотив, ставший победителем в конкурсе лучшее средство тяги для линии Манчестер–Ливерпуль, стал представленный отцом и сыном – Джоржем и Робертом Стефенсонами паровоз «Ракета», приведенный на рисунке 1.1.

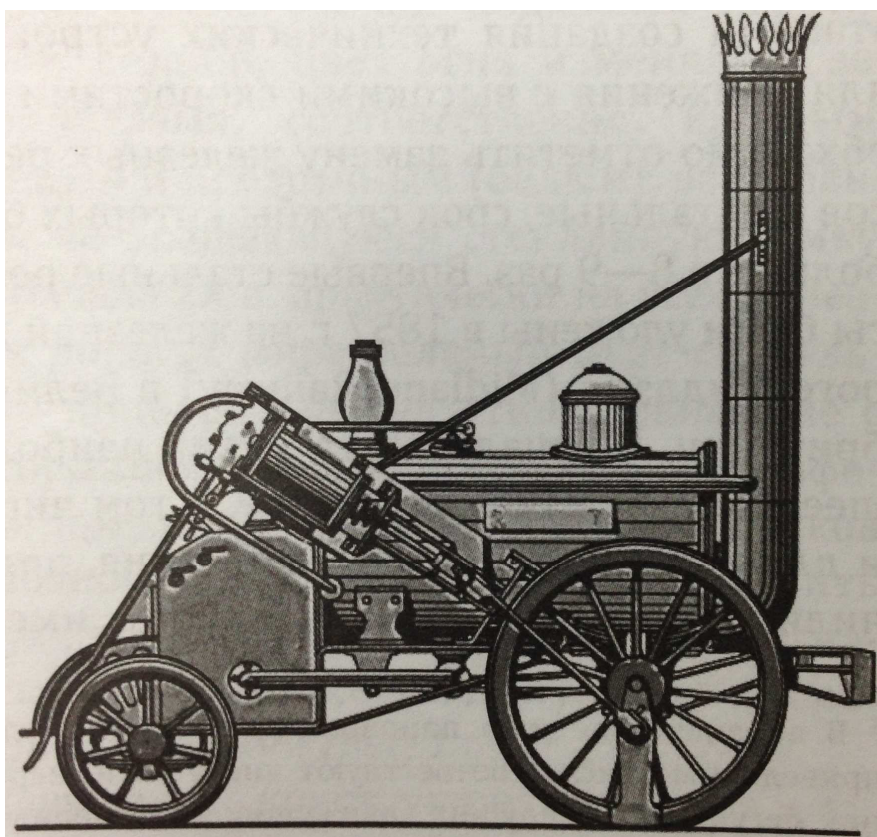


Рисунок 1.1 – Паровоз «Ракета» (Великобритания, 1829 г.)

Лидером в области развития скоростного движения с использованием электрической тяги в предвоенный период была Италия. На рисунке 1.2 представлен скоростной электропоезд ETR200, который прошел маршрут Флоренция–Милан (314 км) за 1 ч 55 мин при максимальной скорости 202,8 км/ч.

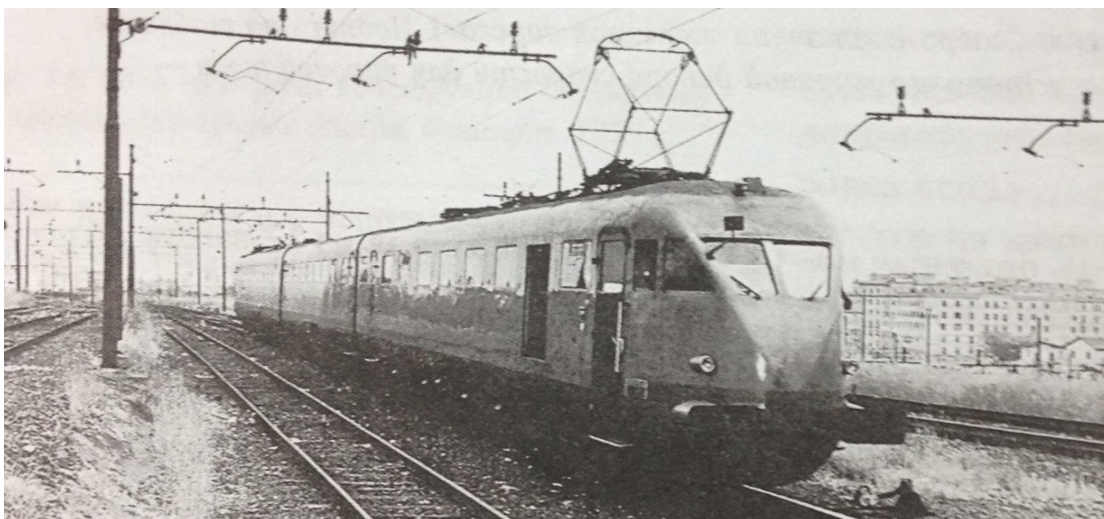
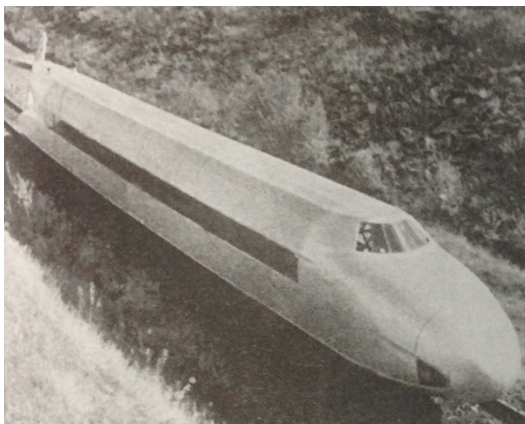


Рисунок 1.2 – Электropоезд ETR200 (Италия, 1939 г.)

В скоростном движении первоначально пытались применить легкие аэровагоны и аэродрезины. На них в качестве движителей использовались воздушные винты (пропеллеры), непосредственно приводимые в движение ДВС. На рисунке 1.3 приведен пример аэровагона доктора Ф.Крукенберга (Германия), который развил скорость 230 км/ч.

а)



б)



Рисунок 1.3 – Аэровагон Ф.Крукенберга «Цеппелин на рельсах» в движении (Германия, 1931 г.): а – общий вид; б – вид со стороны воздушного винта

В 1964 г. в Японии была введена в эксплуатацию железная дорога Токио–Осака протяженностью 515 км – первая в мире магистраль, предназначенная для регулирования движения с максимальной скоростью до

200 км/ч. Утвердилось понятие «высокоскоростная железнодорожная магистраль».

Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт в виде специализированных линий прошел несколько этапов развития. В основу разделения на этапы положена степень распространения нового подвида железных дорог.

Первый этап развития пришелся на 60-80-е годы XX столетия, когда были введены в эксплуатацию первые в мире ВСМ в отдельных странах: Япония, затем во Франции и Италии. В этих странах, а также в ФРГ, Великобритании, США, СССР активно проводились научные исследования, шел поиск, отбор правильных решений, необходимых для сооружения ВСМ и производства высокоскоростного подвижного состава. Принципиально новым стало строительство специализированных линий исключительно для пассажирских высокоскоростных поездов (рисунки 1.4–1.5).



Рисунок 1.4 – Электропоезд серии TGV PGV на ВСМ Париж–Лион
(Франция, 1981 г.)



Рисунок 1.5 – Опытный поезд ICE V на высокоскоростной линии
Вюрцбург–Ганновер (ФРГ, 1988 г.)

Второй этап: 90-е годы XX столетия – первое десятилетие XXI века. Массовые пассажирские перевозки по ВСМ показали их весьма высокую надежность, безопасность, экономическую эффективность, экологическую чистоту и привлекательность для пассажиров. Проекты создания ВСМ поддерживаются правительствами многих стран, Европейского сообщества в целом. В Западной Европе были введены в эксплуатацию первые международные высокоскоростные поезда на маршрутах Париж–Кельн, Париж–Амстердам; Лондон–Париж и Лондон–Брюссель, для которых использовались участки высокоскоростных линий.

В ситуации нарастающих экологических проблем все более привлекательным стало исключительно малое воздействие ВСМ на окружающую среду, меньшее занятие территории по сравнению с автомобильным транспортом и авиацией. В клуб стран, обладающих высокоскоростными железными дорогами, помимо Японии, Франции и

Италии, входят Германия, Бельгия, Испания, Нидерланды, США, Великобритания, Тайвань, Республика Корея (Южная), Швеция, Норвегия, КНР. В 1990-х годах протяженность ВСМ в мире приблизилась к 6 тыс. км.

3 апреля 2007 г. во Франции опытный поезд V150 установил рекорд скорости на железнодорожном транспорте 574,8 км/ч, что продемонстрировало скоростные возможности и надежность системы «колесо–рельс» (рисунок 1.6).

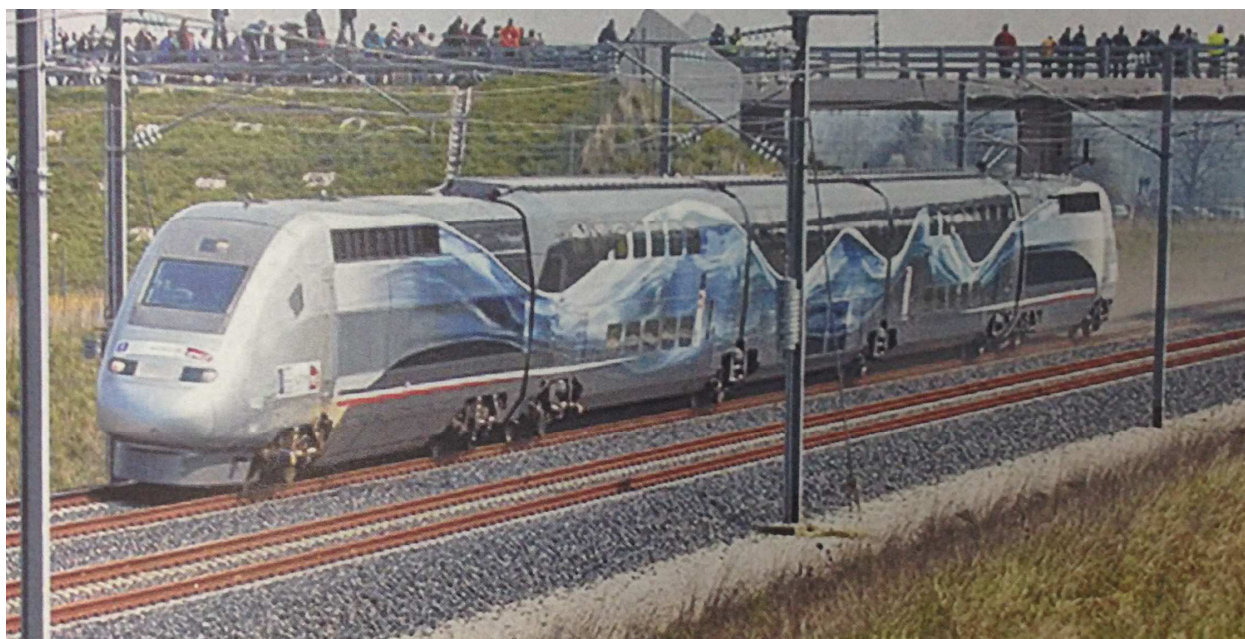


Рисунок 1.6 – Опытный электропоезд V150 во время рекордной поездки 3 апреля 2007 г. (Франция)

Третий этап: настоящее время развития ВСМ. Строительство ВСМ ведется во многих технически развитых странах мира.

В постоянной коммерческой эксплуатации на ВСМ достигнута максимальная скорость 350 км/ч; по мнению многих специалистов это достижение сохранится на несколько десятилетий. Самые высокие темпы развития высокоскоростных железнодорожных перевозок в последние годы наблюдаются в Испании (рисунок 1.7) и Китае (рисунок 1.8). Наибольшую протяженность имеют ВСМ КНР – более 9,4 тыс.км, Японии – 2664 км, Испании – 2656 км, Франции – 2036 км, Германии – 1334 км, Италии – 923

км (по данным международного союза железных дорог – МСЖД на апрель 2013 г.). Общая протяженность ВСМ в мире составляет 20,7 тыс.км; ожидается, что к 2025 г. длина ВСМ в мире составит более 51 тыс.км, из них в Европе – около 18 тыс.км. (рисунок 1.9).



Рисунок 1.7 – Новейший испанский высокоскоростной поезд Talgo «Avril» на выставке железнодорожной техники «Innotrans» (Германия, Берлин, 2012 г.)



Рисунок 1.8 – Высокоскоростной поезд CRH 380 на ВСМ Пекин–Шанхай (КНР, 2012 г.)



Рисунок 1.9 – Сеть высокоскоростных железнодорожных магистралей Европы (2012 г. и перспектива до 2025 г.) по данным Международного союза железных дорог

Успехи осуществления комплексного технического перевооружения и обновления железнодорожной отрасли в СССР в 50-70-е годы XX столетия, проводимого на основе Генерального плана электрификации железнодорожного транспорта, позволили приступить к организации в стране скоростного и высокоскоростного движения.

Первая программа организации скоростного и высокоскоростного движения в СССР была принята в 1972 г. В качестве начального участка осуществления программы была обозначена линия Ленинград–Москва Октябрьской железной дороги (рисунок 1.10). 26 июня 1972 г. состоялся Пленум Научно-технического совета МПС, обсудивший вопрос о подготовке этой линии к обращению пассажирских поездов с максимальной скоростью 200 км/ч.



Рисунок 1.10 – Скоростные испытания линии Ленинград–Москва (1971 г.)

Еще в конце 1960-х годов в СССР специалисты ВНИИЖТа и других профильных организаций разработали технические требования на подвижной состав, способный развивать скорость до 200 км/ч. Планировалось реализовать два проекта:

- на Калининском вагоностроительном заводе создавался вагон для локомотивной тяги, рассчитанный на эксплуатацию со скоростью до 200 км/ч с новыми электровозами чехословацкого производства;
- в Риге проектировался и изготовлялся скоростной электропоезд, также с конструкционной скоростью 200 км/ч.

В 1975 г. были созданы в Чехословакии два опытных скоростных электровоза ЧС200 №1 и №2 с максимальной скоростью 200 км/ч, испытания которых с вагонами РТ 200 проходили в 1976–1977 гг. на участке Любань–Чудово линии Ленинград–Москва.

Параллельно с созданием скоростного поезда с локомотивной тягой в СССР осуществляли проект скоростного электропоезда постоянного тока. К концу 1974 г. Рижским вагоностроительным заводом были изготовлены 13

вагонов электропоезда ЭР200 (Электропоезд Рижский, конструкционная скорость 200 км/ч), для направления Москва–Ленинград.

Вопрос о практическом использовании скоростного электропоезда ЭР200 в регулярной эксплуатации был решен назначенным в 1982 г. министром путей сообщения СССР Н.С. Конаревым. 22 декабря 1983 г. состоялась коллегия МПС СССР, которая рассмотрела весь комплекс проблем, связанных с организацией скоростного движения на линии Ленинград–Москва. 1 марта 1984 г. между Ленинградом и Москвой началось регулярное движение скоростного электропоезда ЭР200 (рисунок 1.11), который совершал один рейс в неделю, проходя весь маршрут за 4 ч 59 мин. Это был важный рубеж в развитии отечественного железнодорожного транспорта – коммерческое внедрение скоростного железнодорожного движения в СССР.



Рисунок 1.11 – Скоростной электропоезд ЭР200 на линии Санкт-Петербург–Москва (2001 г.)

В 1991 г. для осуществления проекта первой российской ВСМ было создано Российское открытое акционерное общество «Высокоскоростные магистрали» (РОАО «ВСМ»).

В 1991–2001 гг. РОАО «ВСМ» при участии десятков предприятий и организаций, включая ВНИИЖТ, Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин» и другие на Тихвинском заводе «Трансмаш» был изготовлен опытный высокоскоростной поезд «Сокол 250» (рисунок 1.12).

В процессе испытаний электропоезда «Сокол 250» выявился ряд недостатков его конструкции, в частности, тележек.



Рисунок 1.12 – Испытания высокоскоростного электропоезда «Сокол 250»
(зима 2000/2001 г.)

В сложившихся экономических условиях в середине первого десятилетия XXI века было признано целесообразным поэтапное решение проблемы организации высокоскоростного железнодорожного движения в стране путем реконструкции линии Москва–Санкт-Петербург для движения на ней со скоростью до 250 км/ч высокоскоростного подвижного состава зарубежного производства.

Для поставки был выбран высокоскоростной поезд ICE3 германской компании «Siemens», который в начале 2000-х годов хорошо зарекомендовал себя не только на железных дорогах ФРГ, но заинтересовал транспортников Испании и КНР.

Реализация проекта поставки поездов ICE3 для железных дорог Российской Федерации началась в 2005 г. Модификация поездов для России была обозначена «Velaro Rus», позже поезду было дано название «Сапсан» – в честь самой быстрой в полете птицы из семейства соколиных. Было определено, что вагоны поездов «Velaro Rus», исходя из принятого в России габарита подвижного состава, на 330 мм шире чем ICE3. Поезд для железных дорог России состоит из 10 вагонов (ICE3 – 8 вагонов), при длине всего состава 250 м и рассчитан на 600 пассажиров. Конструкционная скорость поезда «Самсан» 250 км/ч (рисунок 1.13). Возможна модернизация для увеличения максимальной скорости до 350 км/ч.



Рисунок 1.13 – Поезд «Сапсан» (2010 г.)

В 2009 г. в России поступили первые поезда, модифицированные для эксплуатации на железных дорогах страны.

Коммерческая эксплуатация высокоскоростных электропоездов «Сапсан» на линии Москва–Санкт-Петербург началась 17 декабря 2009 г., с

30 июля 2010 г. – на участке Москва–Нижний Новгород. В эксплуатацию включено восемь электропоездов.

Из Санкт-Петербурга начинается маршрут первого в истории Российской Федерации высокоскоростного поезда, соединившего между собой два государства – Россию и Финляндию. В эксплуатации находятся поезда «Аллегро» (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Поезд «Аллегро» (2011 г.)

Развитие скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации является одним из ключевых направлений транспортной политики, официально закрепленной в Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. Указом Президента Российской Федерации от 16 марта 2010 г. №321 «О мерах по организации движения высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации». ОАО «Российские железные дороги» определено единственным исполнителем по осуществлению функций заказчика при проектировании инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта.

При разработке Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. был уточнен ряд параметров Программы развития скоростного движения до 2020 г. (принята в 2006 г.), с учетом произошедших изменений в пассажиропотоках и социально-экономической ситуации в стране в целом и в ее отдельных регионах. В результате, намеченная протяженность общего полигона скоростного пассажирского сообщения (со скоростью до 160 км/ч и выше) на период до 2030 г. была увеличена почти до 11 тыс.км. Планируется также создание высокоскоростного железнодорожного пассажирского транспорта (со скоростями до 350–400 км/ч), полигон которого к 2030 г. при реализации максимального варианта Стратегии должен превысить 1,5 тыс.км. (рисунок 1.15–1.16).



Рисунок 1.15 – Перспективный полигон скоростного и высокоскоростного пассажирского движения поездов в Российской Федерации



Рисунок 1.16 – Полигон организации скоростного и высокоскоростного движения поездов на сети ОАО «РЖД» на перспективу до 2030 года

В 2010 г. в соответствии с поручениями Правительства Российской Федерации была разработана «Модель и концепция развития скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации», одобренная 29 ноября 2011 г. Советом директоров ОАО «РЖД», которая включает:

1. Организацию высокоскоростного движения по специализированным магистралям со скоростью движения поездов до 300–400 км/ч высокоскоростным подвижным составом.
2. Организацию скоростного железнодорожного движения на существующих путях между крупными региональными центрами с максимальной скоростью 160–200 км/ч скоростным подвижным составом.

Для реализации проектов в области высокоскоростного железнодорожного транспорта создано дочернее предприятие ОАО «РЖД» – ОАО «Скоростные магистрали». В качестве первоочередных проектов в области высокоскоростного железнодорожного движения в стране намечены направления Москва–Нижний Новгород–Казань и Москва–Санкт-Петербург. Наиболее подготовленным является обоснование инвестиций ВСМ, которая соединит Москву с Санкт-Петербургом. В качестве базового варианта рассматривается утвержденный научно-техническим советом ОАО «РЖД» «Западный» вариант трассы этой ВСМ. Ведется работа по обоснованию инвестиций ВСМ на направлениях Москва–Казань–Екатеринбург и Москва–Адлер.

Для реализации проектов может быть использован Контракт жизненного цикла (КЖЦ), который заключается на весь комплекс работ, связанных с проектированием, строительством, финансированием и содержанием объектов. Схема контракта жизненного цикла предполагает двух основных участников: Государство (Концедент/Заказчик) и Специальная проектная компания (СПК) – (Концессионер/Подрядчик).

СПК (Концессионер) – консорциум компаний, обладающих опытом проектирования, строительства и эксплуатации, а реализации проектов высокоскоростных магистралей на принципах КЖЦ, который выбирается на основе концессионного конкурса и подписывает концессионное соглашение.

В рамках Проекта обязанность Специальной проектной компании – создать объект железнодорожной инфраструктуры, для чего необходимо привлечь собственное и заемное финансирование, запроектировать и построить объект с заданными технико-экономическими параметрами и предоставить государству сервис работающей дороги на срок действия соглашения КЖЦ. Финансирование проекта со стороны государства предполагает выделение капитального гранта на этапе строительства, предоставление гарантий и оплату сервисных платежей в процессе эксплуатации.

В настоящее время в Российской Федерации к *скоростным линиям* относят участки железнодорожного пути, на которых реализуются скорости движения до 200 км/ч; к *высокоскоростным линиям* – участки, на которых возможны скорости до 250 км/ч и более. *Скоростное движение пассажирских поездов* – движение пассажирских поездов со скоростями в интервалах, км/ч: 140–160 и 161–200. *Скоростная линия* — железнодорожная линия, на которой обращаются скоростные поезда.

ОАО «Российские железные дороги» в течение последних лет проводило планомерную работу по повышению эффективности перевозок грузов за счет повышения веса и длины грузовых поездов, в первую очередь, на основных направлениях сети железных дорог.

В настоящее время в связи со значительными объемами перевозок массовых грузов (уголь, руда, сырая нефть, нефтепродукты, металл, минерально-строительные грузы) по международным транспортным коридорам в рамках участия России в международных экономических связях привели к увеличению протяженности участков железной дороги с недостаточной пропускной способностью. В течение последних лет проводится планомерная работа по обеспечению возрастающих перевозок грузов. Повышение весовых норм является одним из приоритетных направлений, позволяющее увеличить провозную способность, повысить эффективность работы железных дорог в рыночных условиях.

Принято решение о разработке нормативных требований к устройствам и содержанию объектов инфраструктуры на участках обращения грузовых поездов весом свыше 6000 тонн, включая разработку методики мониторинга их состояния.

В 2015 году намечается завершение работ по удлинению приемо-отправочных путей до стандарта 1050 м по маршрутам продвижения массовых грузов в порты и пограничные переходы.

В настоящее время вес маршрутов с мест погрузки постоянно увеличивается. На грузонапряженных участках Западно-Сибирской,

Свердловской и Южно-Уральской, Приволжской железных дорогах практикуется вождение поездов весом 7000, 8000, 9000 и 12000 тонн и длиной свыше 71 условного вагона. При дальнейшем увеличении объемов перевозок на период до 2030 года намеченная тенденция вождения тяжеловесных поездов приобретет особо важное значение и позволит повысить провозную способность без капиталоемких мероприятий по строительству третьих и четвертых главных путей на грузонапряженных участках сети.

Нельзя не учесть тот факт, что при существующей нестабильности экономического развития страны в случае спада перевозок и из-за повсеместного строительства трубопроводов, а так же из-за намечаемого на перспективу развития производства эксплуатация третьих и четвертых путей может быть неэффективной, что приведет к их консервации.

Уже в настоящее время ведутся испытания технических устройств, обеспечивающих безопасное вождение тяжеловесных и соединенных поездов, а также поездов повышенного веса и длины с использованием систем дистанционного управления тягой и торможением поездов.

Технико-экономический расчет и опыт работы показывают, что при организации постоянного обращения грузовых поездов повышенного веса и длины необходимо учитывать издержки, связанные с увеличением простоя вагонов на станциях формирования и назначения, а также изменением продольной динамики движения поезда и возникновения дополнительных нагрузок на железнодорожный путь и подвижной состав.

Принципиально важным для перспективных условий эксплуатации является использование возможностей габарита $T_{пр}$ при разработке перспективных грузовых вагонов для перевозки, прежде всего, угля и руды.

Подвижной состав габарита $T_{пр}$ имеет ряд преимуществ по сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время полувагонами. Эффект от применения будет заключаться в следующем:

- уменьшение количества подвижного состава для перевозки того же объема груза на 20%;

- прирост производительности вагона на 9,2%;
- увеличение провозной способности железных дорог на имеющейся путевой инфраструктуре, развитой под унифицированную длину поездов – до 15%;
- снижение потребности в локомотивах – до 10% (если не они ограничивали массу поезда) и локомотивных бригадах – до 20%;
- сокращение эксплуатационных затрат на транспортировку, в том числе удельного расхода электроэнергии из-за увеличения массы поезда – до 5%.

На полигонах вождения поездов весовой нормой выше 6000 т должны быть «твердые нитки» графика движения поездов для пропуска грузовых поездов повышенного веса.

Для организации тяжеловесного движения необходима соответствующая подготовка инфраструктуры путевого хозяйства и хозяйства электроснабжения.

В настоящее время грузовые вагоны габарита $T_{пр}$ в количестве 301 ед. находятся в опытной эксплуатации.

Повышение весовых норм является одним из приоритетных направлений, позволяющих обеспечить возрастающие объемы перевозок грузов, повысить эффективность работы железных дорог.

Участки и направления железных дорог, включенные в перспективный полигон обращения поездов повышенного веса и длины, играют важную роль в осуществлении перевозок грузов. В перспективе решающее значение этих направлений для обеспечения перевозок грузов еще более возрастет, что будет связано как с увеличением перевозок экспортных грузов в направлении портов Северо-Западного и Южного регионов, так и с ростом внутренних перевозок, в частности перевозок угля для обеспечения потребностей энергетики Урала и Центрального региона. Ожидается, что доля общего грузооборота рассматриваемых направлений возрастет к 2015 году до 40–45 процентов, а к 2030 году – превысит 50 процентов.

Основными полигонами обращения поездов повышенного веса на перспективу будут являться следующие участки протяженностью 13784 км:

- Кузбасс–Санкт-Петербург–Сортировочный, Мурманск;
- Череповец–Костомукша, Ковдор, Оленегорск;
- Кузбасс–Свердловск–Агрыз–Москва–Смоленск;
- Кузбасс–Челябинск–Сызрань–порты Азово-Черноморского бассейна;
- Аксарайская–Волгоград;
- Стойленская–Чугун;
- Заозерная–Красноярск.

В указанных направлениях учтены перевозки угля, нефти, руды и металла.

Кроме того, в перспективе обращение поездов повышенного веса предусматривается на участках направления Тайшет–Тында–Комсомольск - Советская Гавань и на восточной части Транссибирской железнодорожной магистрали.

Для организации тяжеловесного движения предусматривается начиная с 2008 года выполнение работ по подготовке инфраструктуры железнодорожного транспорта (путевого хозяйства, системы электроснабжения, системы центральной блокировки, связи и других) для обеспечения беспрепятственного пропуска грузовых поездов с повышенными осевыми нагрузками до 25–30 тонно-сил/ось в зависимости от рода груза на всем протяжении маршрута.

Подготовку инфраструктуры для обращения поездов повышенного веса предусматривается осуществлять путем поэтапного усиления (комплексной реконструкции) при выполнении работ по капитальному ремонту и обновлению основных фондов, выработавших ресурс.

Принципиально важным для перспективных условий эксплуатации является использование возможностей габарита максимального приближения к объекту при разработке перспективных грузовых вагонов для перевозки, прежде всего угля и руды. При внедрении подвижного состава указанного

габарита должна быть реализована осевая нагрузка до 30 тонно-сил/ось. В этом случае на путях длиной 1050 м может быть сформирован состав весом до 8–9 тыс. тонн.

Применение подвижного состава указанного габарита даст ряд преимуществ по сравнению с эксплуатируемым в настоящее время подвижным составом, а именно:

- уменьшение количества подвижного состава для перевозки того же объема груза на 20%;
- прирост производительности вагона на 9,2%;
- увеличение провозной способности железных дорог на имеющейся путевой инфраструктуре, развитой под унифицированную длину на 15%;
- снижение потребности в локомотивах до 10% и в локомотивных бригадах – до 20%;
- сокращение эксплуатационных затрат на транспортировку, в том числе удельного расхода электроэнергии из-за увеличения массы поезда до 5%.

Такое масштабное развитие железнодорожного транспорта требует соответствующего развития комплексов проектирования и транспортного строительства.

Лекция №2. Система управления путевым хозяйством на скоростных и особо грузонапряженных линиях

Система ведения путевого хозяйства, в том числе на скоростных и особо грузонапряженных линиях основана на классификации путей в соответствии с требованиями распоряжения ОАО «РЖД» от 1 июля 2009 г. № 1393р «Об утверждении методики классификации железнодорожных линий» в зависимости от грузонапряженности, скоростей движения поездов и учета других факторов, оказывающих влияние на нагруженность пути и продолжительность межремонтных сроков.

Основным нормативно-техническим документом, определяющим общие принципы, технические параметры и нормативно-технические требования к системе ведения путевого хозяйства в современных и перспективных условиях эксплуатации пути, связанных с повышением грузонапряженности, степенью заполнения графика движения, с введением в обращение грузовых поездов с повышенной массой и длиной, осевыми нагрузками, скоростных пассажирских поездов и др. является «Положение о системе ведения путевого хозяйства» (далее – Положение).

Помимо данного Положения следует руководствоваться нормативными документами федеральных органов исполнительной власти, в том числе, государственными стандартами, строительными нормами и правилами, которые регулируют данные вопросы.

Положение распространяется на участки пути с обращением грузовых поездов (включая поезда с повышенной массой и длиной) с осевыми нагрузками до 25 т/ось со скоростями до 140 км/ч включительно и пассажирских поездов со скоростями движения до 200 км/ч включительно.

Классификация железнодорожных линий строится на основе двух основных критериев: скорости движения поездов (км/ч) и грузонапряженности (млн. т·км брутто/км в год).

Для целей определения класса пути интервалы скоростей движения в классификации обозначаются семью категориями, а интервалы грузонапряженности шестью группами (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Классы путей на участках совмещенного движения

Группа пути	Груз., млн. т·км брутто/км в год	Категории пути – допускаемые скорости движения поездов (числитель – пассажирские, знаменатель - грузовые)						
		С	1	2	3	4	5	6
		141-200/ до 140	121-140/ до 100	101-120/ до 90	81-100/ до 80	61-80/ до 60	41-60/ до 60	40 и менее
		Главные пути						
А	Более 80	1	1	1	1	2	2	3
Б	51-80	1	1	1	2	2	3	3
В	26-50	1	1	2	2	3	3	4
Г	11-25	1	1	2	3	3	4	4
Д	6-10	1	2	3	4	4	4	4
Е	5 и менее	-	-	-	4	4	5	5

Например, железнодорожный путь со скоростями движения пассажирских поездов более 140 до 200 км/ч включительно и грузовых поездов до 140 км/ч включительно с грузонапряженностью 26-50 млн. т·км брутто/км в год относится к 1 классу, группе В, категории С и обозначается 1ВС.

На двухпутным и многопутных участках классы путей устанавливаются одинаковыми с классом пути, имеющим большую грузонапряженность, при условии, если разница в грузонапряженности не превышает 30%. При большей разнице класс каждого из путей устанавливается по фактическому сочетанию грузонапряженности и установленных скоростей.

Классы пути отражаются дистанциями пути в технических паспортах и других формах отчетности.

Основными видами работ, выполняемыми за счет средств, относимых на ремонт пути, являются:

- капитальный ремонт пути на новых материалах (код – K_n);
- капитальный ремонт пути на старогодных материалах (код – K_{pc});
- капитальный ремонт стрелочных переводов (код – $K_{сп}$);

- сплошная замена рельсов и металлических частей стрелочных переводов в период между капитальными ремонтами пути, сопровождаемая работами в объемах среднего (или усиленного среднего) ремонта пути (код – РС);
- средний ремонт пути (код – С);
- шлифование рельсов (код – Ш);
- капитальный ремонт переездов;
- сплошная замена рельсов в кривых с боковым износом на новые или старогонные (код – РИК);
- сплошная смена переводных деревянных брусков (код – СПБД);
- планово-предупредительный ремонт пути (код – П);
- ликвидация балластных углублений и пучинных мест, оползней, размывов, обвалов и других деформаций земляного полотна;
- восстановление и ремонт водоотводных лотков с заменой не более 25% при сохранении водопропускной способности;
- восстановление выпусков (оголовков), ремонт быстротоков и перепадов;
- восстановление, ремонт кюветов и канав, восстановление и ремонт их укрепительных одежд;
- восстановление водоотводных свойств «погребенных» кюветов, в т.ч. лотками и дренажами мелкого заложения;
- восстановление и ремонт дренажей и штолен, в т.ч. с заменой не более 25% конструкций;
- восстановление и ремонт дренажей мелкого заложения (в т.ч. откосных), в т.ч. с заменой не более 25% конструкции, для осушения основной площадки тела и земляного полотна;
- срезка и уборка отложений загрязнителей;
- восстановление и ремонт всех защитных и укрепительных сооружений земляного полотна (одевающие и улавливающие стены и др.).

Кроме того при необходимости производства выполняются следующие виды работ на фронтах ремонтов:

- алюминотермитная сварка стыков, в том числе в местах временного восстановления плетей бесстыкового пути (код – АТС);
- наплавка и науглероживание крестовин, наплавка рельсов в местах дефектов.

К *реконструкции железнодорожного пути* в соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 29.06.2007 № 1224р относятся работы, приводящие, как правило, к изменению категории пути. После реконструкции путь может переводиться также в более высокий класс, группу или категорию в зависимости от эксплуатационных условий.

Реконструкция железнодорожного пути направлена на повышение прочности, несущей способности, стабильности, долговечности и других показателей надежности как железнодорожного пути в целом, так и его составных частей и элементов, обеспечивающих продление продолжительности жизненного цикла, сокращение трудоемкости и стоимости технического обслуживания пути и получение экономического эффекта при его эксплуатации.

В отличие от капитального ремонта, когда выполняются работы только по верхнему строению пути (замена изношенной рельсошпальной решетки на деревянных или железобетонных шпалах без переустройства положения пути в плане и профиле, очистка или замена балласта, очистка водоотводов), при реконструкции железнодорожного пути, помимо работ по верхнему строению пути, выполняется комплекс работ по улучшению плана и профиля пути, по земляному полотну, малым и средним мостам и другим инженерным сооружениям.

Работы по реконструкции железнодорожного пути проводятся также в составе комплексной реконструкции инфраструктуры при необходимости увеличения пропускной и (или) провозной способности участков, комплексного обновления параметров устройства пути, электроснабжения,

автоматики и телемеханики, связи, а также при вводе в обращение грузовых вагонов с осевой нагрузкой выше 25 т на ось и организации скоростного (от 141 км/ч до 200 км/ч включительно) и высокоскоростного (более 200 км/ч) движения пассажирских поездов.

Реконструкция железнодорожного пути должна проводиться в первую очередь на линиях 1–3 классов, подготавливаемых для скоростного движения пассажирских поездов, увеличения пропускной и провозной способности, повышения нагрузки на ось.

Реконструкция железнодорожного пути проводится по специально разработанным проектам с учетом технико-экономического обоснования принимаемых проектных решений по инвестиционной программе.

Состав работ при реконструкции железнодорожного пути приведен в Положении.

Капитальный ремонт железнодорожного пути на новых материалах предназначен для полной замены выработавшей ресурс рельсошпальной решетки на путях 1 и 2 классов (стрелочных переводов на путях 1–3 классов) и восстановления несущей способности балластной призмы, и в отличие от реконструкции (модернизации) железнодорожного пути включает в себя только работы по верхнему строению пути, а также восстановлению водопропускной способности водоотводов.

Капитальный ремонт пути на новых материалах назначается с учетом его фактического состояния при нормативной наработке пути после проведения реконструкции или предыдущего капитального ремонта на новых материалах.

Капитальный ремонт пути на новых материалах проводится в соответствии с проектной документацией, учитывающей местные условия, состояние пути до ремонта, результаты обследований, требования к пути после ремонта и др.

Состав работ при проведении капитального ремонта пути на новых материалах приведен в Положении.

Капитальный ремонт пути на старогодных материалах предназначен для замены рельсошпальной решетки на более мощную или менее изношенную на путях 3–5 классов (стрелочных переводов на путях 4 и 5 классов), смонтированную из старогодных рельсов, новых и старогодных шпал и креплений.

Состав основных работ, входящих в объем капитального ремонта на старогодных материалах, аналогичен составу основных работ, входящих в объем капитального ремонта пути на новых материалах.

Капитальный ремонт пути на старогодных материалах может выполняться как комплексно со снятием и укладкой рельсошпальной решетки укладочным механизированным комплексом, так и отдельным способом с заменой рельсов, креплений, шпал.

Капитальный ремонт стрелочных переводов предназначен для комплексного обновления стрелочных переводов на путях 1–3 классов с повышением несущей способности балластной призмы и основной площадки земляного полотна, максимально совмещаемым с участками выполнения работ по реконструкции и капитальному ремонту пути с укладкой новых стрелочных переводов.

На участках 4–5 классов укладываются старогодные стрелочные переводы.

Капитальный ремонт стрелочных переводов должен производиться комплексно с заменой блоками, очисткой щебня щебнеочистительной машиной или вырезкой балласта общестроительной техникой, последующей выправкой машиной ВПРС и стабилизацией ДСП в соответствии с разработанным технологическим процессом.

Состав работ при капитальном ремонте стрелочных переводов приведен в Положении.

Средний ремонт пути предназначен для восстановления дренирующих и прочностных свойств балластной призмы и обеспечения равноупругости подрельсового основания.

Средний ремонт пути проводится в зависимости от ремонтных схем в промежутке между капитальными ремонтами (реконструкцией и капитальным ремонтом) или в промежутке между реконструкцией, капитальным ремонтом и сплошной сменой рельсов.

Состав работ при проведении среднего ремонта пути приведен в Положении.

Планово-предупредительный ремонт предназначен для сплошной выправки пути и расположенных на них стрелочных переводов с подбивкой шпал с целью восстановления равноупругости подшпального основания и уменьшения степени неравномерности отступлений в положении рельсовых нитей по уровню и в плане, а также просадок пути.

Планово-предупредительный ремонт пути должен выполняться машинным способом по методу фиксированных точек или по специальным компьютерным программам, обеспечивающим постановку пути в проектное положение, в том числе по реперным отметкам. При этом должно быть обеспечено совпадение начал переходных и круговых кривых по возвышению и положению пути в плане, соблюдение норм уклонов отвода возвышения.

При необходимости, планово-предупредительному ремонту должны предшествовать работы по наплавке рельсов в стыках, имеющих смятие или выщербины, наплавке крестовин.

Назначение планово-предупредительного ремонта производится по результатам проверки пути путеизмерительными вагонами ЦНР1И-4, КВЛ-П и натурным осмотром на участках с количеством негодных шпал, креплений и балластом, а также по результатам комплексной оценки состояния пути.

Состав работ при проведении планово-предупредительного ремонта пути приведен в Положении.

Сплошная смена рельсов и металлических частей стрелочных переводов производится с целью повышения межремонтного срока между

реконструкцией железнодорожного пути, капитальными ремонтами на новых и старогодных материалах.

Сплошная смена рельсов на новые и старогодные назначается при таком же предельно-допустимом количестве одиночного выхода рельсов, как и при назначении реконструкции и капитальных ремонтов пути на новых или старогодных материалах. Вид сопутствующих работ, количество элементов скреплений и шпал, требующих замены определяются по результатам осмотра пути.

Шлифование рельсов предназначено для недопущения или отдаления периода образования в головке рельсов дефектов контактно-усталостного характера, формирование и поддержание заданного профиля рельсов, соответствующего реальным условиям эксплуатации, устранение волнообразного износа и других поверхностных дефектов с целью уменьшения вибрационных воздействий подвижного состава на путь и обеспечения его стабильного состояния.

Шлифование рельсов производится трех видов:

- профилактическое, предусматривающее регулярное снятие наиболее поврежденного слоя металла на стадии медленного роста неровностей и поверхностных трещин, позволяющее предотвратить их ускоренное развитие;

- профильное шлифование, при котором головка рельса шлифуется по всему периметру с целью устранения значительных поверхностных дефектов и воссоздания заданного профиля;

- шлифование, предназначенное для устранения волнообразного износа и коротких неровностей других видов на поверхности катания рельсов.

Капитальный ремонт переездов в основном проводится в комплексе с реконструкцией, капитальными, усиленным средним и средним ремонтами пути. При этом конструкция верхнего строения пути в зоне переезда должна, как правило, быть такой же, как и на подходах к нему.

Состав работ при проведении капитального ремонта переездов приведен в Положении.

Среднесетевые нормы периодичности реконструкции, капитальных ремонтов пути и стрелочных переводов на новых и старогодных материалах и схемы промежуточных видов путевых работ приведены в таблицах 2.2–2.3.

Таблица 2.2 – Среднесетевые нормы периодичности реконструкции, капитальных ремонтов железнодорожного пути на новых и старогодных материалах и ремонтные схемы

Класс, группа и категория пути	Нормативные сроки в зависимости от типа подрельсового основания и степени годности материалов верхнего строения пути, применяемых при последней смене рельсошпальной решетки (числитель – млн.т брутто, знаменатель – годы)				Ремонтные схемы – виды путевых работ и очередность их выполнения за межремонтный цикл * (числитель – путь, знаменатель – стрелочные переводы **)
	Бесстыковой путь		Звеньевой путь на дерев. Шпалах		
	Новые материалы	Старогодные материалы	Новые материалы	Старогодные материалы	
1	2	3	4	5	6
1АС, 1А1, 1А2, 1А3, 1БС, 1Б1, 1Б2, 2Б3, 2Б4	700	-	600	-	$\frac{K_{\text{н}} \text{ ПСПК}_{\text{н}}}{K_{\text{н}} \text{ ПП(РС)ППК}_{\text{н}}}$
	1400	-	-	-	$\frac{K_{\text{н}} \text{ ПСП(РС)ПСПК}_{\text{н}}}{K_{\text{н}} \text{ ПП(РС)ПП(РС)ПП(РС)ППК}_{\text{н}}}$
1ВС, 1В1, 2В2, 2В3	700	-	600/18	-	$\frac{(K_{\text{н}} \text{ ППСППК}_{\text{н}})}{K_{\text{н}} \text{ ПП(РС)ППК}_{\text{н}}}$
1ГС, 1Г1, 2Г2, 1ДС, 2Д1	700/30	-	600/18	-	$\frac{(K_{\text{н}} \text{ ППСППК}_{\text{н}})}{K_{\text{н}} \text{ ПП(РС)ППК}_{\text{н}} (K_{\text{н}} \text{ ППСППК}_{\text{н}})^{1)}$
3А6, 3Б5, 3Б6, 3В4, 3В5, 4В6	700	400	600/18	400	$\frac{(K_{\text{рс}} \text{ ППСППК}_{\text{рс}})}{(K_{\text{н}} \text{ ПП(РС)ППК}_{\text{н}})^{2)}$
3Г3, 3Г4, 4Г5, 4Г6	700/35	400/35	1 раз в 18 лет		$\frac{(K_{\text{рс}} \text{ ППСППК}_{\text{рс}})}{(K_{\text{н}} \text{ ПП(РС)ППК}_{\text{н}})^{2)}$ $(K_{\text{н}} \text{ ППСППК}_{\text{н}})^{1,2)}$
3Д2, 4Д3, 4Д4, 4Д5, 4Д6	-	-/35	-	-/20	$\frac{(K_{\text{рс}} \text{ ППСППК}_{\text{рс}})}{K_{\text{рс}} \text{ ППСППК}_{\text{рс}}}$
4Е3, 4Е4, 5Е5, 5Е6 и другие пути 5 класса	-	-/40	-	-/25	

* Указанный в графе 6 вид работ K_n (капитальный ремонт на новых материалах) может быть заменен на реконструкцию железнодорожного пути в зависимости от набора работ.

** Для капитального ремонта стрелочных переводов в знаменателе приведены ремонтные схемы, нормативные сроки выполнения этого вида ремонта см. в Положении.

Критерии выбора стрелочных переводов, подлежащих капитальному ремонту на новых и старогодных материалах.

Примечания:

1) Схема при нормативном сроке в годах на деревянных брусках.

2) Для 4 класса вместо K_n назначать K_{pc} .

Таблица 2.3 – Среднесетевые нормы периодичности реконструкции, капитальных ремонтов железнодорожного пути на новых и ремонтные схемы после проведения работ с укладкой в путь рельсов Р65 категории В

№ п/п	Класс, группа и категория пути	Нормативные сроки выполнения капитальных ремонтов пути на новых материалах, млн. т брутто	Виды путевых работ и очередность их выполнения за межремонтный цикл* (числитель – путь, знаменатель – стрелочные переводы)
		Бесстыковой путь	
1	2	3	4
1	1АС, 1БС, 1А1, 1А2, 1А3, 2А4, 2А5, 1Б1, 1Б2, 2Б3, 2Б4	1100	$\frac{K_n ПСППК_n}{K_n ПП(РС)ПП(РС)ППК_n}$
2	1ВС	1100/30 лет	
3	1ГС, 1ДС	30 лет	$\frac{K_n ПСПК_n}{K_n ПП(РС)ППК_n}$

* Указанный в графе 4 вид работ K_n (капитальный ремонт на новых материалах) может быть заменен на реконструкцию железнодорожного пути в зависимости от набора работ.

В кривых участках пути в период между реконструкцией и капитальными ремонтами пути предусматривается сплошная замена рельсов с периодичностью, приведенной в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Периодичность дополнительных сплошных замен рельсов в кривых участках железнодорожного пути по наружным нитям

№ п/п	Группа пути	Количество дополнительных замен рельсов категории Т1 (в скобках повышенной износостойкости) по наружным нитям в кривых в зависимости от радиуса кривой при наличии лубрикации ¹⁾	
		351–650 м вкл.	350 м и менее
1	2	3	4
1	А	2 (1)	3 (2)
2	Б, В	1 (1)	2 (1)
3	Г, Д	-	1 (-)

¹⁾ При отсутствии лубрикации количество дополнительных замен рельсов увеличивается на 1.

Назначение работ по видам ремонтов производится по фактическому состоянию пути, определяемому по результатам комплексной оценки состояния пути, диагностики и генеральных осмотров пути, с учетом нормативных сроков его службы и предельных значений дополнительных критериев, в т.ч. параметров надежности методологии УРРАН, определенных в соответствии с «Методикой расчета показателей надежности методологии управления ресурсами, рисками на этапах жизненного цикла и анализа

надежности (УРРАН) в дистанциях пути», утвержденной распоряжением
ОАО «РЖД» от 30 июня 2011г. № 1420р.

При назначении работ по видам ремонтов обязательным условием является наработка тоннажа или срока службы в годах не менее нормативного.

При наработке тоннажа (срока службы в годах) менее нормативного назначение капитальных ремонтов согласовывается с Управлением пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД».

При выборе основного критерия по реконструкции, капитальным ремонтам на новых и старогонных материалах учитываются только дефекты рельсов, приводящие к одиночной их замене, образование и развитие которых зависит и возрастает по мере наработки тоннажа.

Критерии выбора участков пути, подлежащих различным видам ремонтов, приведены в таблицах 2.5–2.8.

Таблица 2.5 – Критерии выбора участков, подлежащих реконструкции (модернизации), капитальному ремонту на новых и старогодных материалах при текущем планировании

Класс пути	Основные критерии		Дополнительные критерии			Критерии УРРАН	
	пропущенный тоннаж, срок службы в годах, % от нормативного ¹⁾	одиночный выход рельсов (в сумме за срок службы, с среднем на участке ремонта), шт./км ²⁾	количество негодных и дефектных элементов на 1 км верхнего строения пути, % и более			частота отказов, штук в год/км ⁴⁾	коэффициент прямых расходов, К _р ⁵⁾
			негодные дер. шпалы, %	негодные скрепления ³⁾ , %	число шпал с выплесками, %		
1	2	3	4	5	6	7	8
1 класс	не менее 100%	4 и более	15	15	4	более 0,2	более 0,5
2 класс	не менее 100%	4 и более	15	15	4	более 0,2	более 0,5
Главные пути 3 класса	не менее 100%	6 и более	20	25	6	более 0,2	более 0,5
Главные пути 4, 5 классов, станционные и специальные пути 3-4 классов	не менее 100%	8 и более	25	35	8	более 0,3	более 0,5
Остальные станционные, подъездные и прочие пути	Не лимитируется. Капитальный ремонт пути назначается начальником службы пути дирекции инфраструктуры на основе заявки начальника дистанции пути						

¹⁾ По таблице 6.1. или 6.2 Положения определяется нормативный срок службы в пропущенном тоннаже с учетом понижающих и повышающих коэффициентов или срок службы в годах.

²⁾ При определении одиночного выхода рельсов учитываются дефекты, образование и развитие которых зависит и возрастает по мере наработки тоннажа (дефекты: 10; 11.1-2; 17; 20; 21.1-2; 41), дефекты ЗОВ, ЗОГ, 69, дефекты пятой группы (кроме дефектов 55; 56.3; 59), дефекты седьмой группы. Выход уравнильных рельсов не учитывается.

³⁾ На пути с железобетонными шпалами со скреплениями КБ подсчитывается суммарный процент подкладок и закладных болтов, при бесподкладочных скреплениях - клемм и крепежителей (болтов, шурупов, анкеров), на пути с деревянными шпалами - подкладок и костылей.

Пример. На звеньевом пути негодных подкладок - 20%, костылей - 15%.

Следовательно, сумма процентов негодных элементов составит: 20+15=35%).

⁴⁾ Частота отказов определяется как среднее значение за два предыдущих года по отношению к году планирования ремонта на основе данных, взятых непосредственно из Комплексной автоматизированной системы, учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (далее - КАСАНТ). В учет принимаются отказы из групп КАС АНТ «Геометрические параметры рельсовой колеи» и «Рельсы: острodefектные и дефектные».

⁵⁾ Коэффициент прямых расходов рассчитывается по формуле:

$$K_p = P_{пр}/B_n,$$

где $P_{пр}$ - прямые расходы на текущее содержание пути, определяемые как среднее значение за последние два года, предшествующие году планирования ремонта в млн. рублей. К прямым расходам относятся трудозатраты, затраты на материалы, затраты на работу машин;

B_n - условное восстановительное начисление, рассчитываемое, как стоимость проведенной реконструкции (модернизации) или капитального ремонта пути на новых или старогодных материалах, деленная на нормативный срок (в годах) до очередной реконструкции (модернизации) или капитального ремонта пути на новых или старогодных материалах, определенных по таблицам № 6.1 или № 6.2 соответственно, млн. рублей».

Таблица 2.6 – Критерии выбора стрелочных переводов, подлежащих капитальному ремонту на новых и старогодных материалах

Класс пути	Основной критерий – достижения нормативного срока службы в зависимости от основания и степени годности металлических частей, млн. т. бр/годы				Дополнительные критерии		
	С железобетонными брусьями		С деревянными брусьями		Кол-во негодных деревянных брусьев, более %	Кол-во негодных скреплени й, более %	Кол-во брусьев с выплескам и, более %
	новые	старогодные	новые	старогодные			
1 - 3	350*/30	-	300/18	-	10	10	4
4	350*/35	200*/35	300/20	150/20	15	20	6
5	-/40	-/40	-/25	-/25	25	30	8

* Нормативные сроки службы стрелочных переводов на железобетонных брусьях понижаются при отсутствии сварки стыков на 15 %.

Примечания:

1. При меньшем количестве негодных брусьев вместо капитального ремонта стрелочного перевода с заменой всех брусьев может быть произведена сплошная замена металлических его частей с заменой негодных брусьев.

2. Подсчет негодных креплений ведется аналогично, приведенным в таблице 2.5 п.3.

Таблица 2.7 – Критерии выбора участков, подлежащих среднему ремонту

Класс пути	Основные критерии			Дополнительные критерии		Критерии УРРАН	
	загрязненность щебня, % по массе ¹⁾	количество шпал с выплесками , % более ¹⁾	потребн ость в замене балласта или очитке ²⁾	количество негодных, % более		индекс предотказов	коэффициент прямых расходов, К _р
				дер. шпал	скрепле ний ³⁾		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	30 и более	3	есть	10	12	более 0,18	более 0,15
2	30 и более	5		12	15	более 0,18	более 0,15
3	30 и более	7		15	20	более 0,3	более 0,15
4	30 и более	10		20	30	более 0,4	более 0,15
5	Не лимитируется. Средний ремонт пути назначается начальником дистанции пути по согласованию с начальником службы пути дирекции инфраструктуры						

¹⁾ Загрязненность щебня и количество выплесков оценивается в год, предшествующий назначению ремонта пути. При этом выплески, устраненные в течение года, также входят в эту сумму.

²⁾ Потребность в замене балласта имеет место при наличии в пути щебня слабых пород, щебня фракций, несоответствующих ГОСТ, необходимости замены асбестового или других видов балласта на щебеночный.

³⁾ Подсчет процента негодных креплений ведется аналогично приведенному в таблице 2.5.

Пороговые значения индекса предотказов для назначения ремонта пути определяются на основе обработки сигнальных файлов неровностей поверхности катания рельсов, измеряемых вагоном-путеизмерителем, по трем осям: в плане, профиле и по уровню. Назначение километров, подлежащих ремонту, производится по рассчитанным на километре значениям индекса предотказов и их анализу за три осенних месяца. Фактическая величина индекса предотказов как средняя величина за последние три месяца рассчитывается автоматически по программе «Автоматизированный расчет частично работоспособного (предотказного) состояния железнодорожной инфраструктуры (ПГРК-УРРАН)».

Примечание:

Подсчет коэффициента прямых расходов ведется аналогично приведенному в таблице 2.5.

Таблица 2.8 – Критерии выбора участков, подлежащих планово-предупредительному ремонту

Класс пути	Основные критерии		Дополнительные критерии			Критерии УРРАН
	количество отступлений II степени ¹⁾ , шт./км, более	загрязненность щебня, % по массе	негодные дер. шпалы, % не более	шпалы с выплесками, % не более	негодные скрепления, % не более	индекс предотказов
1	2	3	4	5	6	7
1 и 2	25	до 30	10	3	10	более 0,18
3	30	до 30	15	5	15	более 0,3
4	40	до 30	20	10	20	более 0,4
5	По усмотрению начальника дистанции пути					более 0,4

¹⁾ По показаниям вагона-путеизмерителя в среднем за 3 последних весенних месяца без учета отступлений по ширине колеи;

Примечание:

Подсчет процента негодных скреплений ведется аналогично приведенному в таблице № 2.5.

Порядок определения пороговых значений индекса предотказов аналогичен приведенному в таблице № 2.6».

Лекция №3. Организация и планирования текущего содержания на скоростных и особо грузонапряженных линиях

Одной из основных задач ведения путевого хозяйства является правильная организация текущего содержания пути, включающая в себя систематический надзор за комплексом сооружений железнодорожного пути и путевых устройств, а также содержание их в состоянии, гарантирующем безопасность и бесперебойность движения поездов с максимальными допускаемыми скоростями, при минимальных эксплуатационных расходах, изложенных в ПТЭ РФ.

Текущее содержание пути осуществляется круглогодично и на всем протяжении пути, включая участки, находящиеся в ремонте. Оно включает в себя диагностику состояния пути, изучение причин появления отступлений и неисправностей и выполнение работ по их устранению и предупреждению.

Одним из нормативных документов, регламентирующим текущее содержание пути на сети ОАО «РЖД» является «Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути».

Основным структурным подразделением путевого хозяйства, осуществляющим текущее содержание пути, является дистанция пути.

Основным структурным подразделением дистанции пути является эксплуатационный участок пути под руководством начальника участка пути или старшего дорожного мастера (ПЧУ).

Эксплуатационный участок пути делится на 3-4 околотка протяженностью не более 40 км развернутой длины главных путей на двухпутных и 30 км на однопутных линиях.

Околотком руководит дорожный мастер (ПД), основной задачей которого является своевременное и качественное выявление неисправностей и выполнение неотложных работ по их устранению. На околотке создается бригада по неотложным работам под руководством бригадира пути (ПДБ_н) численностью 10-12 монтеров пути.

Текущее содержание искусственных сооружений осуществляется дистанциями инженерных сооружений.

Дистанции пути должны иметь контингент монтеров пути в соответствии с нормами расхода рабочей силы на текущее содержание пути, установленными ОАО «РЖД», и утвержденным структурным делением дистанции, а также необходимое техническое оснащение, оборудование и инструменты.

Организация работ по содержанию пути, сооружений и устройств, обеспечивающих его функционирование, а также работ по содержанию рельсовых цепей (в объеме, выполняемом дистанцией пути) возлагается на начальников дистанций пути, их заместителей, старших дорожных мастеров, начальников участков, дорожных и мостовых (тоннельных) мастеров, бригадиров пути и бригадиров по искусственным сооружениям. На них же, а также на персонал диагностических средств, путеобследовательских и мостоиспытательных станций, обходчиков и дежурных по переездам (в зоне переездов) возлагается контроль за состоянием пути, сооружений и устройств, обеспечивающих его функционирование.

Указанными работниками должны периодически, в соответствии с установленными правилами, проверяться вверенные им участки пути, обеспечиваться высокое качество текущего содержания пути, сооружений и устройств, создаваться необходимые условия для бесперебойного и безопасного движения поездов с установленными скоростями, а также для продления срока службы элементов пути.

С целью большей оперативности при принятии неотложных мер по обеспечению безопасности движения поездов начальник дистанции пути, его заместитель, начальники участков, дорожные мастера и бригадиры пути должны обеспечиваться средствами мобильной связи.

Текущее содержание пути должно осуществляться при наиболее рациональном сочетании двух основных условий: обеспечения безопасности движения поездов с установленными скоростями и ресурсосбережения.

Рациональность такого сочетания достигается на основе деления путей на классы.

Текущее содержание пути построено на принципе проведения планово-предупредительных мероприятий и работ, предотвращающих появление неисправностей, выявление и устранения причин, их вызывающих, предусматривает увеличение сроков службы элементов пути.

Работы по текущему содержанию пути выполняют специализированными укрупненными путевые и мостовые бригады на линейных участках (околотках), а также специализированными бригадами по неотложным работам по результатам периодических проверок и контроля за состоянием пути и сооружений и заранее составленным планам и графикам.

В состав плановых работ по текущему содержанию входят следующие работы:

- выправка пути в профиле (подбивка шпал в сезон летних путевых работ, укладка прокладок в зимний период);
- выправка пути в плане (рихтовка);
- регулировка зазоров;
- перешивка и регулировка ширины колеи;
- одиночная смена рельсов, креплений и шпал;
- содержание балластной призмы;
- содержание земляного полотна (водоотводных сооружений, откосов земляного полотна);
- подготовка пути к зиме и пропуску весенних вод;
- разрядка температурных напряжений в рельсовых плетях;
- очистка рельсов и креплений от грязи, добивка костылей и поправка противоугонов на звеньевом пути с деревянными шпалами;
- смазка и закрепление стыковых, клеммных и закладных болтов;
- снего-водо-пескоборьба;
- выполнение работ, сопутствующих выправке пути с применением комплексов путевых машин;

- очистка рельсов и креплений от грязи;
- удаление загрязнителей из-под подошвы рельсов;
- уборка засорителей с поверхности балластной призмы;
- удаление из-под подошвы рельсов накопившихся регулировочных прокладок при железобетонных шпалах с отдельным креплением, или из-под подкладок пучинных карточек при деревянных шпалах с костыльным креплением;
- планировка балластной призмы (при необходимости с досыпкой балласта) и обочин земляного полотна;
- устранение недостатков в содержании электрических рельсовых цепей;
- очистка и планировка кюветов и других водоотводных сооружений;
- другие виды работ текущего содержания.

Бригады для выполнения неотложных работ работают по графику, который оперативно корректируется в течение дня в зависимости от результатов осмотра пути, работы диагностических средств и складывающейся на околотке обстановки.

Выполнение неотложных работ по обеспечению безопасности движения поездов включают следующие работы:

- замену острорельсовых рельсов;
- разрядку кустов негодных шпал и переводных брусьев;
- устранение неисправностей рельсовой колеи, требующих ограничения установленной скорости движения или его закрытия;
- устранение других расстройств, требующих ограничения скоростей движения или его закрытия;
- устранение неисправностей, записанных в журнал осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ и связи (ДУ-46).

Работы, которые планируются с учетом сезонности, выполняются бригадами по плановым работам с применением механизмов и инструментов.

На весенний период по мере освобождения пути от снега планируются работы:

- по отводу воды с пути и земляного полотна;
- закрепление противоугонов, стыковых, клеммных и закладных болтов, шурупов, поправка монорегуляторов;
- добивка костылей и довертывание шурупов на пути и стрелочных переводах.

Цель этих работ – предотвратить угон и расстройки пути в период оттаивания балласта и земляного полотна.

Помимо этих работ, по мере оттаивания балластной призмы заменяются негодные шпалы, дефектные рельсы, скрепления, производится перешивка пути, проводятся работы по предупреждению разжижения балластного слоя и появления выплесков, регулируются зазоры и рихтуется путь в местах с отступлениями от норм. При наступлении соответствующих температур производится разрядка температурных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути (там, где это требуется).

На летний период планируются работы:

- по выправке пути в местах просадок, отступлений по уровню и в плане подбивкой, подсыпкой или укладкой прокладок на отдельных неровностях;
- по подбивке отрясанных шпал;
- по регулировке зазоров;
- по одиночной замене негодных (не выполняющих своих функций) шпал и скреплений (в первую очередь, в стыках и на кривых участках пути);
- по прогрохотке щебеночного балласта в шпальных ящиках или замене балласта в местах наметившихся выплесков;
- по очистке кюветов, нагорных канав, лотков и др.

На осенний период планируются работы, направленные на предупреждение появления неисправностей пути в зимний период:

- выборочная регулировка зазоров в стыках;
- замена неработающих и поправка ослабших противоугонов;
- закрепление клеммных, закладных и стыковых болтов, монорегуляторов, шурупов на бесстыковом пути;

- исправление просадок в стыках и в местах отрясенных шпал способом подбивки, подсыпки;

- удаление загрязнителей балласта из-под подошвы рельсов;

- уборка с путей и стрелочных переводов на станциях и перегонах оставшихся материалов верхнего строения пути и посторонних предметов, которые могут мешать работе снегоочистителей и снегоуборочных машин в зимний период;

- установка снеговых кольев и снеговых щитов;

- очистка и подготовка водоотводных устройств к пропуску весенних вод.

На зимний период планируются работы:

- замена дефектных рельсов;

- исправление пути на пучинах;

- очистка стрелочных переводов от снега, желобов от напрессованного снега и льда и др.;

- смена негодных металлических частей стрелочных переводов;

- перешивка пути и стрелочных переводов;

- перестановка снеговых щитов и разделка валов после работы снегоочистителей.

В конце зимы в планы включают работы по вскрытию от снега кюветов, канав, русел у мостов с малыми отверстиями и труб.

На искусственных сооружениях и на подходах к ним (включая охранные приспособления на мостах с ездой на балласте и в зоне челноков на всех мостах) планируются работы:

- по устранению отступлений пути в плане, профиле и по уровню, выявленные путеизмерительным вагоном;

- по очистке элементов мостового полотна;

- по очистке и смазке уравнильных приборов;

- по регулировке зазоров в стыках и замене сезонных уравнильных рельсов;

- по очистке труб, лотков, водобойных колодцев, русел от наносов и зарослей;

- по подготовке малых искусственных сооружений к зиме;

- по подготовке искусственных сооружений к пропуску весенних вод, паводку и ледоходу.

При планировании плановых работ должны предусматриваться меры по устранению причин, вызывающих интенсивное расстройство пути.

К таким причинам, в основном, относятся:

- чрезмерная загрязненность балласта, в первую очередь, в стыках, вызывающая особо интенсивное нарастание в них просадок во время дождей и, как следствие, дефекты рельсов по стыковым рисункам;

- часто повторяющиеся по протяжению пути небольшие (II степени) отступления в плане, перекосы, просадки, зазоры между подошвой рельса и подкладками, снижающие сопротивляемость рельсов раскантовке при боковых воздействиях колес подвижного состава;

- угон рельсов звеньевое и бесстыкового пути, приводящий к разрыву стыков зимой и выбросу пути летом;

- негодные деревянные шпалы и узлы скреплений, в первую очередь, в кривых участках, способствующие возникновению нарушений ширины рельсовой колеи и раскантовке рельсов при боковых воздействиях подвижного состава на рельс;

- неплотное прилегание шейки остряка стрелки или подвижного сердечника крестовины к упорным накладкам, а также подошвы остряка или сердечника крестовины к подушкам и др.

Комплексные плановые работы планируют на участках пути, которые не попали в титульный список ремонтов. При этом на них:

- по показаниям путеизмерительных вагонов имеется большое количество отступлений II степени в профиле, плане, по уровню;

- много регулировочных прокладок между рельсом и подкладкой при раздельном скреплении и карточек под подкладками на деревянных шпалах;

- имеются отрясенные шпалы;
- требуется оправка балластной призмы и др., т.е. имеется необходимость выполнения нескольких видов самостоятельных работ со сплошным проходом по километру.

Плановые работы, выполненные с применением комплексов путевых машин, планируются на основе результатов осеннего осмотра и проверок пути и стрелочных переводов, при этом учитывается классность пути и пропущенный по нему тоннаж после последнего ремонта, а также интенсивность отказов технических средств с использованием методологии УРРАН.

На стрелочных переводах, расположенных на главных путях, комплексные планово-предупредительные работы должны планироваться одновременно с работами на пути. На стрелочных переводах, расположенных на приемо-отправочных и других станционных путях, комплексные работы планируются в зависимости от вида и количества отступлений, обнаруженных на них при осенних и месячных осмотрах и проверках, типа и конструкции стрелочных переводов, размеров движения по ним.

Плановые работы на километрах группируются по перегонам и эксплуатационным участкам с учетом предоставления «окон» и других эксплуатационных факторов, после чего составляется план-график выполнения работ на сезон по эксплуатационным участкам (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – План-график выполнения комплексных плановых работ на _____ дистанции пути в _____ году

Участок движения, № главного пути	№ эксплуатационного участка	Объем работ, км	Применяемые машины	Календарное время работ (число, месяц)	Фактическое время работ (число, месяц, объем)
А – Б, 1	1	15		1.05 – 31.05	10.05 – 15.06 14
Б – В, 2	2	10		1.06 - 20.06	15.06 – 1.07 10

К плану-графику прикладываются объемные ведомости по основным видам работ и потребности в материалах верхнего строения пути.

Ежегодные планы выполнения плановых работ на главных путях и расположенных на них стрелочных переводах с применением комплексов машин согласовываются с дирекцией инфраструктуры и дирекцией управления движением.

Плановые работы с применением комплексов машин выполняют в «окна» продолжительностью не менее 3 ч.

В эти же «окна» другие бригады по плановым работам выполняют работы, требующие перерывов в движении поездов, больших, чем интервал графика движения (одиночная замена рельсов, металлических элементов стрелочных переводов, регулировка зазоров в стыках, снятие пучинных карточек и др.).

На участках с интенсивным движением поездов в «окна» на плановые работы целесообразно использовать одновременно несколько комплексов машин.

На участках пути, которые попали в титульные списки ремонтов, работы по текущему содержанию выполняются в объемах, обеспечивающих безопасное движение поездов, бригадами по неотложным работам.

На основе планов выполнения плановых работ по текущему содержанию пути каждая дистанция пути разрабатывает для своих условий и на основе типовых технологических процессов:

- технологические процессы производства работ по километрам с учетом их фактических объемов, типов применяемых машин, численности путевой бригады, фронта работ и сроков их проведения;
- порядок обслуживания и стоянки машин в нерабочее время;
- способ ежедневной доставки путевых бригад к месту работ и обратно.

Работы по текущему содержанию пути должны выполняться в соответствии с установленными правилами и типовыми технологиями.

Технологические операции, входящие в общий комплекс работ, должны выполняться с последовательностью, исключающей повторяемость работ и обеспечивающей наилучшее их качество. Например, работы по удалению загрязнителей из-под рельса и с поверхности призмы, замене шпал, прогрохотке щебеночного балласта в местах выплесков, перегонке шпал выполняются до, а не после выправки пути с подбивкой шпал.

После окончания дневных работ все материалы должны быть убраны с пути и отвезены к местам их хранения или складирования.

При выполнении работ должны строго соблюдаться условия обеспечения безопасности движения и правила личной безопасности работников, о чем руководитель работ перед каждым выходом на работу инструктирует бригаду с учетом видов предстоящих работ и мест их проведения. То же самое должен делать любой работник, будучи руководителем работ, независимо от численности и состава рабочей группы.

При работах на пути и стрелочных переводах без закрытия движения поездов необходимо выполнять требования по исключению нарушений работы рельсовых цепей, а на электрифицированных участках должны быть приняты меры по защите рабочих от возможного поражения тяговым током.

Качество работ, выполняемых в соответствии с планом-графиком, должно контролироваться дорожным мастером или начальником участка при очередных осмотрах пути. После выполнения работ осуществляются соответствующие записи в формы первичного учета путевого хозяйства, в том числе с применением автоматизированной системы «Электронного технологического документооборота» (АС-ЭТД).

По истечении каждого месяца дорожные мастера представляют начальнику участка заполненные и обсчитанные графики работ за прошедший месяц.

Начальники дистанций пути, их заместители, главные инженеры, начальники участков, дорожные мастера и бригадиры пути должны систематически анализировать состояние пути и результаты работ, выявлять

недостатки в организации и технологии работ и принимать необходимые меры к их устранению, преследуя цель повышения надежности работ пути и продления сроков службы элементов верхнего строения.

На повышение эффективности текущего содержания пути, должны быть направлены и такие меры, как: эффективное использование машин и механизмов, технологических «окон»; регулярное проведение технической учебы работников дистанции; обобщение и применение передовых технологий и методов работ других путейских подразделений и предприятий и др.

Материальное поощрение работников пути за высокое качество текущего содержания и продление сроков службы элементов пути должно базироваться на объективных методах оценки состояния пути на километрах, участках и дистанциях пути по результатам натурных осмотров и проверок пути вагонами-путеизмерителями и другими измерительными средствами.

В состав работ по техническому обслуживанию пути, кроме работ по текущему содержанию пути, входят также промежуточные ремонты – средний и планово-предупредительный. Эти работы назначаются в тех случаях, когда объемы необходимых работ превышают нормативные затраты на текущее содержание пути.

При производстве работ по текущему содержанию пути на участках при движении поездов 141–200 км/ч должны соблюдаться следующие меры безопасности.

Перед выполнением работ на скоростных линиях руководитель работ производственного подразделения (дорожный мастер, начальник, электромеханик дистанции электрификации и электроснабжения, электромеханик дистанции сигнализации, централизации и блокировки и т.п.), осуществляющий организацию производства работ, должен выдать руководителям работ уточненную выписку из графика движения поездов по участкам планируемых работ. Должно иметься достаточно экземпляров

выписки, выдаваемых руководителям работ, для обеспечения ими всех сигналистов.

При планировании предстоящих работ руководитель структурного подразделения должен вместе с руководителями работ определить меры безопасности во время пропуска скоростных поездов при производстве работ, а также следовании к месту работы и обратно.

Руководители должны провести с работниками целевые инструктажи по охране труда, в том числе доведя до них сведения о мерах безопасности для конкретного места ведения работ.

Руководитель работ должен сделать заявку о выдаче локомотивным бригадам предупреждений об особой бдительности, а также сделать запись в Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств сигнализации, централизации и блокировки, связи и контактной сети (форма ДУ-46) о месте и времени выполнения работ.

Перед выходом на перегон руководитель работ должен:

- иметь уточненную выписку из расписания движения поездов;
- проверить работоспособность устройств радиосвязи;
- узнать лично по радиосвязи у дежурных по станциям, ограничивающим перегон, что заявка о выдаче предупреждений на поезда принята к исполнению, и сверить с ними часы;
- в месте сбора провести с работниками целевой инструктаж о мерах безопасного прохода к месту работ и обратно, мерах безопасного производства работ и пропуска скоростных поездов с записью в журнале регистрации инструктажей по охране труда;
- выставить сигналистов, обеспечив их сигнальными принадлежностями, исправными средствами радиосвязи и выписками из расписания движения поездов.

В случае отсутствия транспортных средств для доставки рабочих непосредственно к месту работ проход туда и обратно должен осуществляться в составе бригады под наблюдением руководителя работ в

стороне от пути или по обочине земляного полотна в направлении навстречу ожидаемому поезду.

На участках, оборудованных двухсторонней автоблокировкой, для определения направления движения поездов руководствуются сигналами автоматической блокировки. На участках, имеющих три и более путей, проход к месту работ и обратно необходимо осуществлять по обочине земляного полотна крайнего пути с полевой стороны. Перед началом движения по перегону руководитель работ должен получить оперативную информацию о движении поездов по неправильному пути. Идти следует по одному друг за другом или по двое в ряд, не допуская отставания.

Перед началом работ руководитель работ обязан:

- указать работникам место нахождения при пропуске скоростного поезда и места складирования инструментов и материалов;
- проверить работоспособность устройств радиосвязи;
- уточнить время проследования скоростного поезда у дежурного по станции и сверить с ним часы;
- оградить место работы (для участков с плохой видимостью и слышимостью в соответствии с утвержденными схемами ограждения места производства работ).

Не менее чем за 10 мин до прохода скоростного поезда все работы на пути, сооружениях и устройствах, в том числе их осмотры и проверки, должны быть прекращены. Путь, сооружения и устройства приведены в состояние, обеспечивающее безопасный пропуск поезда, материал и инструмент с пути убраны на обочину и не позднее чем за 5 мин до прохода поезда все работающие должны отойти на расстояние не менее 4 м от крайнего рельса при пропуске поезда со скоростью 141–160 км/ч и не менее 5 м при скорости 161–200 км/ч.

Начинать выполнение планируемых работ, требующих ограждения сигналами остановки. Если до прохода скоростного поезда остается менее 1 ч, запрещается. Если скоростной поезд по расписанию не проследовал,

необходимо проявлять особую бдительность и принимать меры к уточнению времени его проследования. Возобновлять работы до прохода скоростного поезда запрещено. Работы, проводимые на пути, соседнем с тем, по которому должен проследовать скоростной поезд, также должны быть прекращены заранее с таким расчетом, чтобы за 5 мин до прохода скоростного поезда на этом пути никого не оставалось.

Старшие дорожные мастера, дорожные, мостовые и тоннельные мастера, бригадиры пути и искусственных сооружений, дежурные по переездам и обходчики железнодорожных путей и искусственных сооружений должны иметь при себе выписку из расписания скоростных поездов.

Перед началом работ руководители работ должны уточнить время проследования скоростного пассажирского поезда у дежурного по станции или у поездного диспетчера.

Осмотры пути обходчиками железнодорожных путей и искусственных сооружений или монтерами пути, назначаемыми для осмотра, допускается производить только в светлое время суток.

Не менее чем за 10 мин до прохода поезда, следующего со скоростью более 140 км/ч, все съемные подвижные единицы (дефектоскопные и путеизмерительные тележки, путевые вагончики и др.) должны быть сняты с путей по маршруту следования скоростных поездов, а также с путей, имеющих выход на эти маршруты, и надлежаще закреплены.

Запрещен выезд на перегон съемных подвижных единиц, а также моторно-рельсового транспорта несъемного типа, если до прохода скоростного поезда остается менее 30 мин.

Дежурный по переезду или работник, выполняющий его обязанности, должен прекратить движение через переезд транспортных средств, самоходных машин и закрыть шлагбаумы за 5 мин до прохода скоростного поезда (независимо от того автоматические они или нет). Закрыв шлагбаумы, дежурный по переезду должен убедиться в свободности пути на переезде и в обе стороны от него, сойти с пути и, встав в установленном для встречи

поезда месте, подавать установленные сигналы. При пропуске поезда, следующего со скоростью 141–160 км/ч, дежурный по переезду должен находиться на расстоянии не менее 4 м от крайнего рельса и не менее 5 м при пропуске поезда со скоростью 161–200 км/ч.

На участках обращения скоростных поездов в целях обеспечения безопасности людей, обслуживающих рабочие поезда и находящихся на открытом подвижном составе, при следовании по перегону или при выполнении работ за 10 мин до прохода по соседнему пути скоростного поезда руководитель работ обязан прекратить работы, остановить рабочий поезд и за 5 мин все работники должны уйти с пути и с открытого подвижного состава в сторону на безопасное расстояние.

Машинисты путевых машин и поездов за 10 мин до прохода скоростного поезда должны привести рабочие органы машины со стороны соседнего пути в габаритное положение и принять необходимые меры к безопасному проследованию скоростного поезда, оставаясь в кабине управления.

Все работники, которые согласно должностным обязанностям могут руководить работами на пути и сооружениях, а также производить их осмотр, должны иметь ключи от телефонов переговорной связи и телефонные трубки для пользования этой связью.

При производстве работ, требующих остановки поезда, все сигналисты, а также руководители работ должны пользоваться биноклями и радиосвязью.

Порядок ограждения мест работ и обеспечения безопасности.

На участках скоростного движения поездов ограждение мест препятствий для движения поездов и мест производства работ на перегонах и станциях производят в порядке, установленном Инструкцией по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации, Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ.

При этом на участках со скоростями движения пассажирских поездов 161–200 км/ч расстояния А и Б принимают (рисунок 3.1) равными:

- на перегонах, где руководящие спуски менее 0,006 ‰, соответственно 1600 и 1800 м;

- на перегонах, где имеются руководящие спуски 0,006 ‰ и круче, но не более 0,010 ‰, соответственно 1700 и 1900 м.

Схема ограждения на перегоне мест производства работ, требующих остановки поездов при фронте работ 200 м и менее приведена на рисунке 3.2.

Работники, выполняющие работы на скоростной линии, должны владеть помимо знаний, установленных для конкретных профессий, знаниями о порядке ограждения мест производства работ на скоростной линии; времени ожидаемого проследования скоростных поездов по месту, на котором производятся работы, согласно выписке из расписания движения поездов; безопасных местах нахождения (укрытия) при проследовании скоростных поездов.

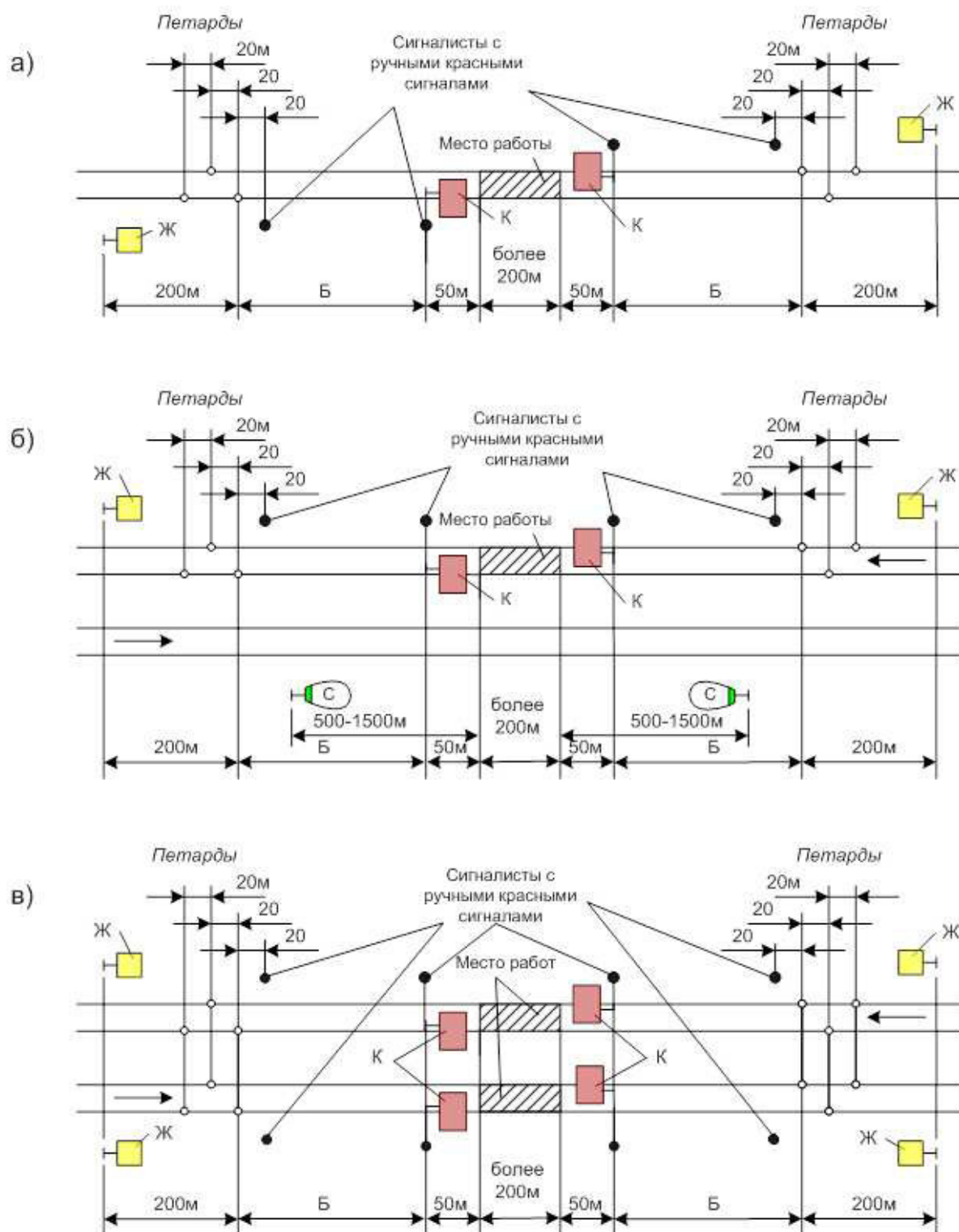


Рисунок 3.1 – Схема ограждения на перегоне мест производства работ, требующих остановки поездов при фронте работ более 200 м:

а – на однопутном участке; б – на одном из путей двухпутного участка; в – на обоих путях двухпутного участка

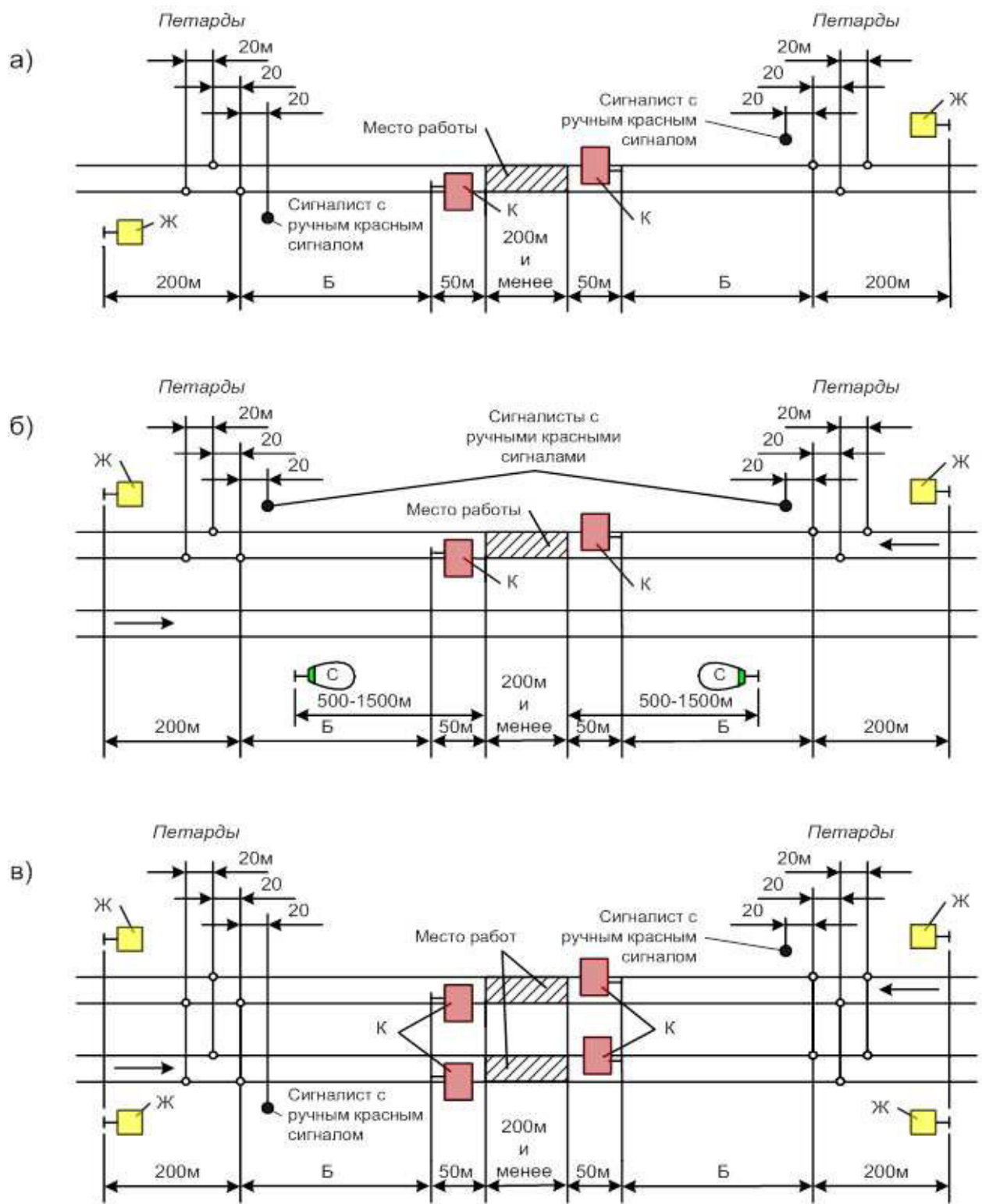


Рисунок 3.2 – Схема ограждения на перегоне мест производства работ, требующих остановки поездов при фронте работ 200 м и менее:

а – на однопутном участке; б – на одном из путей двухпутного участка; в – на обоих путях двухпутного участка

Лекция №4. Мониторинг состояния путевой инфраструктуры на участках скоростного и особо грузонапряженных линий

В настоящее время мониторинг железнодорожного пути представляет собой совокупность систематических процессов оценки, анализа и прогноза изменения состояния объектов эксплуатируемого железнодорожного пути, основанная на данных, получаемых при диагностировании пути с помощью технических осмотров и средств диагностики.

Целью мониторинга железнодорожного пути является постоянное и синхронизированное наблюдение за его техническим состоянием по множеству фиксированных параметров.

Среди основных задач мониторинга железнодорожного пути, можно выделить следующие:

- обеспечение безопасности движения поездов;
- контроль состояния пути, предупреждения его предотказного состояния;
- планирование и контроль выполнения работ по текущему содержанию пути;
- паспортизация железнодорожного пути;
- предпроектное обследование и планирование ремонтов пути;
- приемка и оценка качества проведенных ремонтных работ.

Для информационного обеспечения указанных задач на дорогах ОАО «РЖД» имеется четкая и организованная система мониторинга железнодорожного пути.

Система мониторинга направлена на то, чтобы отслеживать каждую неисправность пути в процессе ее развития, включая все возможные причины ее возникновения, периодичность возникновения, повторяемость и т.д., которая возникает в процессе эксплуатации под влиянием проходящего подвижного состава и природно-климатических факторов.

Одно из ключевых мест в системе мониторинга железнодорожного пути занимают путеизмерительные средства. В настоящее время на дорогах ОАО «РЖД» эксплуатируются следующие путеизмерительные средства:

- ручной путеизмерительный инструмент (шаблоны, скобы);
- путеизмерительные тележки (ПТ-7МК, ПТ-7МК-01, АКНОП);
- ручной путеизмеритель РПИ;
- вагоны-путеизмерители типа КВЛ-П разных модификаций;
- самоходные путеизмерители-дефектоскопы (МТКП и «Север»);
- вагоны путеобследовательские станции ЦНИИ-4;
- диагностические комплексы инфраструктуры (ДКИ) «ЭРА» и «ИНТЕГРАЛ»;
- нагрузочные поезда для оценки деформативности пути.

В таблице 4.1 приведены путеизмерительные средства, которые используются на сети железных дорог ОАО «РЖД» для решения различных задач путевого хозяйства.

Таблица 4.1 – Путеизмерительные средства для решения задач путевого хозяйства

№ п/п	Задачи путевого хозяйства	Тип путеизмерительного средства	Уровень использования информации
1	2	3	4
1	Обеспечение безопасности движения поездов	КВЛ-П, РПИ, ЦНИИ-4, ДКИ, путеизмерители-дефектоскопы, путеизмерительные тележки, ручной инструмент	ПЧ, П, ДИЦДМ, ДИ
2	Планирование и контроль выполнения работ по текущему содержанию пути	КВЛ-П, ЦНИИ-4, ДКИ, РПИ, путеизмерители-дефектоскопы, путеизмерительные тележки	ПЧ, П, ДИЦДМ, ДИ
3	Мониторинг состояния пути, предупреждение предотказного состояния пути	КВЛ-П, ЦНИИ-4, ДКИ, РПИ, путеизмерители-дефектоскопы, путеизмерительные тележки	ПЧ, П, ДИЦДМ, ДИ

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
4	Паспортизация железнодорожного пути и обеспечение ЕК АСУИ фактической информацией о характеристиках и состоянии объектов пути	ЦНИИ-4, ДКИ	П, ДИЦДМ, ДИ
5	Предпроектное обследование и планирование ремонтов пути	ЦНИИ-4, ДКИ, нагужочный поезд	ПЧ, П, ДИЦДМ
6	Оценка качества выполненных работ по реконструкции и ремонту пути	ЦНИИ-4, ДКИ, РПИ	ПЧ, ПМС, П, ДИЦДМ

Все путеизмерительные средства участвуют в обеспечении безопасности движения поездов – выявлении неисправностей, требующих ограничения установленных скоростей движения вплоть до закрытия движения.

Ручной путеизмерительный инструмент – это ручные измерительные средства, применяемые при осмотрах пути, локализации и уточнении на месте характеристик неисправностей, выявленных мобильными ПС.

Ручной путеизмерительный инструмент состоит из следующих контрольно-измерительных средств: линейки и рулетки, штангенциркули, шаблоны ЦУП и КОР, штангенциркуль путевой, скоба для измерения износа, мерный клин, приборы визуального контроля.

Путеизмерительные тележки являются средством контроля работ по текущему содержанию станционных путей, также применяются при осмотрах главных путей и для контроля качества промеров пути бригадами и дорожными мастерами ручным путевым шаблоном. Должны использоваться на станционных и малодеятельных путях, которые не проверяются регулярно вагонами путеизмерителями.

Путеизмерительные тележки всех модификаций (ПТ-7МК, ПТ-7МК-01, АКНОП) применяются для измерения и оценки ширины колеи и уровня ненагруженного пути, так же оборудованы регистратором выявленных визуально оператором нарушений в содержании пути.

Вагоны-путеизмерители КВЛ-П – основное средство ОАО «РЖД» регулярного контроля параметров геометрии рельсовой колеи и обеспечения безопасности движения по характеристикам состояния главных путей. Вагоны КВЛ-П моделей 1 и 2 являются контактными, не самоходными, всепогодными путеизмерителями, обеспечивающими при рабочих скоростях до 80 км/ч контроль и оценку характеристик геометрии рельсовой колеи:

- взаимного положения обеих рельсовых нитей по высоте (уровень);
- ширины рельсовой колеи (шаблон);
- стрел изгиба в плане от несимметричной хорды (рихтовка);
- просадок рельсовых нитей в вертикальной плоскости.

Потребителями информации от КВЛ-П являются дистанции и службы пути, центры диагностики. Информация используется для решения задач:

- обеспечения безопасности движения поездов;
- планирования и контроля выполнения работ по текущему содержанию пути, предупреждения предотказного состояния пути.

Ручные путеизмерители РПИ измеряют и автоматически оценивают все параметры рельсовой колеи, контролируемые вагонами путеизмерителями КВЛ-П, и характеристики положения пути в продольном профиле и плане. Путьеизмеритель РПИ является аналогом вагона-путеизмерителя КВЛ-П, но измеряет параметры ненагруженного пути.

Путьеизмерители РПИ используются для решения следующих задач:

- приемки и оценки качества выполнения работ реконструкции и ремонтам пути;
- оценки состояния геометрических характеристик ГРК на участках, не проверяемых регулярно вагонами КВЛ-П (станционные, с нормой ширины колеи 1435 мм);
- контроля выполненных работ по устранению неисправностей и подтверждения возможности отмены ограничений скорости движения поездов.

Основной задачей РПИ является использование для приемки отремонтированного пути и оценки качества выполнения ремонтных работ предприятиями ЦДРП.

Вагоны путеобследовательские станции ЦНИИ-4 с бесконтактным съемом информации контролируют более 20 параметров рельсовой колеи при скоростях до 140 км/ч, могут работать с отдельным локомотивом или в составе пассажирских поездов. ВПС ЦНИИ-4 используются для измерения и оценки параметров устройства и состояния колеи главных путей и для съемки профиля станционных путей. Информация используется при решении задач:

- контроля параметров устройства пути и состояния ГРК, оценки соответствия фактических характеристик пути установленным скоростям движения;
- съемки и оценки фактических параметров устройства железнодорожного пути в профиле и плане;
- паспортизации пути по параметрам устройства в плане, профиле и по геометрии колеи;
- оценки качества выполнения ремонтных работ и соответствия фактических параметров отремонтированного пути проектным характеристикам.

Параметры, контролируемые ВПС ЦНИИ-4, разделяются на определяемые непосредственно в процессе поездки и на вычисляемые после нее.

К параметрам, определяемым в процессе поездки, относятся:

- просадки рельсовых нитей в вертикальной плоскости;
- взаимное положение рельсовых нитей по высоте (уровень);
- стрелы изгиба в плане от несимметричной хорды (рихтовка);
- ширина рельсовой колеи в зоне нагружения от ходового колеса;
- ширина рельсовой колеи вне зоны нагружения от ходового колеса;
- боковой износ рельсов;

- угол поворота оси пути в плане;
- кривизна пути в плане;
- величина стыковых зазоров (зазоры);
- температура рельсов;
- смещение рельсовых плетей относительно маячных шпал (угон пути);
- длина пройденного пути и скорость движения.

К параметрам, вычисляемым после поездки, относятся:

- отметки продольного профиля пути;
- отклонения от паспортного положения пути в профиле;
- величины неровностей продольного профиля пути длиной до 200 м;
- параметры устройства кривых участков пути:
 - угол поворота кривой;
 - радиусы и возвышение в круговых кривых;
 - длины переходных кривых;
 - крутизна отвода возвышения в переходных кривых;
 - непогашенное ускорение и скорость его изменения;
 - допустимые скорости движения по фактическим параметрам кривой;
 - показатели расстройств кривой;
- отклонения от паспортного положения пути в плане;
- величины неровностей в плане длиной до 200 м;
- статистические характеристики неровностей ГРК.

Потребителями информации от ВПС ЦНИИ-4 являются службы и дистанции пути, дорожные центры диагностики, Управление пути и сооружений, проектные институты.

Диагностические комплексы контроля железнодорожной инфраструктуры (ДКИ) ЭРА и ИНТЕГРАЛ предназначены для комплексного обследования важнейших Направлений сети дорог по заданиям ОАО «РЖД» и решения задач:

- количественной оценки фактических характеристик устройства и состояния железнодорожного пути и его элементов;

- выявления отступлений параметров устройства и состояния железнодорожного пути и его элементов от установленных нормативов;
- получения объективной количественной информации для паспортизации объектов путевого хозяйства;
- планирования и проектирования работ по содержанию и ремонтам пути, контроля качества их выполнения;
- комплексной оценки фактического состояния пути и его отдельных элементов (дополнение данных генеральных осмотров пути).

Аппаратура ДКИ позволяет контролировать и оценивать, при максимальной комплектации аппаратно-программного комплекса, более 120 параметров железнодорожной инфраструктуры, в том числе характеризующие состояние железнодорожного пути по:

- геометрии рельсовой колеи (основные параметры ГРК, положение пути в плане и продольном профиле, длинные неровности);
- габаритам приближения строений, мостов, туннелей и величинам междупутного расстояния;
- параметрам рельсов (короткие неровности, фактические профили головок рельсов, их боковой и вертикальный износ, наклон поверхности катания и подуклонка, стыковые зазоры и динамические ступеньки);
- геометрическим размерам балластной призмы и земляного полотна (ширина плеча балластной призмы, ширина основной площадки земляного полотна, ширина обочины земляного полотна, крутизна откосов земляного полотна);
- состоянию нижнего строения пути по данным георадиолокации (границы слоев подшпального основания, их неровности в продольной и поперечной плоскостях, определение толщины слоев подшпального основания, наличия балластных корыт).

Нагрузочные поезда предназначены для оценки деформативности пути на назначенных по заданиям ЦДИ участках по различиям упругой осадки пути в вертикальной плоскости при приложении разной нормированной

нагрузки на путь. Существуют два нагрузочных поезда: СПМ-18 с нормированными нагрузками 10 и 23,3 т/ось; СМ-460 - 10 и 30 т/ось.

Ручной путеизмерительный инструмент применяется при различных видах осмотров и проверок пути, согласно требованиям Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути, а также для локализации и уточнении на месте характеристик неисправностей, выявленных мобильными ПС.

Путеизмерительные тележки являются основным средством контроля характеристик ГРК и обеспечения безопасности движения на станционных и малодеятельных путях, которые не проверяются регулярно вагонами-путеизмерителями КВЛ-П. Информация путеизмерительных тележек предназначена для управленческих решений на уровне дистанций пути.

Регулярному контролю вагонов-путеизмерителей КВЛ-П подлежат главные пути, где реализуются скорости движения поездов от 40 до 140 км/ч, или обращаются пассажирские поезда, независимо от их количества. Путеизмерители КВЛ-П являются основным источником оперативной информации о характеристиках ГРК для обеспечения безопасности движения и для оценки работ по текущему содержанию пути. Информация используется для управленческих решений на уровне дистанций и службы пути.

Путеизмерители КВЛ-П используются для мониторинга предотказного состояния пути в системе УРРАН.

Периодичность контроля пути путеизмерителями КВЛ-П определяется региональной дирекцией инфраструктуры в зависимости от грузонапряженности, категории пути и пропущенной поездной нагрузки.

Путеизмерители РПИ применяются для:

- приемки участков ремонта и оценки качества выполненных работ - основное предназначение РПИ;
- оценки параметров ГРК на участках, не проверяемых регулярно путеизмерителями КВЛ-П;

- съемки профиля и плана станционных путей.

Регулярному контролю ВПС ЦНИИ-4 подлежат пути 3-го класса и выше. Основные задачи контроля состояния пути ВПС ЦНИИ-4:

- текущее содержание пути;
- мониторинг состояния пути, паспортизация пути;
- оценка участков скоростного движения поездов;
- оценка кривых с оптимизацией и паспортизацией их параметров;
- съемка профиля станционных путей;
- предпроектное обследование участков будущего ремонта;
- планирование и оценка качества ремонтов пути.

Диагностические комплексы ЭРА и ИНТЕГРАЛ применяются для периодического обследования основных направлений сети дорог ОАО «РЖД» с целью:

- комплексной оценки железнодорожной инфраструктуры в целом;
- предупреждения предотказного состояния пути;
- паспортизации параметров устройства и состояния пути и его элементов, параметры подлежат выгрузке в Единую корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой (ЕК АСУИ);
- предпроектного обследования железнодорожного пути и планирования работ по ремонтам пути;
- оценки качества работ по реконструкции и капитальному ремонту пути.

С целью обеспечения безопасности движения и текущего содержания пути железнодорожный путь проверяется с установленной ОАО «РЖД» периодичностью. Паспортизация пути, предпроектное обследование, планирование и оценка ремонтов пути производится по годовым планам, утверждаемым региональными Дирекциями инфраструктуры.

Периодичность контроля состояния пути путеизмерительными тележками, самоходными дефектоскопами-путеизмерителями, вагонами-путеизмерителями КВЛ-П и путеизмерителями РПИ (при контроле

характеристик ГРК вместо КВЛ-П) устанавливает начальник региональной Дирекции инфраструктуры. Годовые объемы работ по контролю пути утверждаются Управлением диагностики и мониторинга ЦДИ.

План обследования основных направлений сети дорог диагностическими комплексами ЭРА и ИНТЕГРАЛ утверждается Центральной дирекцией инфраструктуры.

Периодичность контроля участка (направления) пути различными путеизмерительными средствами определяется, исходя из условий обеспечения безопасности движения и соблюдения технологии производства работ по текущему содержанию и ремонтам пути, в зависимости от:

- типа ПС;
- максимальной скорости на участке (направлении);
- грузонапряженности на текущий год эксплуатации;
- времени последнего ремонта (пропущенной поездной нагрузки);
- срока планируемого ремонта пути.

Порядок комплексного мониторинга железнодорожного пути для решения задач путевого хозяйства путеизмерительными средствами в зависимости от эксплуатационных условий приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Периодичность проверок пути путеизмерительными средствами

Тип путеизмерительного средства	Периодичность проверок пути							
	Максимальная скорость движения поездов, км/ч или грузонапряженность, млн. т·км брутто/км в год							
	250-201/-	200-141/-	140-101/-	-/более 100	60 и более/26-100	60 и более/10-25	менее 60/менее 10	станционные и приемо-отправочные пути
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Безопасность движения, текущее содержание и мониторинг состояния пути								
КВЛ-П	2 раза в мес (1)	2 раза в мес (1)	2 раза в мес	2 раза в мес	2 раза в мес	1 раз в мес (3)	1 раз в 3 мес (4), (5)	(8)
ЦНИИ-4	1 раз в мес	1 раз в 3 мес	1 раз в 3 мес	1 раз в 3 мес	1 раз в 6 мес	1 раз в 6 мес	-	(2)
КВЛ-ПЗ	2 раза в мес (1)	2 раза в мес (1)						
Путеизмерители-дефектоскопы, путеизмерительные тележки	-	-	-	-	-	-	1 раз в мес	1 раз в мес (7)

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ручной измерительный инструмент	Применяются при производстве работ по устранению отдельных отступлений, при натурной проверке неисправностей, выявленных путеизмерителями и ДКИ							(6)
Адресные задачи по заданиям дирекций инфраструктуры и ПДИ								
Предпроектное обследование, планирование и оценка качества ремонта								
РПИ	Приемка и оценка работ на участках ремонта по графику, утвержденному ДИ							
ЦНИИ-4	Предпроектное обследование, оценка работ на участках планирования и проведения работ по реконструкции и ремонту по графику, утвержденному ДИ						-	-
ДКИ							-	-
Нагрузочный поезд	Выборочное обследование по графику, утвержденному ДИ						-	-
Паспортизация пути, комплексное обследование инфраструктуры								
ДКИ, ЦНИИ-4	По графику, утвержденному ЦДИ							

Примечание. (1) – при наличии КВЛ-ПЗ он должен заменять КВЛ-П;

(2) - съемка профиля станций по графику, утвержденному ДИ

(3) - не реже 2 раза в месяц на участках с просроченным капитальным ремонтом пути, или имеющих нестабилизированное и большое земляное полотно, на котором ограничена скорость движения, или имеющих ограничение скорости движения по наличию негодных шпал, креплений, загрязненности балласта

(4) - не реже 1 раза в месяц на участках с просроченным капитальным ремонтом пути, имеющих нестабилизированное и большое земляное полотно, на котором ограничена скорость движения, имеющих ограничение скорости движения по наличию негодных шпал, креплений, загрязненности балластного слоя.

(5) - на участках со скоростями движения до 25 км/ч и грузонапряженностью до 10 млн. т·км брутто в год - 1 раз в полгода.

(6) - порядок осмотров и проверок пути ручным инструментом установлен в Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути.

(7) - прочие станционные и подъездные пути 1 раз в 3 месяца.

(8) - приемоотправочные пути для приема и отправления пассажирских поездов 1 раз в 3 месяца, остальные - 1 раз в 6 месяцев.

Нормативами устройства рельсовой колеи считают номинальные значения контролируемых параметров, установленных ПТЭ и утвержденной нормативной документацией, а также допускаемые (не требующие устранения) отклонения от них.

Допусками на содержание рельсовой колеи считают установленные нормативными документами допускаемые в зависимости от установленных скоростей движения отступления от номинальных значений, требующие устранения в очередности и сроки, которые зависят от степени отступления.

К параметрам устройства рельсовой колеи относят ее ширину, положение рельсовых нитей по уровню и в плане, радиус круговой кривой, наличие и длину прямой выправки у смежных кривых, совпадение отводов кривизны и возвышения наружного рельса и др.

Параметры, характеризующие положение рельсовых нитей в профиле, плане, по уровню и по ширине колеи называют геометрией рельсовой колеи (ГРК). Номинальные значения параметров ГРК характеризуют паспортное положение рельсовой колеи в продольном профиле, плане, по уровню и ширине колеи. Отклонения геометрических параметров рельсовой колеи от номинальных значений (отступления и неисправности) оценивают в зависимости от их величины и максимальной скорости движения поездов на участке.

Нормативы оценки состояния пути регламентируют порядок :

- измерения и регистрации путеизмерителями геометрических параметров рельсовой колеи;
- выявления и оценки отступлений и неисправностей контролируемых параметров от норм содержания рельсовой колеи;
- действий при ограничении скорости движения поездов или закрытия движения при обнаружении неисправностей рельсовой колеи.

Путеизмерители контролируют, регистрируют и оценивают следующие параметры:

- ширину колеи (сужение и уширение);
- положение рельсовых нитей по уровню (перекосы и плавные отклонения уровня);
- положение рельсовых нитей в плане (горизонтальные стрелы изгиба от хорды длиной 21,5 м в точке, расположенной на расстоянии 4,1 м от ее конца);
- просадки рельсовых нитей в вертикальной плоскости (стрелы изгиба рельсовых нитей от хорды длиной 17 м в точке, расположенной на расстоянии 2, 4 м от ее конца);
- сочетание отступлений по рихтовке с перекосами и просадками;
- параметры устройств кривых в плане и по возвышению наружного рельса;
- длинные неровности в плане и профиле (длиной до 150 м).

Отдельные отступления характеризуют величиной (амплитудой), длиной

и координатой (положением по пикетажу). Координатой отступлений по перекосам, просадкам, рихтовке и коротким горизонтальным неровностям считают середину отрезка между пиковыми значениями; координатой отступлений по плавным отклонениям уровня и ширине колеи — середину отрезка между точками начала и конца отступления данной степени.

Отклонения от норм содержания пути подразделяют при оценке на четыре степени (качественная оценка отступлений). Разделение отклонений от норм содержания пути на степени производят по приближению к предельным значениям, требующим ограничения скоростей движения поездов, и в зависимости от потребности проведения необходимых путевых работ:

- отступления, требующие ограничения скорости движения или его закрытия и проведения неотложных работ, являются отступлениями четвертой (IV) степени (неисправностями);

- отступления, близкие по величине к предельным значениям, по которым ограничивается скорость движения поездов, являются отступлениями третьей (III) степени (устраняют в первоочередном порядке);

- отступления, устраняемые в плановом порядке, – вторая (II) степень;

- отклонения, превышающие установленный ТУ допуск, но не требующие устранения при текущем содержании пути, – первая (I) степень.

Для каждого отступления определяют балльную оценку. Величины баллов установлены в зависимости от их амплитуды, длины и установленной скорости движения поездов.

Оценка отступлений по ширине колеи. Ширину колеи определяют по расстоянию между боковыми рабочими гранями рельсов в точке, расположенной на 13 мм ниже поверхности катания головки рельсов, которая при номинальной величине подуклонки рельса 1/20 соответствует точке, расположенной на 16 мм ниже линии, соединяющей верх головок рельсов. Номинальный размер ширины колен в прямых участках пути и в кривых радиусом 350 м и более – 1520 мм. На более крутых кривых установлен для деревянных и специальных железобетонных шпал номинальный размер колеи, мм:

- при радиусе от 349 м до 300 м 1530
- при радиусе 299 м и менее 1535.

На участках железнодорожных линий и путях с укладкой путевой решетки до 1993 г. включительно допускают в прямых участках пути и в кривых радиусом более 650 м номинальный размер ширины колеи 1524 мм. При этом на более крутых кривых номинальный размер ширины колеи должен быть, мм:

- при радиусе от 650 м до 450 м 1530
- при радиусе от 449 м до 350 м 1535
- при радиусе 349 м и менее 1540.

Ширину колеи оценивают по величине отклонения от номинального размера ширины колеи согласно нормативам таблиц 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 – Степени отступления по ширине колеи

Диапазон скоростей, км/ч (пасс./груз.)	Степень	Уширение при номинале, мм					Сужение, мм				
		1520	1524	1530	1535	1540	1520	1524	1530	1535	1540
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
121–140/ 81–90	1	8	8	6	–	–	4	4	4	–	–
	2	12	10	8	–	–	6	10	10	–	–
	3	14	12	10	–	–	8	12	12	–	–
	4	Более									
		14	12	10	–	–	8	12	12	–	–
61–120	1	8	8	8	6	–	4*	4	4	4	–
	2	14	12	14	9	–	6*	10	10	12	–
	3	18	16	16	11	–	8*	12	15	18	–
	4	Более									
		18	16	16	11	–	8*	12	15	18	–
26–60	1	8**	8**	8**	8**	6	4*	4	4	4	4
	2	20	16	14	11	8	6*	10	10	12	15
	3	26	22	16	13	–	8*	12	15	18	20
	4	Более									
		26	22	16	13	8	8*	12	15	18	20
25 и менее	1	10	10	10	9	6	4*	4	4	4	4
	2	26	22	16	11	8	6*	10	10	12	15
	3	28	24	18	13	–	8*	12	15	18	20
	4	Более									
		28	24	18	13	8	8*	12	15	18	20

* Для участков с железобетонными шпалами выпуска до 1996 г. – допуск увеличивают на 2 мм.

** Для участков со скоростями движения поездов до 50 км/ч – 10 мм.

Таблица 4.4 – Оценка отступлений по ширине колеи на скоростных линиях (кроме стрелочных переводов и уравнительных стыков)

Диапазон скоростей, км/ч	Степень	Уширение, мм		Сужение, мм
		прямые и кривые R > 3000	кривые R < 3000	
141-200	1	от 1526 до 1528	от 1526 до 1528	от 1517 до 1516
	2	до 1532	до 1534	до 1514
	3	до 1534	до 1536	до 1512
	4	более 1534	более 1536	менее 1512
201-250	1	от 1523 до 1524		1518
	2	до 1528		до 1516
	3	до 1534		до 1514
	4	более 1534		менее 1514

Отвод ширины колеи, определяемый на базе 2 м, не должен превышать значений, приведенных в таблице 4.5

Таблица 4.5 – Допускаемые отводы ширины колеи

Установленная скорость, км/ч	Отвод ширины колеи*, мм/м
Более 140	Не более 2,0
121–140	Не более 2,5
101–120	Не более 3,0
81–100	Не более 3,5
61–80	Не более 4,0
26–60	Не более 4,5
25	Не более 5,0
Закрытие движения	Более 5,0

*Кроме стрелочных переводов и уравнительных стыков.

Для ограничения скорости движения превышение допуска должно быть на длине пути не менее 2 м.

Оценка отступлений по уровню (взаимному положению по высоте головок рельсов). Отклонения рельсовых нитей по уровню от номинальных значений разделяются на плавные отклонения и перекосы.

К *перекосам* относят отклонения по уровню от нулевой линии при расстоянии между вершинами (наибольшими значениями) отклонений до 20 м. Перекосы оценивают по нормативам (см. таблицу 4.6) в зависимости от величины отклонения и его длины. Отклонение по уровню на длине от 20 м до 30 м оценивают как перекос с величиной, измеренной на расстоянии 20 м от той из вершин, где величина перекоса наибольшая.

Таблица 4.6 – Степени отступлений по уровню и перекосам

Диапазон скоростей, км/ч (пасс/груз)	Степень	Величина отклонения по уровню*, ** мм	Величина перекоса, мм	
			длиной до 10м	длиной от 10 до 20 м
1	2	3	4	5
201-250	I	от 5 до 6	от 6 до 8	от 6 до 8
	II	до 13	до 10	до 12
	III	до 16	до 12	до 14
	IV	более 16	более 12	более 14
161-200	I	от 5 до 6	от 6 до 8	от 6 до 8
	II	до 15	до 11	до 12
	III	до 20	до 13	до 15
	IV	более 20	более 13	более 15
141-160	I	от 5 до 6	от 6 до 8	от 6 до 8
	II	до 15	до 11	до 12
	III	до 20	до 14	до 16
	IV	более 20	более 14	более 16
121 —140/ 81—90	I	от 8 до 10	от 7 до 9	
	II	до 16	до 13	
	III	до 20	до 14	до 16
	IV	более 20	более 14***	более 16
61-120/ 61—80	I	от 8 до 11	от 9 до 11	
	II	до 20	до 16	
	III	до 25	—	до 20
	IV	более 25	более 16	более 20
60 и менее	I	от 12 до 15	от 12 до 15	
	II	до 25	до 20	
более 40 до 60	III	до 30	до 25	
более 15 до 40		до 35	до 30	
15		до 50	до 50	
более 40 до 60	IV	более 30	более 25	
более 15 до 40		более 35	более 30	
Закрытие движения		более 50	более 50	

* Оценку плавных отклонений по уровню производят от утвержденного паспортного возвышения.

** В кривых участках пути допускаемую скорость определяют по результатам расчета непогашенного ускорения, скорости его изменения и крутизны отвода возвышения.

*** При обнаружении в кривых радиусом менее 850 м перекоса длиной до 10 м и величиной более 13 мм скорость для грузовых поездов, имеющих в своем составе порожние вагоны, ограничивают до 60 км/ч.

Дополнительно нормируют резкие изменения уровня (короткие перекосы). Изменения (приращения) уровня на длине 2,5 м не должны превышать величин, указанных в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Нормативы допустимых изменений уровня на базе 2,5 м

Диапазон скоростей, км/ч	Допустимая величина изменения уровня на базе 2,5 м, мм
201–250	7
161–200	8
141–160	9
121–140	11
101–120	13
80–100	16

При величине изменения уровня более 16 мм скорость движения поездов ограничивают до 60 км/ч.

К плавным отклонениям по уровню относят отклонения средней линии уровня от нулевой линии в одну сторону на длине более 30 м и оценивают по нормативам таблицы 4.6 по величине отклонения относительно нулевой линии, которая на прямых участках соответствует нулевому возвышению одной нити над другой или возвышению ± 6 мм на участках длиной не менее 200 м, где эта норма установлена приказом начальника дистанции пути, границу I степени увеличивают на 6 мм, на кривых участках – значению возвышения, установленному приказом начальника железной дороги (начальника региональной дирекции инфраструктуры), паспортному возвышению в кривой, кроме участков, находящихся в ремонте; на участках ремонта, где действуют ограничения скорости движения поездов до сдачи километра в постоянную эксплуатацию, – фактическому возвышению при его соответствии установленной скорости движения поездов.

Оценка отступлений по просадкам. Просадки рельсовых нитей, представляющие собой неровности рельсовых нитей в продольном направлении длиной до 10 м, определяют по каждой рельсовой нити. Оценку просадок производят по нормативам таблицы 4.8. Просадки длиной более 6 м до 10 м оценивают по максимальной величине на расстоянии 6 м от той из вершин, где величина просадки наибольшая.

Просадки оценивают поштучно (в зависимости от степени), к учету на километре принимают суммарное количество просадок по обеим нитям.

Таблица 4.8 – Степени отступлений по просадкам

Диапазон скоростей, км/ч (пасс/груз)	Степень	Величина просадки, мм
201—250	I	от 6 до 8
	II	до 12
	III	до 16
	IV	более 16
141—200	I	от 6 до 8
	II	до 14
	III	до 18
	IV	более 18
121—140/81—90	I	от 9 до 11
	II	до 15
	III	до 18
	IV	более 18
61-120/61-80	I	от 10 до 14
	II	до 20
	III	до 25
	IV	более 25*
60 и менее	I	от 15 до 20
	II	до 25
более 40 до 60	III	до 30
более 15 до 40		до 35
15		до 45
более 40 до 60	IV	более 30
более 15 до 40		более 35
Закрытие движения		более 45

* При обнаружении в кривых радиусом менее 850 м просадки величиной более 20 мм скорость для грузовых поездов с порожними вагонами ограничивают до 60 км/ч.

Оценка положения пути в плане. Оценке подлежат отступления в плане при расстоянии между наибольшими вершинами отклонений от нулевой линии до 20 м (это соответствует длинам неровностей до 40 м). В круговых и переходных кривых оценивают отступления по наружной нити, в прямых участках – по рихтовочной нити (неисправности IV степени учитывают по обоим нитям). Отступления в плане оценивают поштучно. Степень отступлений определяют по нормативам таблицы 4.9.

Таблица 4.9 – Степени отступлений пути в плане

Диапазон скоростей, км/ч (пасс/груз)	Степень	Разность стрел изгиба, мм		
		длиной до 20 м включительно	более 20 до 40 м включительно	
1	2	3	4	
201-250	I	от 7 до 9	от 9 до 10	
	II	до 14	до 15	
	III	до 18	до 20	
	IV	более 18	более 20	
181-200	I	от 8 до 10	от 10 до 12	
	II	до 15	до 18	
	III	до 20	до 25	
	IV	более 20	более 25	
161-180	I	от 9 до 10	от 10 до 12	
	II	до 15	до 18	
	III	до 25	до 27	
	IV	более 25	более 27	
141-160	I	от 9 до 10	от 12 до 15	
	II	до 15	до 20	
	III	до 25	до 30	
	IV	более 25	более 30	
121-140/81-90	I	от 9 до 10	от 16 до 20	
	II	до 15	до 25	
	III	до 25	до 35	
	IV	более 25*	более 35	
61—120/61—80	I	от 15 до 20	от 21 до 25	
	II	до 25	до 35	
	III	до 35	до 40	
	IV	более 35*	более 40	
60 и менее	I	до 25	до 30	
	II	до 35	до 40	
более 40 до 60	III	до 40	до 50	
более 15 до 40		до 50	до 65	
15		до 65	до 90	
		до 10 м**	от 10 до 20 м	от 20 до 40 м
более 40 до 60	IV	более 35	более 40	более 50
более 15 до 40		более 40	более 50	более 65
Закрытие движения		более 45	более 65	более 90

* При обнаружении в кривых радиусом менее 850 м отступления в плане длиной до 10 м и величиной более 20 мм или длиной до 20 м и величиной более 25 мм скорость для грузовых поездов, имеющих в своем составе порожние вагоны, ограничивают до 60 км/ч.

** В кривых радиусом менее 850 м.

Оценка сочетаний отступлений в плане и профиле. Для путей с установленной скоростью движения поездов более 60 км/ч установлены следующие ограничения скорости по сочетанию отступлений:

– до 120/80 км/ч или 60 км/ч при сочетании перекоса или просадки и неровности в плане величиной более указанной в таблице 4.10;

– до 60 км/ч при наличии подряд трех и более периодических (отличающихся по длине не более 20 %) неровностей в плане длиной до 20 м и величиной более 25 мм или перекосов длиной до 10 м величиной более 16 мм на отрезке длиной до 100 м, или просадок величиной более 20 мм на длине до 30 м.

Таблица 4.10 – Допустимые величины сочетаний отступлений в плане и профиле

Требуемая величина ограничения скорости движения поездов (числитель – пассажирские, знаменатель – грузовые, км/ч)	Граничные значения, мм	
	Сочетание перекосов длиной до 10 м и просадок (числитель) с отступлениями в плане (знаменатель) длиной до 20 м	
	перекос	просадка
120/80	более 12/15	более 12/15
60	более 16/25 более 11*/15	более 20/25 более 15*/15

* В кривых радиусом менее 850 м для грузовых поездов, имеющих в своем составе порожние вагоны.

Сочетание отступлений, требующее ограничение скорости движения поездов, классифицируют и учитывают как неисправность IV степени (см. таблицу 4.10).

Оценка отступлений на средних и больших мостах, в тоннелях и на подходах к ним. На мостах, в тоннелях и на подходах к ним просадки, перекосы и рихтовки III и IV степеней оценивают согласно нормативам таблиц 4.7–4.9 с уменьшением граничных значений на 10% при округлении их в меньшую сторону. Указанные изменения пороговых значений не распространяются на дополнительные ограничения, введенные для грузовых поездов, имеющих в своем составе порожние вагоны. Эти условия распространяют на средние и большие мосты и тоннели: длиной от 25 до 100 м и подходы к ним по 200 м в каждую сторону; длиной более 100 м и подходы к ним по 500 м в каждую сторону.

При этом отступления в плане учитывают по обоим рельсовым нитям.

Оценка участков пути по состоянию рельсовой колеи. Состояние

рельсовой колеи на километрах и участках пути, обслуживаемых подразделениями путевого хозяйства, определяют на основании суммарной балловой оценки отступлений от норм содержания рельсовой колеи.

Количественная и качественная оценки, устанавливаемые для километров, участков и дистанций пути, служат оценкой качества работы подразделений по устранению локальных отступлений рельсовой колеи.

Количественную оценку километра назначают как сумму штрафных баллов всех отступлений II степени и выше, их сочетаний, выявленных на километре, и приводят к длине километра. Балльную оценку начисляют за следующие виды отступлений: уширение и сужение рельсовой колеи; перекосы; плавные отклонения уровня; просадки рельсовых нитей; отклонения пути в плане (рихтовка); сочетание отступлений в плане и профиле.

Балльная оценка индивидуального отступления зависит от его степени, амплитуды и длины; чем больше степень и амплитуда отступления, тем больше балл. Для одного типа отступления при одинаковом значении амплитуды значение балла тем больше, чем меньше длина отступления.

Балльную оценку начисляют за каждый отдельный перекос, просадку или рихтовку. Балльную оценку уширения, сужения и плавных отклонений уровня начисляют в зависимости от протяженности (длины) отступления.

Качественную оценку километра определяют в соответствии с их балльной оценкой и устанавливают в соответствии с таблицей 4.11.

Таблица 4.11 – Количественная и качественная оценка километра

Качественная оценка километра	Сумма баллов за отступления на километре	
	для установленных скоростей движения более 60 км/ч	для установленных скоростей движения 60 км/ч и менее
Отлично (О)	0-5	0-3
Хорошо (Х)	6-15	4-10
Удовлетворительно (У)	16-99	11-99
Неудовлетворительно (Н)	100 и более	100 и более

Лекция №5. Управление техническим обслуживанием железнодорожного пути скоростных и особо грузонапряженных линий с использованием основных принципов методологии УРРАН

В стратегии научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года («Белая книга ОАО «РЖД») определены ориентиры инновационного развития компании. Одним из таких ориентиров являются требования к безотказности, эксплуатационной готовности, ремонтпригодности и безопасности.

В компании предусматривается повышение коэффициента эксплуатационной готовности до 0,98, снижение трудоемкости текущего и среднего ремонтов на 50%, пробега между техническими обслуживаниями в 3-10 раз.

В настоящее время доля стоимости основных фондов инфраструктуры составляет более 60% от общей стоимости основных средств ОАО «РЖД», а доля эксплуатационных затрат на объекты инфраструктуры составляет порядка 35% от общего объема затрат. Оптимизация расходов на содержание инфраструктуры является одной из ключевых задач компании.

Значительный рост цен на материалы в последнее время приводит к существенному увеличению себестоимости ремонтов. По этой причине при сохранении величины годового финансирования ремонта объемы работ имеют тенденцию к постоянному уменьшению. В результате нарастает протяженность участков пути и число других объектов инфраструктуры с просроченными ремонтами различного вида.

Кроме того имеются участки пути, которые несмотря на достигнутый нормативный тоннаж, имеют по многим фактическим показателям удовлетворительное или хорошее состояние и, как следствие, не требуют первоочередных материальных вложений и проведения капитальных ремонтных работ.

Создавшиеся условия, а также процессы изменения организационной структуры ОАО «РЖД» подвели к тому, что требуется применение концепции комплексного управления надежностью и рисками с использованием методологии обеспечения безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности на железнодорожном транспорте (RAMS), в соответствии с IEC 62278, а также национальных стандартов ГОСТ серии 27.xxx «Надежность в технике» и ГОСТ Р серии 51901.x «Менеджмент риска». ОАО «РЖД» данная методология была трансформирована и на стоимость жизненного цикла и долговечность и получила название «УРРАН». УРРАН – методология Управления Ресурсами, Рисками и затратами и Анализ Надежности и безопасности на этапах жизненного цикла с учетом долговечности и человеческого фактора.

Цель внедрения данной методологии состоит в решении одной из основных задач инновационного развития ОАО «РЖД» – сокращении стоимости жизненного цикла объектов инфраструктуры и подвижного состава при условии обеспечения высокого уровня надежности технических средств и требуемого уровня безопасности перевозочного процесса.

Комплексное управление надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте предназначено для реализации следующих основных задач (рисунок 5.1):

- управление эксплуатационной работой компании с помощью системы эксплуатационных показателей надежности, выраженных в единицах измерения объема выполненной работы каждым хозяйством ОАО «РЖД»;
- принятие управленческих решений по эксплуатации инфраструктуры и подвижного состава компании должно производиться на основе оценки рисков на всех этапах жизненного цикла;
- в основу управления безопасностью перевозочного процесса положены следующие постулаты:
 - абсолютной безопасности не существует – после принятия защитных мер всегда остается некоторый остаточный риск;

- безопасность достигается путем уменьшения риска до допустимого уровня. Остаточный риск не должен быть выше допустимого уровня;
- допустимый уровень риска оценивается и корректируется на всех этапах жизненного цикла;
 - при управлении экономическими рисками производственной деятельности ОАО «РЖД» следует руководствоваться принципом ALARP;
 - все процедуры принятия управленческих и иных решений в эксплуатационной работе ОАО «РЖД» на всех этапах жизненного цикла должны осуществляться в соответствии с требованиями разрабатываемых нормативных документов ОАО «РЖД» в рамках данного направления;
 - взаимодействие со смежными компаниями, взаимодействующими в перевозочном процессе, разработке, техническом обслуживании с ОАО «РЖД», должно осуществляться по единым нормативным документам в рамках реализации данного направления.



Рисунок 5.1 – Комплексное управление надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте

Применение комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте позволяет:

1) количественно оценивать производственную деятельность хозяйств с учетом отказов и организации технического обслуживания и эксплуатации;

2) контролировать и сопоставлять деятельность структурных подразделений в рамках хозяйства на основании показателей, учитывающих характеристики структурных подразделений и их производственной деятельности;

3) прогнозировать количество предполагаемых отказов с учетом заданного объема произведенной работы;

4) оценивать реальные потери в зависимости от надежности технических средств;

5) оперативно решать вопросы обеспечения безопасности перевозочного процесса и т.д.

Комплексное управление надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте представляет собой технологию, способствующую повышению качества услуг на железнодорожном транспорте. Данная технология характеризуется несколькими компонентами, а именно:

- элементы;

- факторы, влияющие на надежность и безопасность объектов железнодорожного транспорта, а также средства достижения надежности и безопасности;

- риск и полнота безопасности;

- стоимость жизненного цикла (СЖЦ).

На рисунке 5.2 приводится схема основных компонентов комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте.

Надежность и безопасность являются характеристиками продолжительной работы системы и достигаются посредством применения существующих инженерных понятий, методов, средств и технологий в течение жизненного цикла системы.



Рисунок 5.2 – Основные компоненты комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте

Надежность и безопасность системы может быть охарактеризована как качественными, так и количественными показателями уровня данной системы или подсистем и компонентов, составляющих данную систему, при которых можно полагаться на то, что они функционируют надлежащим образом, а также готовы к эксплуатации и безопасны.

Надежность системы зависит от безотказности системы с точки зрения вероятности возникновения каждого вида отказа, ремонтпригодности, с точки зрения времени обнаружения, локализации и восстановления вида отказа, долговечности, с точки зрения среднего срока службы, а также от средств технического обслуживания с точки зрения доступности запасных частей, правил технического обслуживания и человеческими факторами для выполнения действий по техническому обслуживанию.

Поэтому основной целью железнодорожной системы является достижение определенного уровня железнодорожных перевозок в течение заданного времени безопасным образом, в том числе за счет рационального и грамотного проведения ремонтных работ.

Основными показателями методологии УРРАН являются:

- 1) надежность;
- 2) безопасность;
- 3) риск;
- 4) стоимость жизненного цикла и др.

В методологии УРРАН показатель надежности представляет собой свойство системы или объекта сохранять с течением времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

Надежность системы или объекта железнодорожного транспорта, в свою очередь, подразделяется и зависит от следующих показателей: от безотказности с точки зрения вероятности возникновения каждого вида отказа, ремонтпригодности с точки зрения времени обнаружения, локализации и восстановления вида отказа, долговечности с точки зрения среднего срока службы, а также от средств технического обслуживания с точки зрения доступности, правил технического обслуживания и человеческими факторами для выполнения действий по техническому обслуживанию.

Отсюда показатель безотказности представляет собой свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. Целевые показатели безотказности системы или объекта определяются согласно категориям отказов, приведенных в таблице 5.1. Отказом называется событие, заключающееся в нарушении работоспособности состояния объекта.

Таблица 5.1 – Категории отказов технических средств

Категория отказа	Определение
I	Отказ, который приводит к задержке пассажирского или пригородного поезда на 6 минут и более, грузового поезда на перегоне (станции) на 1 час и более или приведшие к случаям нарушения безопасности движения в поездной или маневровой работе (согласно действующих нормативных документов).
II	Отказ, который приводит к задержке грузового поезда на перегоне (станции) продолжительностью от 6 минут до 1-го часа, или когда оказанное воздействие привело к ухудшению эксплуатационных показателей, исключая задержки поездов относящиеся к отказам I-ой категории.
III	Отказ, который не имеет последствий, относящихся к отказам I-ой и II-ой категории; учет данных отказов производится в рамках автоматизированных систем управления хозяйств.

Примечание. Для классификации отказа технического средства необходимо принимать во внимание задержки, как первого, так и последующих поездов (пассажирских, пригородных и грузовых), допущенных по причине данного отказа.

Основные показатели безотказности устройств и систем железнодорожного транспорта приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Показатели безопасности

Показатель	Обозначение	Размерность
Вероятность безотказной работы	$P(x)$	Безразмерная
Вероятность отказа	$Q(x)$	Безразмерная
Средняя наработка до отказа (для неремонтируемых элементов)	X_1	Объем производительной работы (время)
Средняя наработка на отказ (для ремонтируемых элементов)	X_{cp}	Объем производительной работы (время)
Интенсивность отказов	$\lambda(x)$	Отказы/объем производительной работы (время)

Вероятность безотказной работы можно представить в следующем виде:

$$P(x) = P(X > x), \quad (5.1)$$

где X – наработка элемента от его включения до первого отказа;

x – наработка, в процессе которой определяется вероятность безотказной работы.

Вероятность отказа определяется по формуле:

$$Q(x) = P(X \leq x), \quad Q(x) = 1 - P(x). \quad (5.2)$$

Средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки объекта до первого отказа, определяется по формуле:

$$X_1 = \int_0^{\infty} P(x) dx. \quad (5.3)$$

Средняя наработка на отказ определяется по формуле:

$$X_{cp} = \frac{x}{M\{r(x)\}}, \quad (5.4)$$

где x – суммарная наработка;

$r(x)$ – число отказов, наступивших в течение этой наработки;

$M\{r(x)\}$ – математическое ожидание этого числа.

По интенсивностью отказов объекта понимается отношение количества отказов объекта за выполненную наработку к этой наработке:

$$\lambda(x) = \frac{r(x)}{x}, \quad (5.5)$$

Показатель долговечности представляет собой свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при заданной системе технического обслуживания и ремонта. Типовыми показателями долговечности, применяемые для различных систем железнодорожного транспорта, являются: гамма-процентный срок службы (γ) и средний срок службы ($T_{\text{службы}}$).

Показатель ремонтпригодности в методологии УРРАН представляет собой свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию

и восстановлению работоспособности состояния путем технического обслуживания и ремонта. Типовые показатели ремонтпригодности применительно к железнодорожной сфере приведены в [].

Показатель готовности определяется безотказностью и ремонтпригодностью системы или объекта. Показатели готовности, применяемые для систем и объектов железнодорожного транспорта приведены в [].

В методологии УРРАН показатель безопасности представляет собой показатель, имеющий отношение к категориям и уровням серьезности опасных событий, которые могут возникать в системе. Определение опасности является основным критерием при анализе показателя безопасности. В свою очередь, определение критериев опасных событий или отказов осуществляется на основе оценки рисков. Безопасность системы принимает во внимание серьезность последствий отказов. Показатели безопасности, применяемые для систем и объектов железнодорожного транспорта представлены в [], среди которых особо следует отметить следующие: интенсивность опасных отказов ($\lambda_{оп}$), вероятность опасного отказа ($Q_{оп}(x)$) и вероятность безопасной работы ($P_b(x)$).

Понятие риска включает в себя два элемента: вероятность возникновения события или сочетания событий, ведущих к опасности или частоте возникновения таких событий и последствия опасности. В таблице 5.3 приведены типовые категории вероятности или частоты возникновения опасного события и описание каждой категории применительно к железнодорожной системе.

Таблица 5.3 – Частота возникновения опасных событий

Категория	Описание
Частое	Вероятность частого возникновения. Постоянно будет присутствовать опасная ситуация.
Вероятное	Неоднократное возникновение. Ожидается частое возникновение опасной ситуации.
Случайное	Вероятность неоднократного возникновения. Ожидается неоднократное возникновение опасной ситуации.
Редкое	Вероятность того, что событие будет иногда возникать на протяжении жизненного цикла системы. Обоснованное ожидание возникновения опасной ситуации.
Крайне редкое	Вероятность возникновения маловероятна, но возможна. Можно предположить, что опасная ситуация может возникнуть в исключительном случае.
Маловероятное	Вероятность возникновения крайне маловероятна. Можно предположить, что опасность не возникнет.

Применительно к проблеме обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте таким событием может быть авария или крушение, гибель людей, материальный ущерб от реализовавшихся опасностей или увеличение затрат на безопасность и т.д. Так, например, сам по себе дефект или отклонение еще не приводит к аварии или крушению, но готовит почву для их возникновения. Как правило, именно момент возникновения и развития данных дефектов или отклонений уже считается риском, который должен быть выявлен, проанализирован, классифицирован и приняты действия по его недопущению или ослаблению.

Анализ риска представляет собой структурированный процесс, целью которого является определение как вероятности, так и степени воздействия неблагоприятного события на объект или систему. Важнейшим фактором при оценке риска является определение критериев допустимости риска и установление допустимых уровней риска (ДУР), которые определяются из сравнения с техническими характеристиками существующих систем или норм технологии, или посредством статистических и аналитических методов.

Приемлемость риска должна основываться на общепринятом принципе. В ОАО «РЖД» для оценки различных систем и объектов в качестве базового принят принцип ALARP.

В таблице 5.4 приведено определение качественных категорий риска и действий, применяемых относительно каждой категории, согласно которых производится оценка различных систем и объектов железнодорожной инфраструктуры ОАО «РЖД».

Таблица 5.4 – Качественные категории риска

Категории риска	Действия относительно каждой категории
Недопустимый	Риск должен исключаться. Обработка риска необходима.
Нежелательный	Риск должен быть снижен. Обработка риска необходима. Риск может быть принят при согласии руководства организации, в случае, когда снижение риска невыполнимо или нецелесообразно. Обработка риска сводится к устранению последствий.
Допустимый	Риск принимается при соответствующем мониторинге и контроле и при согласии руководства организации. Обработка риска не требуется или сводится к устранению последствий.
Не принимаемый в расчет	Риск принимается без согласия руководства организации. Обработка риска не требуется.

В таблице 5.5 представлен типовой пример оценки риска его приемлемости, применяемой в ОАО «РЖД» для каждого из хозяйств, структурных подразделений и различных объектов.

Таблица 5.5 – Типовой пример оценки рисков и приемлемости риска

Частота возникновения опасного события, * λ	Степени риска			
	Нежелательный	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
Частое	Нежелательный	Недопустимый	Недопустимый	Недопустимый
Вероятное	Допустимый	Нежелательный	Недопустимый	Недопустимый
Случайное	Допустимый	Нежелательный	Нежелательный	Недопустимый
Редкое	Не принимаемый в расчет	Допустимый	Нежелательный	Нежелательный
Крайне редкое	Не принимаемый в расчет	Не принимаемый в расчет	Допустимый	Допустимый
Маловероятное	Не принимаемый в расчет	Не принимаемый в расчет	Не принимаемый в расчет	Не принимаемый в расчет
Уровни тяжести последствия опасного события				
	Незначительный	Несущественный	Критический	Катастрофический

Согласно методологии УРРАН в качестве частоты возникновения опасного события используется количество опасных событий или отказов (по видам) по каждому хозяйству ОАО «РЖД».

Таким образом, на основе текущего количества опасных событий вычисляется текущее значение их частоты, а используя данные о величине ущерба, определяется категория или степень риска в матрице (недопустимый, нежелательный, допустимый, не принимаемый в расчет). При попадании полученных данных в степень риска «не принимаемый в расчет» или «допустимый» никаких мероприятий не планируется. В случае попадания в зону риска «нежелательного» или «недопустимого» посредством факторного анализа выявляются основные причины возникновения опасных отказов и предлагаются соответствующие корректирующие действия по их устранению или снижению.

Под показателем жизненного цикла объектов железнодорожной инфраструктуры понимается последовательность этапов, каждый из которых содержит свои задачи, на протяжении всего срока службы. Стоимость жизненного цикла используется в качестве инструмента для принятия экономически эффективных решений в области инвестиций, реновации и технического обслуживания в целях адаптации этих трех параметров для оптимизации эффективности железнодорожного объекта.

Отсюда эффективность работы железнодорожной системы определяется как уровень безопасности, безотказности, готовности и стоимости владения.

В число базовых параметров в методологии УРРАН входят отказы технических средств и объектов инфраструктуры.

Однако, данная методология эффективна при работе на большом статистическом материале, когда осуществляется оценка на большом временном интервале значительного по протяженности участка пути (дорога, дистанция). При анализе перегона или километра за какой-либо период времени может не быть ни одного отказа. Например, на километре были отказы только в январе и в августе. Какова тогда интенсивность отказов и как

осуществить прогнозирование их развития для своевременного принятия мер?

Отсюда возникла проблема определения не только наступления отказного, но и предотказного состояния объектов железнодорожной инфраструктуры. Решением данной проблемы стали заниматься специалисты ЗАО НПЦ ИНФОТРАНС совместно с ЦТех и ЦДИ.

Решение данной проблемы является наиболее актуальным для тех технических объектов инфраструктуры, в которых формируются и развиваются деграционные процессы, связанные, прежде всего, с процессами взаимодействия с подвижным составом:

- геометрия рельсовой колеи;
- рельсошпальная решетка (рельсовые скрепления, шпалы);
- рельсы (короткие неровности на поверхности катания, износы, наклон поверхности катания, подуклонка, внутренние дефекты, связанные с усталостными процессами и др.);
- рельсовые плети (устойчивость бесстыкового пути при различных отступлениях от норм содержания);
- балласт;
- земляное полотно;
- рельсовые цепи и др.;

Эти же объекты, в свою очередь, в основном и определяют безопасность и готовность инфраструктуры и требуют наиболее значительных ресурсных вложений.

Из всех перечисленных объектов инфраструктуры железнодорожный путь является наиболее нагружаемым и зависимым от пропущенного тоннажа объектом, что неизбежно проявляется в изменениях геометрии рельсовой колеи. Поэтому в качестве первого объекта системы определения предотказного состояния инфраструктуры специалистами НПЦ ИНФОТРАНС был выбран именно этот показатель. К тому же на всех дорогах уже накоплена большая база данных по геометрии рельсовой колеи,

собранный за несколько лет по результатам измерений вагонов-путеизмерителей КВЛ-П.

Для геометрии рельсовой колеи был разработан интегральный параметр – индекс состояния пути (рисунок 5.3), сформированный на основе данных о нестабильности положения пути по всем трем осям: крену, курсу и тангажу. Идеальным считается путь с нулевым индексом, т.е. путь полностью соответствующий нормативам. Чем больше степень расстройств пути, тем больше индекс. На рисунке 5.3 приведен график индексов состояния пути для двух участков. Второй участок, несмотря на то, что на нем пока нет отказов, находится в гораздо более худшем состоянии, чем первый, на котором они уже зафиксированы. И если первый участок пути можно привести в порядок в рамках технического обслуживания, убрав локальные неисправности, то на втором необходимо срочно планировать проведение ремонтных работ.

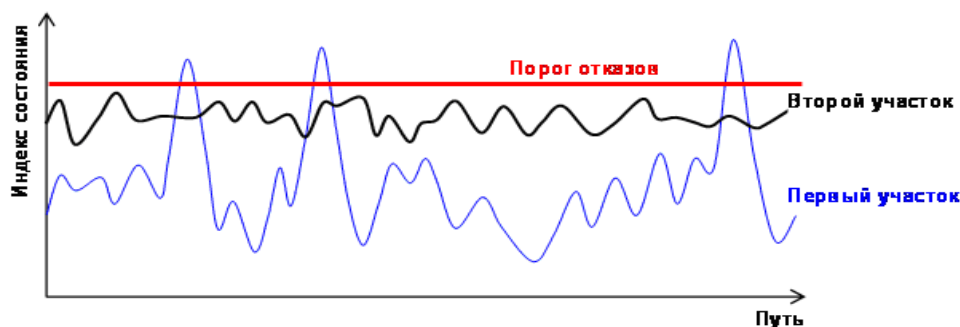


Рисунок 5.3 – Индекс состояния пути

График индекса состояния пути позволяет сравнивать между собой различные участки пути, а динамика развития индекса во времени позволяет не только выявить участки с деградацией пути, но и увидеть участки с «восстанавливающимися» расстройствами пути после проведенных ремонтов. Такие случаи указывают на то, что истинная причина развивающихся нарушений не была устранена в процессе ремонта. Недостаточно просто иметь возможность сопоставления различных участков пути между собой, необходимо знать, насколько они близки к критическому

состоянию и способны эффективно выполнять свою задачу по обеспечению перевозочного процесса.

В результате для масштабирования индекса состояния по методологии УРРАН специалистами НПЦ ИНФОТРАНС была установлена связь между отказами и отступлениями в содержании рельсовой колеи. Наиболее точно кривую отказов описывает кривая всех отступлений, начиная со второй степени.

Далее была установлена корреляция между индексом состояния и отступлениями в содержании рельсовой колеи для участков пути различных классов. Установленная связь между отказами, отступлениями и индексом позволила определить корреляционную зависимость индекса состояния пути и выйти на определение уровня предотказности. Причем уровень предотказного состояния может быть определен уже не только для всей дороги в целом или для дистанции пути, но и для каждого перегона и даже километра.

При рациональном содержании пути состояние участков должно лежать в заданном интервале по уровню предотказного состояния (рисунок 5.4). Ширина этого интервала определяет диапазон существования участка между ремонтами. Участки, лежащие левее заданного интервала, содержатся в избыточном уровне затрат, правее – с недостаточным уровнем затрат или некачественным (неэффективным) содержанием пути.

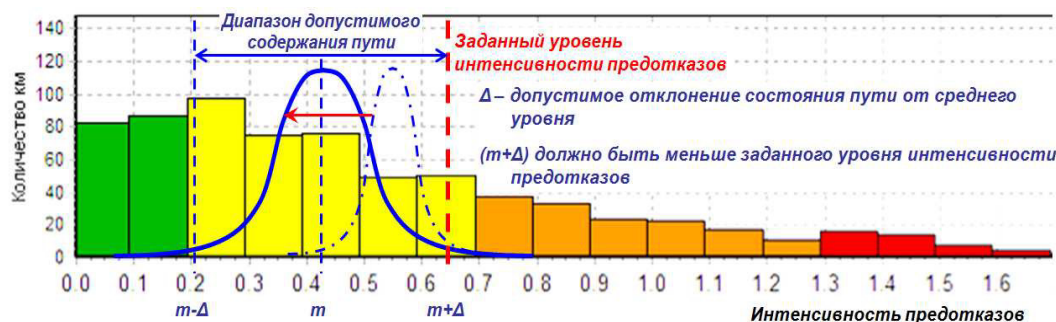


Рисунок 5.4 –Уровни предотказного состояния пути

Заданный интервал не должен быть слишком узким, так как содержание пути в узком интервале потребует дополнительных неопределенных затрат на частые выезды бригад и техники на участки ремонта. Также интервал не должен быть слишком широким, так как расширение интервала возможно только в область с меньшими состояниями предотказности, а это избыточное вложение труда, где этого можно не делать.

Позднее, полученные технические решения были использованы для определения предотказного состояния рельсовых скреплений, а также участков пути, требующих проведения ремонтных работ.

На основании данных технических решений была разработана «Методика расчета, оценки и прогноза предотказного состояния рельсовой колеи», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» № 1777р от 31 июля 2014 г. и программное обеспечение «Расчет предотказного состояния геометрии рельсовой колеи» (ПГРК УРРАН).

В качестве исходных данных для расчета предотказного состояния используются данные, накопленные по результатам контроля состояния пути вагонами-путеизмерителями КВЛ-П и другими диагностическими средствами.

Основными функциями и задачами, решаемыми с помощью программы ПГРК УРРАН, являются:

- 1) Непрерывный контроль во времени и анализ развития состояния пути на участках с различной грузонапряженностью и протяженностью (дорога, дистанция, перегон, км и т.д.);
- 2) Определение темпов деградации пути;
- 3) Ранжирование участков пути (перегон/станция, км) в соответствии с матрицей рисков и оценка возможного влияния на перевозочный процесс состояния пути в зависимости от грузонапряженности;
- 4) Прогноз состояния пути на различный временной интервал;
- 5) Прогнозирование вероятных сроков наступления нежелательного и недопустимого состояния пути;

- 6) Оценка состояния пути в рамках дистанции пути (ПЧ) и всей дороги;
- 7) Определение участков пути, требующих проведения среднего и планово-предупредительных ремонтов пути;
- 8) Своевременное планирование ремонтных работ с целью недопущения перехода пути в состояние, когда в любой момент может произойти отказ;
- 9) Оценка эффективности использования ресурсов, вложенных в содержание пути до и после проведения ремонтных работ;
- 10) Оценка качества выполненных ремонтов пути и др.

Анализ предотказного состояния в программе ПГРК УРРАН осуществляется на основании следующих выходных форм (рисунок 5.5):

- динамика развития предотказного состояния рельсовой колеи;
- матрица ранжирования интенсивности;
- карта развития предотказного состояния рельсовой колеи;
- сводные ведомости состояния рельсовой колеи;
- ведомости по локальным участкам пути с нарушениями в содержании геометрии рельсовой колеи и рельсовых скреплений;
- ведомости участков пути, требующих проведения среднего и планово-предупредительного ремонтов пути и др.



Рисунок 5.5 – Выходные формы программы ПГРК УРРАН для анализа предотказного состояния и планирования ремонтных работ

Основным инструментом анализа предотказного состояния является матрица ранжирования интенсивности, которая формируется в зависимости от интенсивности предотказного состояния пути и характеристик пути (рисунок 5.6).

	Интенсивность	$\Gamma < 30$	$30 \leq \Gamma < 50$	$50 \leq \Gamma < 70$	$\Gamma \geq 70$
Частое (Ч)	$\lambda \geq 2.3$				
Вероятное (В)	$1.8 \leq \lambda < 2.3$				
Случайное (С)	$1.3 \leq \lambda < 1.8$				
Редкое (Р)	$0.7 \leq \lambda < 1.3$				
Крайне редкое (К)	$0.2 \leq \lambda < 0.7$				
Маловероятное	$\lambda < 0.2$				
	Всего:				

Рисунок 5.6 – Матрица ранжирования интенсивности предотказного состояния

Матрица ранжирования предотказного состояния аналогично матрице ранжирования по отказам имеет 4 категории риска или состояния:

- недопустимое состояние («красный цвет»);
- нежелательное состояние («оранжевый цвет»);
- допустимое состояние («желтый цвет»);
- не принимаемое в расчет состояние («зеленый цвет»).

На рисунке 5.7 показан наглядный пример развития состояния пути по геометрии рельсовой колеи за 4-х летний период времени по грузонапряженному участку Рачейка-Балашейка (1 путь) Куйбышевской железной дороги.

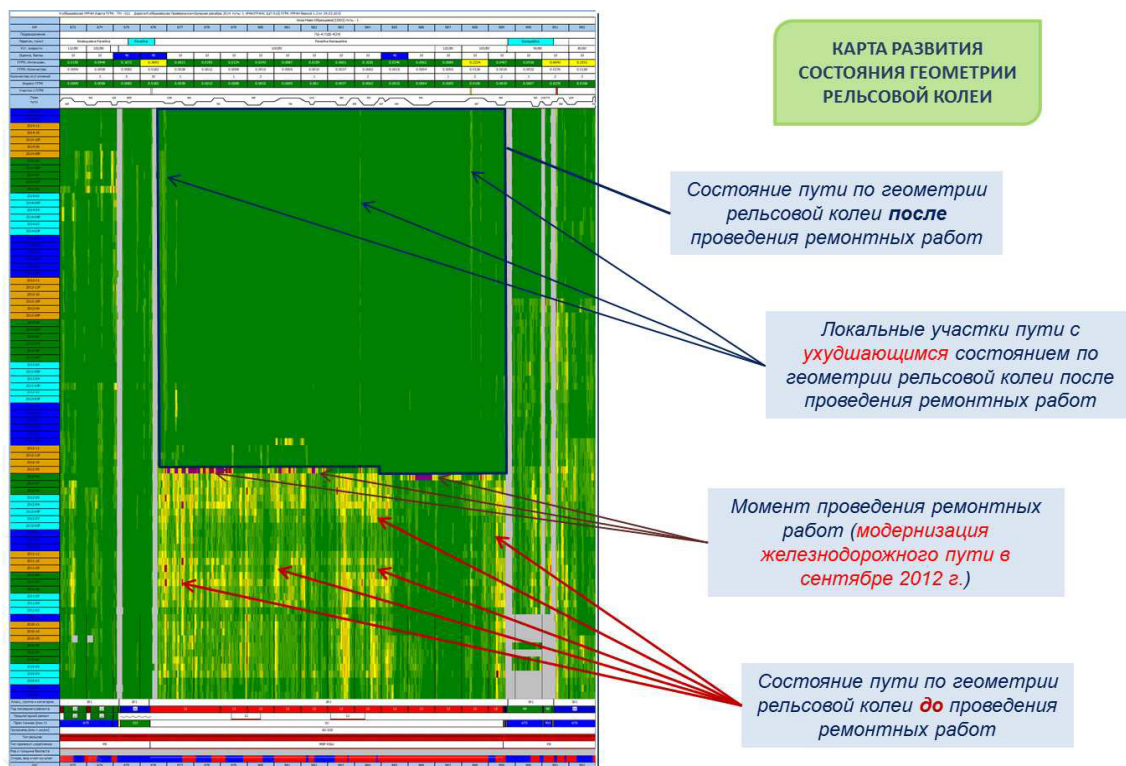


Рисунок 5.8 – Карта развития состояния пути

По результатам опытной эксплуатации программы ПГРК УРРАН, накопленного статистического материала о предотказном состоянии геометрии рельсовой колеи были получены пороговые значения индекса предотказов, которые в последствие получили статус критериев УРРАН и в настоящее время используются для назначения среднего и планово-предупредительного ремонта пути (распоряжение вице-президента ОАО «РЖД» А.В. Целько №2954р от 30 декабря 2013 г. «О внесении изменений в Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути»).

Опыт планирования среднего и планово-предупредительного ремонта пути на основании данных программы ПГРК УРРАН представлен на рисунке 5.9.

*Лекция №6. Надежность работы элементов и конструкций
железнодорожного пути на скоростных и особо грузонапряженных линиях.*

*Мероприятия по повышению надежности пути и
безопасности движения поездов*

Под надежностью железнодорожного транспорта обычно понимают его свойство обеспечивать своевременную и безопасную доставку грузов и пассажиров к месту назначения. Железнодорожный транспорт включает в себя технические устройства, оперативный персонал и даже элементы окружающей среды, его надежность зависит от надежности всех составляющих. К основным техническим устройствам относят земляное полотно и верхнее строение пути, искусственные сооружения, подвижной состав, системы автоматики, телемеханики и связи, а также устройства электроснабжения. Эти устройства чрезвычайно разнородны по своему составу и по физическим процессам функционирования. На их надежность влияют самые разнообразные факторы внешней среды, а именно:

- изменения температуры, влажности;
- динамические и электромагнитные воздействия со стороны подвижного состава;
- грозы и другие природные явления.

Поэтому технические устройства должны обладать высоким уровнем безотказности. Это свойство имеет большое значение с экономической точки зрения, поскольку задержки поездов, нарушения графиков их движения из-за возникших отказов приводят к существенным материальным потерям. Еще большие потери возникают, если в результате отказов происходят аварии и крушения поездов, связанные с нанесением ущерба здоровью и жизни людей, с повреждением грузов. Особенность работы технических устройств железнодорожного транспорта – длительный срок службы, до нескольких десятков лет. Кроме того, важным их свойством является ремонтпригодность, так как железнодорожный транспорт работает

непрерывно во времени и требуется высокая готовность всех его устройств. Особенности и условия работы железнодорожного транспорта обуславливают важность и сложность проблемы обеспечения надежности всех его технических устройств, находящихся в эксплуатации.

Надежность железнодорожного пути.

Железнодорожный путь представляет собой сложную конструкцию, состоящую из разнородных материалов, работающую в условиях динамического взаимодействия с подвижным составом в различных природных и климатических условиях. В процессе эксплуатации под влиянием силовых воздействий подвижного состава, изменения температуры, влажности и т.п. происходит изнашивание, старение, накапливаются остаточные деформации. В результате этого появляются неисправности, дефекты, отказы, которые, несмотря на достаточные запасы прочности и устойчивости, могут приводить к необходимости снижения скоростей движения или полному прекращению движения поездов на период приведения пути в работоспособное состояние.

В частности, в рельсах и подкладках появляются пластические деформации, усталостные повреждения, происходит износ, загнивают деревянные шпалы, образуются трещины, сколы, обнажается арматура в железобетонных шпалах, балластный слой загрязняется и теряет дренирующие свойства, в резиновых и пластмассовых деталях происходит старение материалов, резьбовые соединения подвергаются коррозии, опасные дефекты появляются в стрелочных переводах, под влиянием природных факторов теряют несущие способности грунты земляного полотна. Путь может перейти в предельное состояние, оставаясь работоспособным, если его дальнейшее применение недопустимо по требованиям безопасности и экономичности. Для этого устанавливают назначенный ресурс. Может иметь место деградиционный отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии, усталости. Ремонтопригодность заключается в приспособленности

железнодорожного пути и его элементов к проведению работ по обслуживанию и ремонту. Система технического обслуживания и ремонта пути включает проведение различных капитальных ремонтных работ и текущее содержание. Поэтому отдельные элементы железнодорожного пути имеют разные показатели надежности. Путь является многоэлементным, ремонтируемым, восстанавливаемым объектом. По основному несущему элементу (рельсам) путь – не резервируемый объект. По данным ВНИИЖТ, из общего числа полных отказов, в результате которых требовался для восстановления работоспособности перерыв в движении поездов, более 95% составляют одиночные отказы рельсов. Особенно опасны отказы так называемых остродефектных рельсов, имеющих повреждения в виде трещин, выколов, изломов, большой коррозии и требующие при их обнаружении немедленной замены рельсов. Большую роль в образовании дефектов в рельсах имеют усталостные и, в частности, контактно-усталостные процессы. При этом определяют срок службы рельсов по износу или интенсивности одиночного выхода их по дефектам.

Железобетонные шпалы с повреждениями разделяют на негодные, требующие замены, и дефектные, подлежащие ремонту. Негодными считаются шпалы с поперечными изломами, при сколах бетона на подрельсовых площадках, при разрывах арматуры и др. Ресурс работы таких шпал 800—1200 млн т брутто при одиночном выходе около 0,3%. Деревянные шпалы приходят в неработоспособное состояние после подтески подрельсовых площадок, при гниении, при сквозных трещинах, поперечных изломах.

Рельсовые скрепления при износе и старении прокладок, изломах прокладок, коррозии и ослаблении резьбовых соединений не обеспечивают стабильности ширины колеи, ухудшается динамика взаимодействия пути и подвижного состава. Предельные значения размеров колеи могут угрожать безопасности движения. При сплошной смене рельсов, исчерпавших ресурс,

около 50% рельсовых скреплений может быть использовано для дальнейшей сборки рельсошпальной решетки.

Балластный слой, загрязняясь, теряет свои упругие и дренирующие свойства, происходит переувлажнение верхней части земляного полотна. Для восстановления дренирующих свойств балласта его заменяют или зачищают.

Рельсошпальная решетка становится нестабильной, появляются просадки, перекосы, выплески, рихтовки, в целом путь приходит в предельное состояние, исчерпав межремонтный ресурс, и требуется проводить средний или планово-предупредительный ремонты.

Стрелочные переводы являются одной из сложных и ответственных частей верхнего строения пути. Ресурс стрелочных переводов в 2-3 раза меньше, чем у рельсов. Рамные рельсы, острия, крестовины и контррельсы могут быть дефектными, подлежащими замене в плановом порядке, и остродефектными, представляющими опасность для движения и подлежащими немедленной замене.

Повреждения земляного полотна постепенно накапливаются со временем, могут появляться внезапно и представляют непосредственную угрозу безопасности движения. По внешним признакам деформации подразделяются на следующие виды: деформации основной площадки (балластные корыта, ложе, мешки и гнезда), оседания, пучины, провалы, расползание, оползни, лавины, размывы и др. Особенно неблагоприятны в этом отношении БАМ и ряд участков новых дорог Восточной Сибири.

Для поддержания надежности железнодорожного пути необходимо:

- проводить массовое внедрение новых высокоресурсных конструкций (тяжелые виды рельсов, бесстыковые пути, железобетонные шпалы, отдельные рельсовые скрепления);
- корректировать нормы и допуски проектирования и содержания рельсовой колеи (унификация ширины, изменение подуклонки рельсов, уточнение возвышения рельсов в кривых);

- систематически контролировать состояние пути и рельсовой колеи посредством современных путеизмерительных средств, в том числе на базе локомотивов, дефектоскопов, осмотров;

- усиливать индустриальную ремонтную базу (машинно-путевые станции, рельсосварочные предприятия, машины тяжелых видов, электроинструмент);

- улучшать динамику взаимодействия пути и подвижного состава на основе применения шлифовки рельсов, упругих скреплений, совершенствования режимов ведения поездов, улучшения конструкций рессорного подвешивания подвижного состава.

Надежность искусственных сооружений.

Под надежностью искусственных сооружений (ИССО) понимают их способность обеспечивать в течение всего срока службы безопасный пропуск транспортных средств, пешеходов, водотоков при заданных условиях эксплуатации как собственно ИССО, так и пересекаемых ими водных транспортных путей.

При проектировании новых и реконструкции существующих ИССО их безотказность гарантируется выбором рациональных технических решений (на основе обязательного технико-экономического сопоставления конкурентоспособных вариантов) и соответствующими расчетами по методу предельных состояний, принятому у нас в стране в качестве основного способа оценки надежности ИССО. Предельные состояния трактуются как состояния, при которых ИССО перестают удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям или требованиям производства работ. Термин «наступление предельного состояния» в этом случае является аналогом термина «отказ».

Различают две группы предельных состояний ИССО. Первая группа включает состояния, которые ведут к потере несущей способности или полной непригодности к нормальной эксплуатации (полные отказы). К ним относятся: разрушения любого характера (например, пластичные, хрупкие,

усталостные); общая потеря устойчивости формы; состояния, при которых необходимо прекратить эксплуатацию вследствие чрезмерных пластических деформаций, сдвигов в соединениях, раскрытия трещин. Ко второй группе относятся предельные состояния ИССО, затрудняющие нормальную эксплуатацию (частичные отказы) вследствие недопустимых деформаций пролетных строений и опор мостов, обделок тоннелей, чрезмерных колебаний элементов ИССО и др. При возникновении таких отказов эксплуатация хотя и может быть продолжена, но при определенных ограничениях, например по массе пропускаемых поездов, скорости их движения и т. п. При расчетах по методу предельных состояний условия обеспечения безотказности ИССО заключаются в том, чтобы возникающие при эксплуатации усилия в конструкциях не превышали их несущей способности, а вызванные этими усилиями деформации, перемещения, раскрытия трещин и др. не выходили за рамки их предельных допускаемых значений. При таком подходе необходимый уровень надежности ИССО определяется нормами проектирования, которыми регламентируются прочностные и другие характеристики строительных материалов, уровень нагрузок и воздействий, предельные величины деформаций и др. Эти параметры, устанавливаемые на основе анализа соответствующих статистических данных, прогнозирования силовых воздействий на ИССО перспективного подвижного состава, а также практического опыта, представляются в нормах некоторыми детерминированными значениями, а возможное влияние их неблагоприятных изменений на надежность ИССО учитывается коэффициентами надежности по материалу, грунту, нагрузке, а также по степени ответственности сооружения. Кроме того, в расчет вводятся коэффициенты условий работы, отражающие возможные отклонения принятых расчетных моделей от реальных условий работы элементов ИССО, а также изменения свойств материалов вследствие влияния температуры, влажности и других факторов, непосредственно не учитываемых расчетом.

При строительстве ИССО, особенно на скоростных и особо грузонапряженных линиях, заложенный в проекте уровень их надежности должен гарантироваться применением строительных материалов, строго соответствующих по своим физико-механическим характеристикам установленным стандартам, а также соблюдением предусмотренных проектом требований к технологическим процессам изготовления и монтажа с обязательным пооперационным контролем качества работ, включая приемочные испытания крупных ИССО поездной нагрузкой. Особое внимание должно уделяться качеству работ, недоступных для последующего контроля (сооружение фундаментов, армирование конструкций и др.), искусственному регулированию напряжений в конструкциях, устройству различного рода соединений монтажных блоков и частей ИССО (стыки железобетонных элементов, фрикционные и сварные соединения и др.).

Важную роль в обеспечении надежности ИССО, являющихся ремонтпригодными объектами, играет система содержания ИССО в эксплуатации, представляющая собой комплекс мероприятий и работ, осуществляемых на протяжении всего срока службы сооружений и состоящих из текущего содержания и капитального ремонта или модернизации. Текущее содержание, в том числе на скоростных и особо грузонапряженных линиях включает надзор за состоянием ИССО (осмотры, обследования, специальные наблюдения и испытания) и проведение необходимых ремонтных работ по предупреждению появления и устранению на ранней стадии развития возникающих повреждений. При капитальном ремонте или модернизации заменяют отдельные изношенные части и элементы, устраняют негабаритности, осуществляют реконструкцию и усиление сооружений и др.

Большинство железнодорожных мостов построено по старым нормам проектирования. Для обеспечения их надежности важна применяемая на отечественных железных дорогах единая система классификации мостов по их грузоподъемности (по условиям прочности, устойчивости и выносливости

всех несущих элементов), а подвижного состава (обращающегося и перспективного) – по воздействию на мосты. Сопоставление классов элементов ИССО и подвижного состава позволяет судить о возможности и условиях безопасного пропуска по ИССО различных поездов, устанавливать режимы эксплуатации (в том числе допускаемые скорости движения поездов), принимать решения о необходимости усиления слабых элементов ИССО или их замены новыми. В отдельных случаях (например, при оценке усталостной прочности мостов) определяется остаточный усталостный ресурс.

Долговечность ИССО зависит от многих факторов, главными из которых являются: уровень приданных сооружению при проектировании запасов (резервов) по грузоподъемности, водопропускной способности и другим параметрам, обеспечивающим работоспособность ИССО в меняющихся и трудно прогнозируемых перспективных условиях эксплуатации; интенсивность роста во времени силовых воздействий на ИССО подвижного состава (главным образом за счет увеличения осевого и погонного давления на путь, грузонапряженности дорог, скорости движения поездов), неблагоприятных изменений гидрологического режима водотока и других характеристик эксплуатации до соответствующих исчерпанию имеющихся в сооружении резервов. Важное значение в продлении срока службы ИССО имеют качество текущего содержания и своевременность проведения работ по их усилению и реконструкции.

Лекция №7. Особенности технического обслуживания железнодорожного пути для скоростных и особо грузонапряженных линий

С целью внедрения скоростного движения пассажирских поездов, совмещенного с грузовым движением, при проведении реконструкции верхнего строения пути укладывают термоупрочненные рельсы типа Р65 1-й группы, 1-го класса. К ним предъявляются повышенные требования по прямолинейности для коротких плетей (длиной 400–800 м), сваренных электроконтактным способом из 25-метровых рельсов без болтовых отверстий, и затем длинных плетей, сваренных после укладки в путь передвижной рельсосварочной машиной.

На участках с тональной автоблокировкой (АБТ) плети бесстыкового пути сваривают непрерывной длины, равной перегону, без изолирующих стыков, а на участках с обычными рельсовыми цепями, равной длине блока участка. При этом в зоне светофоров длинные рельсовые плети соединяют без уравнильных рельсов непосредственно друг с другом высокопрочными (сопротивление разрыву не менее 2,5 МН) изолирующими стыками с металлокомпозитными накладками.

Шпалы укладывают железобетонные: стандартные с эпюрой укладки 1840 шт/км или повышенной массы (350 кг) типа 111 1-ТС с эпюрой 1760 шт/км. Промежуточные рельсовые скрепления имеют упругие клеммы. Железобетонные шпалы укладывают на щебень фракции 25–60 мм марки прочности И-20 (гранит, базальт, диабаз и т.п.) слоем толщиной 40 см. Вместо песчаной подушки может быть уложен защитный слой из полимерных материалов. Плечо балластной призмы не менее 45 см, заложение откосов – 1:1,5.

Повышенный уровень динамического воздействия поездов на путь, а также увеличенная частота приложения этой нагрузки предъявляют более высокие требования к конструкции пути и содержанию его на линиях со скоростным (высокоскоростным) движением поездов. Особенности

содержания пути на линиях с высокими скоростями движения обусловлены повышенными требованиями к содержанию ширины колеи, рельсовых нитей по уровню и направлению в плане, к продольной равноупругости пути.

Особенности содержание пути на участках скоростного движения. При введении на существующих линиях скоростного пассажирского движения учитываются повышенные требования к их плану и профилю. На отечественных железных дорогах пассажирское движение совмещено с грузовыми перевозками. Поэтому руководящий уклон продольного профиля при грузонапряженности в грузовом движении более 15 млн т·км брутто/км в год должен быть не более 15‰, а при грузонапряженности более 30 млн т·км брутто/км в год — не более 12‰.

Радиусы кривых в плане принимают не менее 3000 м. При этом максимально допустимые скорости движения пассажирских поездов в зависимости от радиуса кривой определяют при значении непогашенного поперечного ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$ и скорости его нарастания не более $0,4 \text{ м/с}^3$. Все круговые кривые сопрягают с прямыми участками переходными кривыми, длина которых должна быть не менее $l_{\text{п}}=2h$, где h – возвышение наружного рельса в кривой, мм. Прямые вставки между начальными точками переходных кривых должны иметь длину не менее 150 м.

Существующие нормы по ширине рельсовой колеи (1520 мм) и допуски на ее содержание, нормы устройства стрелочных переводов по размерам ширины колеи и желобов, а также величинам ординат переводных и закрестовинных кривых на скоростных участках сохраняют такими же, как и на нескоростных (см. таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Оценка отступлений по ширине колеи на скоростных и высокоскоростных линиях*

Диапазон скоростей, км/ч	Степень	Уширение, мм		Сужение, мм
		прямые и кривые R>3000 м	кривые R<3000 м	
141–200	1	от 1526 до 1528	от 1526 до 1528	от 1517 до 1516
	2	до 1532	до 1534	до 1514
	3	до 1534	до 1536	до 1512
	4	более 1534	более 1536	менее 1512
201–250	1	от 1523 до 1524		1518
	2	до 1528		до 1516
	3	до 1534		до 1514
	4	более 1534		менее 1514

* Кроме стрелочных переводов и уравнильных стыков

Уклон отвода ширины колеи, определяемый как средняя величина на базе 2 м, допускают не более 2,5‰ при скорости движения 121–140 км/ч (таблица 7.2). Верх головок рельсов обеих нитей на прямых участках должен быть на одном уровне. Разрешают держать на всем протяжении одну нить (обычно рихтовочную) на 6 мм выше другой.

Таблица 7.2 – Допустимые отводы ширины колеи*

Установленная скорость, км/ч	Отвод ширины колеи, мм/м, не более
более 140	2,0
121–140	2,5
101–120	3,0

* Отвод ширины колеи определяют на базе 2 м.

Степени отступлений по уровню и перекосам приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Степени отступлений по уровню и перекосам

Диапазон скоростей, км/ч (пасс/груз)	Степень	Величина отклонения по уровню (1), (2), мм	Величина перекоса, мм	
			длиной до 10 м	длиной от 10 до 20 м
1	2	3	4	5
201–250	I	от 5 до 6	от 6 до 8	от 6 до 8
	II	до 13	до 10	до 12
	III	до 16	до 12	до 14
	IV	более 16	более 12	более 14
161–200	I	от 5 до 6	от 6 до 8	от 6 до 8
	II	до 15	до 11	до 12
	III	до 20	до 13	до 15
	IV	более 20	более 13	более 15

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4	5
141–160	I	от 5 до 6	от 6 до 8	от 6 до 8
	II	до 15	до 11	до 12
	III	до 20	до 14	до 16
	IV	более 20	более 14	более 16
121–140/81–90	I	от 8 до 10	от 7 до 9	
	II	до 16	до 13	
	III	до 20	до 14	до 16
	IV	более 20	более 14 (3)	более 16

В прямых стрелы отклонений в направлении рихтовочной нити, измеренные от 20-метровой хорды через каждые 10 м, не должны превышать 6 мм при скоростях 121–140 км/ч и 4 мм – при 141–200 км/ч.

В круговых кривых при измерении стрел изгиба от 20-метровой хорды разность в стрелах в точках через 10 м не должна превышать 6 мм при скоростях 121–140 км/ч, 4 мм – при 141–200 км/ч.

В переходных кривых нарастание стрел должно быть равномерным. Отклонение от равномерного нарастания стрел при 20-метровой хорде в точках через 20 м не должно быть больше 4 мм при скоростях 121–140 км/ч и 3 мм – при 141–200 км/ч.

Отклонения от прямолинейного направления по поверхности катания и по боковой рабочей грани рельсовой нити в стыках (вертикальные и горизонтальные ступеньки) не должны превышать 1 мм при скоростях более 121 км/ч.

Дополнительно нормируют резкие изменения уровня (короткие перекосы). Изменения (приращения) уровня на длине 2,5 м не должны превышать величин, указанных в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Нормативы допустимых изменений уровня на базе 2,5 м

Диапазон скоростей, км/ч	Допустимая величина изменения уровня на базе 2,5 м (УР), мм
201–250	7
161–200	8
141–160	9
121–140	11
101–120	13
80–100	16

При величине УР более 16 мм скорость движения поездов ограничивают до 60 км/ч.

Степени отступлений по просадкам приведены в таблице 7.5, по отступлениям в плане – в таблице 7.6, по уклонам отводов возвышения наружного рельса – в таблице 7.7.

Таблица 7.5 – Степени отступлений по просадкам

Диапазон скоростей, км/ч (пасс/груз)	Степень	Величина просадки, мм
201–250	I	от 6 до 8
	II	до 12
	III	до 16
	IV	более 16
141–200	I	от 6 до 8
	II	до 14
	III	до 18
	IV	более 18
121–140/81–90	I	от 9 до 11
	II	до 15
	III	до 18
	IV	более 18

Таблица 7.6 – Степени отступлений в плане

Диапазон скоростей, км/ч (пасс/груз)	Степень	Разность стрел изгиба, мм	
		длиной до 20 м включительно	более 20 м до 40 м включительно
1	2	3	4
201–250	I	от 7 до 9	от 9 до 10
	II	до 14	до 15
	III	до 18	до 20
	IV	более 18	более 20
181–200	I	от 8 до 10	от 10 до 12
	II	до 15	до 18
	III	до 20	до 25
	IV	более 20	более 25
161–180	I	от 9 до 10	от 10 до 12
	II	до 15	до 18
	III	до 25	до 27
	IV	более 25	более 27
141–160	I	от 9 до 10	от 12 до 15
	II	до 15	до 20
	III	до 25	до 30
	IV	более 25	более 30
121–140/81–90	I	от 9 до 10	от 16 до 20
	II	до 15	до 25
	III	до 25	до 35
	IV	более 25 (1)	более 35

Таблица 7.7 – Допускаемые уклоны отвода возвышения наружного рельса в кривых

Установленная скорость, км/ч	Допустимый уклон отвода возвышения (<i>i</i>), мм/м
200	не более 0,5
160	не более 0,7
140	не более 0,9
120	не более 1,0
110	не более 1,2

Оценка длинных неровностей пути в плане и профиле. Оценка производится по условиям комфортабельности движения скоростных и высокоскоростных поездов на линиях с максимальными скоростями движения 120 км/ч и более (см. таблица 7.8). Длинные неровности определяют с помощью инерциальных измерительных систем путеизмерительного вагона как отклонения от низкочастотной плавной огибающей пути. Инфранизкие частоты, соответствующие неровностям длиннее заданного диапазона, отфильтровываются:

- для скоростей 141–160 км/ч учитываются и оцениваются неровности в плане и профиле длиной до 100 м;
- для скоростей 161–200 км/ч учитываются и оцениваются неровности в плане и профиле длиной до 150 м;
- для скоростей 201–250 км/ч учитываются и оцениваются неровности в плане и профиле длиной до 200 м.

Таблица 7.8 – Нормативы неровностей плана и профиля длиной до 200 м

Параметры	Характеристики неровностей в зависимости от скорости движения поездов, км/ч				
	141–160	161–200		201–250	
Диапазон длин неровностей, м	до 100	до 100	от 100 до 150	до 150	от 150 до 200
Величина неровностей в плане (<i>A</i>)*, мм					
Предельно допустимые	60	50	80	60	90
Требуют выправки в плановом порядке	35	25	30	30	45
Величина неровностей в профиле (<i>A</i>)*, мм					
Предельно допустимые	70	60	90	70	100
Требуют выправки в плановом порядке	40	30	40	35	50

* При сочетании длинных неровностей в плане и профиле их допустимую величину уменьшают на 30%.

Следует учитывать, что крутизна отвода неровностей в плане не должна превышать 2,5 мм/м; крутизна отвода неровностей в профиле не должна превышать 3 мм/м.

К одним из особенностей, учитываемых при техническом обслуживании железнодорожного пути на скоростных и особо грузонапряженных линиях, относят правильную организацию текущего содержания пути, которая представляет собой систематический надзор за комплексом сооружений железнодорожного пути и путевых устройств, а также содержание их в состоянии, гарантирующем безопасность и бесперебойность движения поездов с максимальными допускаемыми скоростями.

Работы по текущему содержанию пути на участках скоростных и особо грузонапряженных линий выполняют специализированные укрупненные путевые и мостовые бригады на линейных участках (околотках) по результатам периодических проверок и контроля за состоянием пути и сооружений и по заранее составленным планам и графикам, а также специализированные бригады по неотложным работам.

Планирование работ ведут с учетом плановых заданий на использование современной техники и работ укрупненных механизированных бригад; предложений по каждому километру пути и стрелочному переводу на производство конкретных видов ремонтно-путевых работ с обоснованием их в соответствии с действующими нормативными документами; предложений на проведение всех видов ремонта машин и механизмов в соответствии с Положением о планово-предупредительном ремонте специального подвижного состава; предложений по ремонту зданий, сооружений и прочих обустройств.

Работы по текущему содержанию пути, носящие предупредительный характер, выполняют в соответствии с планами, разработанными по результатам осмотров и проверок пути.

В связи с тем, что работы по текущему содержанию пути в сезонах года различны по номенклатуре, объемам и организации, планирование работ для бригад осуществляют на год и на сезон (летний, осенний, зимний и весенний).

Работы, которые планируют по сезонам года, выполняют бригады по

плановым работам с применением механизмов и инструментов.

Весной по мере освобождения пути от снега выполняют работы по отводу воды от балластной призмы и земляного полотна, закреплению противоугонов, стыковых, клеммных и закладных болтов, довертыванию шурупов. Эти работы предотвращают угон пути и интенсивное расстройство пути в период оттаивания балласта и земляного полотна, когда резко снижается их несущая способность. По мере оттаивания балластной призмы выполняют работы по исправлению просадок в стыках с удалением карточек или регулировочных прокладок и замене негодных шпал, предупреждению разжижения балластного слоя и появления выплесков; регулируют зазоры и рихтуют путь в местах с отступлениями от установленных норм; производят работы по разрядке температурных напряжений в рельсовых плетях, восстанавливают водоотводные сооружения после пропуска весенних вод и др.

В летний период планируют работы по выправке пути в местах просадок, отклонений II степени по уровню и в плане, подбивке отрясанных шпал, регулировке зазоров, одиночной замене негодных шпал и скреплений, прогрохотке щебеночного балласта или замене балласта в местах наметившихся выплесков, очистке кюветов, канав, лотков и др.

Осенью предусматривают работы, направленные на предупреждение появления неисправностей пути зимой: закрепление клеммных, закладных и стыковых болтов, выборочную регулировку зазоров в стыках, исправление просадок в стыках и подбивку шпал, удаление загрязненного балласта из-под подошвы рельсов, уборку путей и стрелочных переводов и др.

В зимнее время планируют работы по смене дефектных рельсов, исправлению пути на пучинах, очистке стрелочных переводов от снега, желобов от напрессованного снега и льда, а в конце зимы выполняют работы по вскрытию от снега кюветов, канав, русел у мостов малых отверстий и труб.

На искусственных сооружениях и подходах к ним дорожный мастер

ежемесячно планирует совместно с бригадиром пути работы по устранению отступлений в плане, профиле и по уровню; очистке элементов мостового полотна; очистке и смазке уравнильных приборов; регулировке зазоров в стыках и замене сезонных уравнильных рельсов; очистке труб, лотков и других сооружений и земляного полотна; подготовке малых искусственных сооружений к зиме, а также к пропуску весенних вод, паводка и ледохода.

Комплексные плановые работы планируют на участках пути, которые не попали в титульный список ремонтов. На таких участках по показаниям путеизмерительных вагонов имеется большое количество отступлений II степени в профиле, плане, по уровню; много регулировочных прокладок между рельсом и подкладкой при раздельном скреплении и карточек под подкладками на деревянных шпалах; имеются отрясанные шпалы; требуется оправка балластной призмы и др., т.е. имеется необходимость выполнения нескольких видов самостоятельных работ со сплошным проходом по километру.

Плановые работы, выполненные с применением комплексов путевых машин, планируются на основе результатов осеннего осмотра и проверок пути и стрелочных переводов с учетом классности пути и пропущенного по нему тоннажа после последнего ремонта, а также интенсивности отказов технических средств.

На стрелочных переводах, расположенных на главных путях, комплексные планово-предупредительные работы планируют одновременно с работами на пути. На стрелочных переводах, расположенных на приемо-отправочных и других станционных путях, комплексные работы планируют в зависимости от вида и количества отступлений, обнаруженных на них при осенних и месячных осмотрах и проверках, типа и конструкции стрелочных переводов, размеров движения по ним.

Лекция №8. Роль и значение автоматизированных систем управления (АСУ) в содержании железнодорожного пути на участках скоростных и особо грузонапряженных линий (КСПД ИЖТ, АСУ-П и др.)

В настоящее время управление железнодорожным транспортом в России, как и во всем мире, невозможно без применения разнообразных информационных, в том числе, автоматизированных систем, в совокупности составляющих современную автоматизированную систему управления.

Автоматизированные системы управления (АСУ) обеспечивают сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления железнодорожным транспортом. АСУ помогают не только в принятии управленческих решений, но и в содержании всей железнодорожной инфраструктурой в целом.

На сегодняшний день на сети железных дорог ОАО «РЖД» существует ряд автоматизированных систем управления, которые позволяют оптимизировать процесс содержания железнодорожного пути, особенно на участках скоростных и особо грузонапряженных линий:

- Комплексная Автоматизированная Система учета, контроля, устранения отказов и Анализа Надежности Технических средств (КАСАНТ);
- автоматизированная система управления путевым хозяйством (АСУ-П);
- комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ);
- единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) и др.

Эффективность деятельности сети железных дорог может быть обеспечена за счет бесперебойной работы технических средств и, в первую очередь, объектов инфраструктуры и подвижного состава. Одним из показателей, характеризующих качество работы технических средств, является количество случаев нарушения их нормальной работы. Важное

место в работе приобретает системный анализ качества работы на базе получения объективной информации из различных источников, в том числе средств диагностики. Для сбора информации об отказах технических средств на основе данных графиков исполненного движения, используемых в перевозочном процессе, разработана Комплексная Автоматизированная Система учета, контроля, устранения отказов и Анализа Надежности Технических средств КАСАНТ.

Сочетания различных способов контроля и идентификации позволяет обеспечить необходимую достоверность и полноту исходной информации о подвижном составе. Это качественно повышает эффективность информационно-управляющих систем за счет уменьшения негативного влияния «человеческого фактора» и позволяет перейти к прогнозным методам.

КАСАНТ является принципиально новым инструментом мониторинга состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава. Система устанавливает единство порядка учета и расследования случаев отказов технических средств во всех хозяйствах, на всех железных дорогах ОАО «РЖД», существенно повышает достоверность и оперативность сбора информации за счет «безбумажной» технологии процесса. Система КАСАНТ позволяет поэтапно перейти на единую систему учета и анализа отказов в работе технических средств, внедрить комплексные методы оценки эффективности эксплуатационной деятельности, как по отраслевым хозяйствам, так и в целом по компании, с использованием единой общесетевой базы данных учета отказов технических средств. Система КАСАНТ интегрирована с автоматизированными системами (рисунок 8.1):

- системой автоматизированного ведения графика движения поездов (ГИД «Урал-ВНИИЖТ»);
- автоматизированной системой ведения актов комиссионных месячных осмотров станций (АС КМО);

- автоматизированной системой контроля технического состояния подвижного состава (АСК ПС);
- автоматизированной системой выдачи и отмены предупреждений (АСУВОП-2);
- автоматизированной системой управления путевым хозяйством (АСУ-П);
- комплексной автоматизированной системой управления инфраструктурой хозяйства сигнализации, централизации и блокировки (АСУ-Ш-2);
- автоматизированной системой управления хозяйством электрификации и электроснабжения (АСУ-Э).

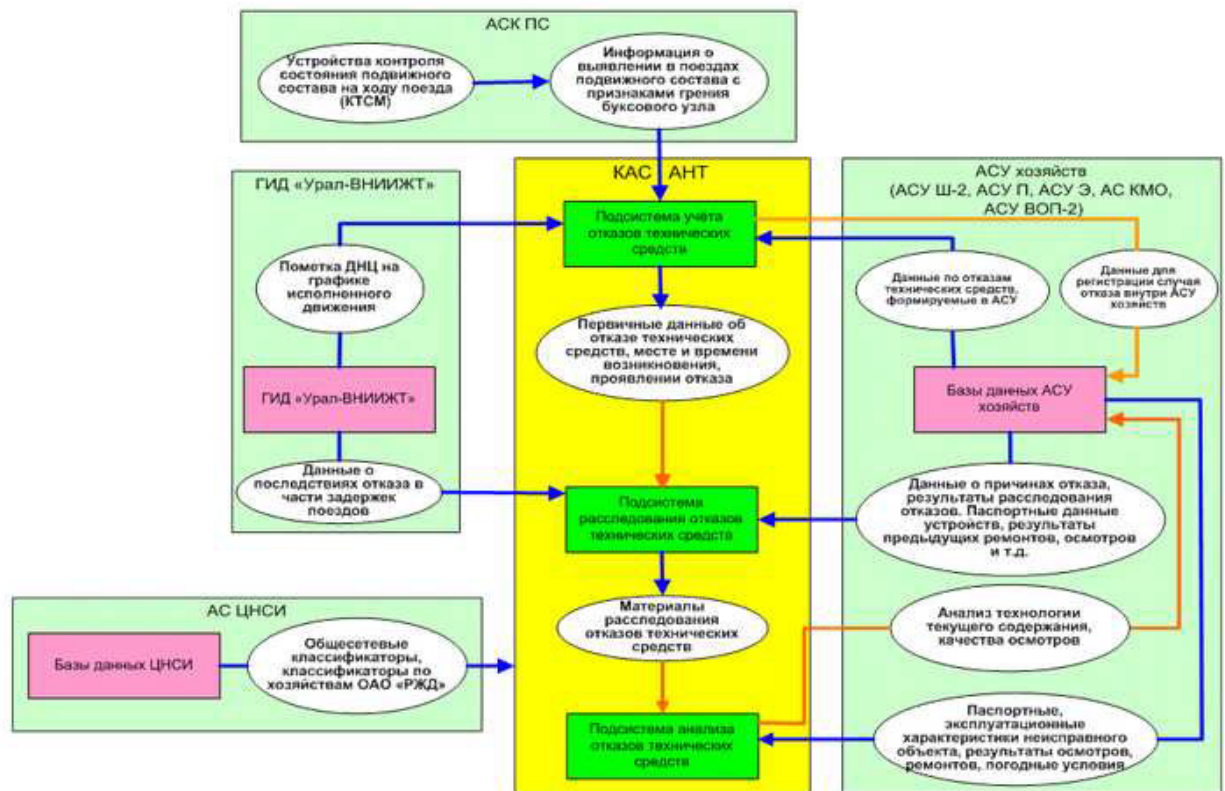


Рисунок 8.1 – Схема информационного взаимодействия системы КАСАНТ

Особенностью системы КАСАНТ от локальных информационных разработок действовавших ранее на ряде железных дорог, стала автоматическая фиксация факта отказа на основе информации, вносимой поездным диспетчером в автоматизированный график исполненного

движения поездов системы ГИД «Урал-ВНИИЖТ». Для повышения достоверности данных в систему КАСАНТ заложена возможность формирования информации об отказах технических средств из нескольких источников. Корректность учета факта отказа реализована через механизм проверки поступающих данных на предмет дублирования с возможностью последующего объединения данных пользователей.

Сбор информации об отказах прежде базировался на системе передачи бумажных отчетов, что не исключало возможности сокрытия и искажения информации об отказах на любом этапе ее передачи. Отсутствие единого порядка, описывающего взаимодействие причастных хозяйств в вопросах учета и расследования отказов, не позволяло объективно оценивать состояние инфраструктуры и подвижного состава. В рамках РЖД действовал ряд изолированных друг от друга нормативных документов, определяющих порядок учета отказов технических средств по каждому хозяйству. В связи с этим при возникновении отказов, определении причин и ответственности зачастую возникали межфункциональные противоречия. Применение единой информационной технологии позволило обеспечить оперативное получение информации, передачу ее причастным специалистам для организации процесса устранения неисправности, контролировать своевременность и качество формирования материалов расследования по каждому случаю отказа.

В системе КАСАНТ реализованы следующие функции:

- автоматизированное формирование первичной информации по отказам технических средств на основе пометки поездного диспетчера в системе ГИД-Урал;
- формирование первичной информации об отказе технического средства на основе ручного ввода диспетчером причастного хозяйства (при от-сутствии ведения ГИД-Урал в автоматизированном режиме);
- автоматический контроль первичной информации на предмет возможного дублирования с запросом пользователя на объединение данных;

- автоматическая передача информации об отказе диспетчерам причастных хозяйств (в том числе и относящимся к различным железным дорогам) для организации процесса установления причины и устранения отказа;
- автоматический контроль принятия отказов к учету причастными службами (дирекциями) и структурными подразделениями с выдачей информационного оповещения о нарушениях ответственным руководителям на уровне отделения и управления дороги;
- автоматический контроль полноты и корректности материалов расследования отказов, вносимых в систему причастными структурными подразделениями;
- формирование отчетных и аналитических справок по отказам технических средств за выбранный пользователем период (рисунок 8.2).

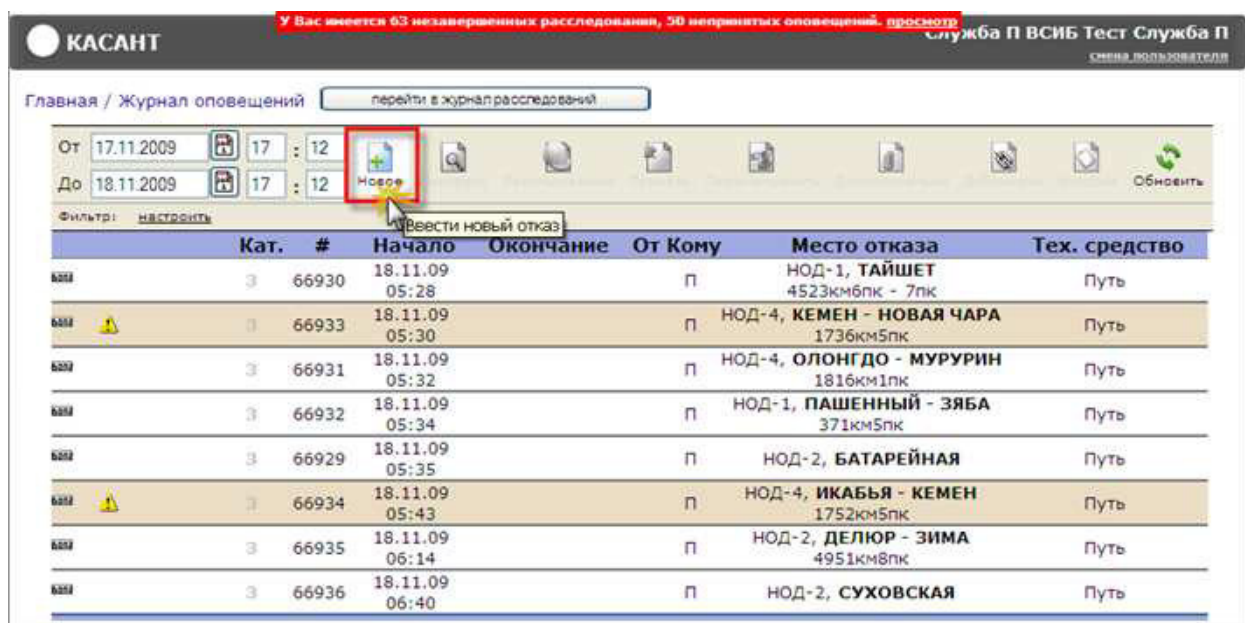


Рисунок 8.2 – Введение оповещения об отказе технических средств в КАСАНТ

Важным направлением повышения достоверности поступающей информации является интеграция КАСАНТ с отраслевыми автоматизированными системами управления (АСУ-П, АСУ-Т, АСУ-Ш-2 и др.) по обмену данными об отказах. В ряде перечисленных

автоматизированных систем в локальной форме реализованы задачи по расшифровке и анализу скоростемерных лент, кассет регистрации КЛУБ-У, считыванию сведений о нарушении нормальной работы с напольных устройств СЦБ, данных вагонов-путеизмерителей и других мобильных средств измерения. Для организации эффективного взаимодействия с системой КАСАНТ предполагается доработка указанных автоматизированных систем в части хранения и доступа к данным вагонов-путеизмерителей, результатам расшифровки скоростемерных лент, кассет регистрации КЛУБ-У и других устройств регистрации параметров движения поезда.

Система КАСАНТ развивается по следующим направлениям:

- разработка подсистемы определения экономического ущерба от отказов технических средств и подсистемы определения показателей надежности по основным видам оборудования. Реализация в рамках КАСАНТ задачи по оценке экономических потерь от отказов позволит определять направления инвестиций в развитие материально-технической базы Компании. При этом изменяется и система оценки качества работы соответствующих хозяйств и видов оборудования от количественных показателей (больше или меньше отказов) к качественным (величина экономического ущерба вследствие отказов). Такая оценка является более объективной и приемлемой с экономической точки зрения и позволяет строить отношения между хозяйствами внутри Компании на основе экономического взаимодействия;
- оценка влияния отказов технических средств на важнейшие эксплуатационные показатели: участковую скорость, оборот вагона, производительность локомотива;
- оценка работы оперативного персонала, в первую очередь диспетчерского аппарата хозяйства перевозок;
- автоматический анализ ситуаций, которые привели к серьезным задержкам поездов. Это позволит не допустить необоснованное

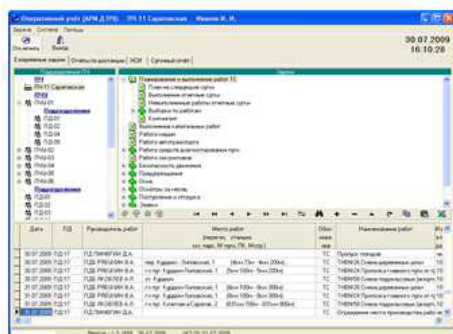
перекладывание ответственности за неэффективную организацию перевозочного процесса на случаи отказов технических средств.

АСУ-ПУТЬ — многоуровневая система, охватывающая все составляющие путевого хозяйства. Она включает в себя несколько видов автоматизированных рабочих мест (АРМ), объединенных в локальную сеть предприятия и увязанных в глобальную сеть передачи данных на уровень дороги.

АСУ-П представляет собой:

- АРМ дежурного инженера (рисунок 8.3);
- ПО формирования суточного отчета (рисунок 8.4);
- Подсистему передачи сетевой отчетности (рисунок 8.5);
- Подсистему железнодорожной гидрометеорологии (рисунок 8.6);
- Подсистему управления капитальными работами:
 - ведение вариантов планов ремонта;
 - расчет потребности и просрочки в ремонте;
 - формирование титулов плана ремонта;
 - формирование сводных данных по варианту плана ремонта и по перегонам;
 - формирование отчетных форм;
 - автоматизированное назначение участков ремонта;
 - формирование графических форм;
 - перерасчет характеристик пути участков ремонта;
 - согласование планов ремонта.
- Подсистему отчетности путевого хозяйства;
- АРМ работника технического отдела и др.

АРМ дежурного инженера



Доработки в связи с 82 приказом
Разработка журналов под отчетные формы

- ✓ Журнал учета капитальных работ
- ✓ Журнал учета работы машин
- ✓ Журнал учета работы автотранспорта
- ✓ Журналы учета работы дефектоскопных средств
- ✓ Журнал осмотров пути и сооружений
- ✓ Журнал предупреждений
- ✓ Журнал окон

Доработка отчетных форм:

- «Журнал ежедневного планирования и учета выполнения работ на линейных отделениях линейного участка»;
- «Журнал ежедневного планирования и учета выполнения работ на 1 линейном участке (без деления на бригады)»;
- «Журнал ежедневного планирования и учета выполнения работ при участковой форме организации текущего содержания»;
- «Анализ ежедневного планирования и учета выполнения работ на участке»;
- «Анализ ежедневного планирования и учета выполнения работ по дистанции пути»;
- «Анализ ежедневного планирования и учета выполнения работ в цехе искусственных сооружений»;
- «Анализ ежедневного планирования и учета выполнения работ в цехе по содержанию земляного полотна»

Рисунок 8.3 – АРМ дежурного инженера

Суточный отчет

Ведение данных

АРМ Д ПЧ

Формирование отчетов

Передача отчетов в службу пути

Предупреждения, Окна
Отказы, Метеосводка

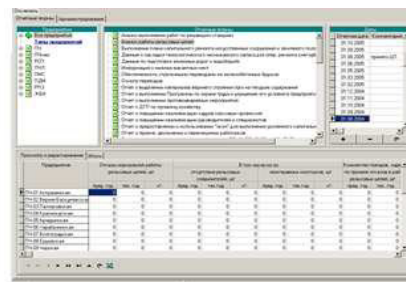
АСУ ВОП
АС АПВО
КАС АНТ
РЖД Метео

АС ПСО – Суточный отчет

Возможность доработать по предложениям дорог

Рисунок 8.4 – ПО формирования суточного отчета

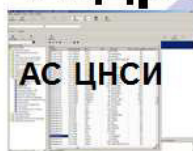
ПОДСИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ СЕТЕВОЙ ОТЧЕТНОСТИ (АС ПСО)



- "Отчет об освоении средств капитального ремонта"; П
- "Ожидаемое освоение средств по капитальному ремонту основных фондов путевого хозяйства без филиалов"; анализ ЦП
- "Ожидаемое освоение средств по капитальному ремонту основных фондов путевого хозяйства"; анализ ЦП
- "График использования дефектоскопов с регистраторами"; анализ ЦП
- "Анализ работы вагонов-путеизмерителей за месяц"; ПЦД
- "Анализ работы вагонов-путеизмерителей с начала года"; анализ ЦП
- "Справка о средней заработной плате руководителей и рабочих ведущих профессий путевого хозяйства"; ПЧ
- "Справка о средней заработной плате руководителей и рабочих ведущих профессий путевого хозяйства в сравнении с предыдущим периодом"; анализ ЦП
- "Численность и заработная плата работников на комплексной реконструкции ж.д. пути, рек-ции ВСП"; анализ ЦП
- "Результаты осеннего (весеннего) осмотра искусственных сооружений"; ПЧ
- "Справка по подготовке хозяйства железных дорог к пропуску паводковых вод". П

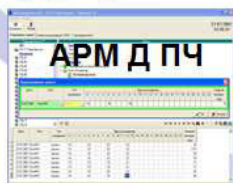
Рисунок 8.5 – Подсистему передачи сетевой отчетности

Подсистема железнодорожной гидрометеорологии



Ведение
данных НСИ

- ☐ Классификатор метеостанций.
- ☐ Классификатор гидропостов.
- ☐ Классификатор привязки метеостанций.
- ☐ Классификатор привязки гидропостов.
- ☐ Классификатор пунктов измерения температур.



Ведение
фактических и прогнозных
гидрометеорологических
данных и формирование
сводных отчетов

- Бюллетень погоды
- Бюллетень погоды с начала месяца
- Ход минимальной температуры воздуха
- Ход максимальной температуры воздуха
- Ход количества осадков
- Текущее состояние паводка
- Состояние паводка, изменения за сутки
- Состояние паводка за период
- Справка по подготовке хозяйства железных дорог к пропуску паводковых вод
- Ход явлений погоды
- Ход скорости ветра
- Бюллетень погоды с начала месяца (осадки, снег, t)
- Ход температуры рельсов
- Максимальная температура рельсов за сутки

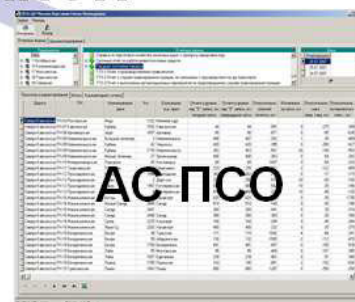


Рисунок 8.6 – Подсистему железнодорожной гидрометеорологии

Комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ) является информационно-технологической системой сбора, обработки, хранения и предоставления зарегистрированным пользователям координатной информации об объектах инфраструктуры и подвижных объектах железнодорожного транспорта.

В состав системы КСПД ИЖТ входят высокоточная координатная система (ВКС) и база пространственных данных в виде цифровых моделей пути (ЦМП).

Основным назначением ВКС является создание единого высокоточного координатного пространства, реализуемого на основе механизмов использования глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS и их дополнений, геодезическое обеспечение всех видов инженерных изысканий, проводимых для проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог, а также полевого трассирования новых магистралей.

Цифровые модели пути – это математическое описание геометрических характеристик и пространственного положения пути и объектов инфраструктуры железных дорог, которое составляет основу методологии.

Принципы комплекса технических решений по обеспечению производства реконструкции и ремонта пути:

- изыскания и проекты реализуются в едином координатном пространстве, формируемом спутниковыми системами ГЛОНАСС/GPS с высокоточным дифференциальным дополнением и опорной геодезической сетью (ОГС) с выдачей результирующих материалов в координатной форме;
- при проектировании с использованием КСПД ИЖТ учитываются факторы, недоступные или труднодоступные при проектировании традиционным способом;
- проектные данные по конкретным участкам работ готовятся в координатной форме с формированием цифровой модели пути;

- путевые щебнеочистительные и выправочно-подбивочные машины, оснащенные средствами спутниковой навигации и специальным программным обеспечением для бортовых систем управления, выполняют работы в автоматизированном режиме на основании задания, сформированного в соответствии с проектом;

- выполнение каждой технологической операции по ремонту и реконструкции железнодорожного пути осуществляется на основании предварительных высокоточных измерений и расчетов;

- приемка результатов работ по ремонту и реконструкции и передача железнодорожного пути в эксплуатацию производятся на основании объективных измерений параметров геометрии пути на соответствие их проектным.

Экономическая эффективность достигается за счет:

- обеспечения возможности вариантного проектирования и выбора оптимального проекта ремонта и реконструкции железнодорожного пути на основе заданных технических параметров и экономических критериев, учета максимального количества факторов, влияющих на принятие проектного решения;

- эффективного контроля реализации проекта реконструкции и ремонта за счет существенного повышения производительности высокоточных измерений геометрии пути на всех этапах технологической цепочки: укладка пути, глубокая очистка балласта, повышения допустимой скорости до требуемой;

- сокращения затрат на работу тяжелой выправочно-подбивочно-отделочной техники за счет эффективного контроля процесса достижения целевых технических параметров;

- сокращения затрат на проведение изысканий, разработку повторных проектов, выполнения работ по ремонту пути и контролю качества.

Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) предназначена для решения следующих задач:

- повышение экономической эффективности процессов содержания инфраструктуры;
- обеспечение прозрачности процессов;
- повышение управляемости и эффективности управленческих решений;
- повышение безопасности движения и др.

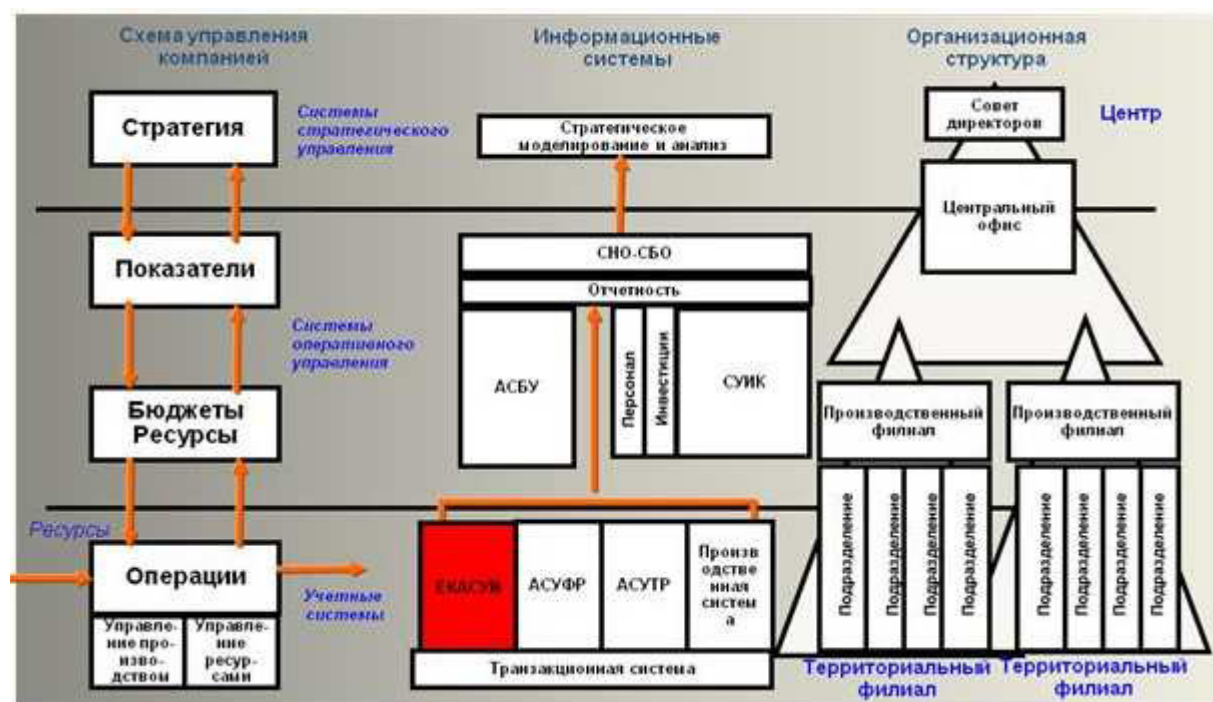


Рисунок 8.7 – Место ЕК АСУИ в комплексной автоматизации

Лекция №9. Методы и критерии оценки технико-экономической эффективности назначения и организации работ по техническому обслуживанию железнодорожного пути на участках скоростных и особо грузонапряженных линий. Технологии ресурсосбережения на основе применения машинного способа технического обслуживания железнодорожного пути скоростных и особо грузонапряженных линий

Приоритетными направлениями современной системы ведения путевого хозяйства являются:

- дальнейшее повышение технического уровня и состояния железнодорожного пути, в особенности на скоростных и особо грузонапряженных линиях;
- развитие путевого комплекса на основе его максимальной механизации и рациональной реструктуризации;
- разработка и внедрение новых ресурсосберегающих технологий путевых работ и методов их организации, обеспечивающих снижение эксплуатационных затрат.

Решение указанных задач включает реализацию комплекса технических мероприятий по повышению надежности пути с одновременным продлением ресурса его работоспособности, развития материально технической базы ремонтных предприятий, с созданием центров по обслуживанию путевой техники.

В основе технической политики путевого хозяйства используются принципы ресурсосбережения, которые обеспечиваются внедрением бесстыкового пути с длинными плетями и стрелочных переводов на железобетонном основании, повторным использованием старогодных материалов, новыми технологиями и организацией ремонтных работ с высоким качеством их выполнения современными путевыми машинами и др.

Для эффективного использования имеющегося потенциала рельсового хозяйства с учетом мер продления срока службы рельсов (укладка

бесстыковых рельсовых плетей, в том числе длиной до блок участка и перегона, профильная шлифовка головки рельса рельсошлифовальными поездами, дозированная лубрикация и т.д.) необходимо более рациональное использование потенциала подрельсовых элементов, входящих в конструкцию верхнего строения пути.

Для этого разрабатывается рациональная и эффективная система производства ремонтов и текущего содержания пути, предусматривающая эксплуатацию его элементов с учетом рационального использования имеющихся ресурсов работоспособности, в первую очередь, железобетонных шпал, щебеночного балластного слоя и упругих рельсовых креплений и основанная на применении механизированного содержания железнодорожного пути.

Эффективность механизированного содержания пути определяет с учетом не только определения эффективности работ по текущему содержанию пути, но и по ремонту пути, принимая во внимание, что их выполняют с применением одного и того же комплекса машин.

Эффективность путевых машин складывается из уменьшения трудовых затрат на выполнение работ по текущему содержанию и ремонту пути и повышения качества содержания пути. В количественном выражении эффективность зависит от многих факторов: типа и количества путевых машин, типа и конструкции верхнего строения пути, засоряемости балластной призмы, грузонапряженности, климатических условий, укомплектованности дистанций пути рабочей силой, качества обслуживания и ремонта машин и др.

Планово-предупредительные работы по текущему содержанию и ремонту пути, включающие выправку, рихтовку, уплотнение балласта в шпальных ящиках, планировку балластной призмы при выправке, смазку и закрепление клеммных и закладных болтов, очистку рельсов и креплений от грязи и мазута, удаление загрязнителей из под подошвы рельса, замену негодных шпал, ввод плетей в расчетный интервал температур до перехода

на механизированный способ производился с применением механизмов и вручную, а после перехода производится с применением машин.

Если до оснащения машинами дистанция была укомплектована рабочей силой по текущему содержанию и ремонту пути менее чем 100% потребности, то потребные объемы работ ежегодно выполнялись не полностью, что отрицательно отражалось на качестве содержания пути, количестве предупреждений об ограничении скорости движения, отказах пути, сроке службы элементов верхнего строения. Содержание и ремонт путевых машин организованы таким образом, чтобы обеспечивалась достаточная их надежность.

Для выполнения планово-предупредительных работ по текущему содержанию и подъемочному ремонту пути и применения машин предоставляются технологические «окна» по каждому главному пути продолжительностью от трех до пяти часов.

Щебеночной балласт очищается своевременно и с высоким качеством, поэтому на всех километрах его загрязненность менее 15%.

Эффективность механизированного содержания пути определяется из выражения:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5 - KH \cdot E - 3, \quad (9.1)$$

где \mathcal{E}_1 – экономия денежных средств за счет уменьшения расхода труда на выполнение путевых работ;

\mathcal{E}_2 – экономия за счет продления срока службы элементов верхнего строения пути и подвижного состава из-за повышения качества его содержания;

\mathcal{E}_3 – экономия за счет уменьшения количества предупреждений и отказов пути;

\mathcal{E}_4 – экономия за счет уменьшения амортизационных отчислений на капитальный ремонт пути;

\mathcal{E}_5 – экономия за счет снижения удельного сопротивления движению поезда;

KH – капитальные затраты связанные с приобретением машин;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (0,1–0,15);

$З$ – затраты, связанные с обслуживанием машин.

Переход на механизированный способ выполнения планово-предупредительных работ по текущему содержанию и ремонту дистанции пути позволит сэкономить:

$$\mathcal{E}_1 = N \cdot P_m, \quad (9.2)$$

где N – число высвобождаемых рабочих, чел.;

P_m – среднемесячная ставка работников, руб.

Переход к механизированному способу производства работ позволит полностью выполнить требуемые объемы планово-предупредительных работ и за счет этого значительно улучшить геометрию пути, в результате чего снизится динамическое взаимодействие пути и подвижного состава.

Полагая, что динамическое взаимодействие пути и подвижного состава при применении машин уменьшится на $n_{дв}$, %. Тогда на столько же сократится количество негодных элементов, заменяемых в процессе содержания пути и подвижного состава. Соответственно, затраты, связанные с расходом материалов, также сократятся на $n_{дв}$, %. Полагая, что затраты на материалы составляют около $n_{зм}$, % общих эксплуатационных затрат дистанции пути, получим экономию за счет снижения затрат, связанных с расходом материалов:

$$C = Z_{оз} \cdot \frac{n_{дв} \cdot n_{зм}}{100}, \quad (9.3)$$

где $Z_{\text{оэ}}$ – общие эксплуатационные затраты дистанции пути (без амортизационных отчислений на капитальный ремонт пути), руб.

Полагая примерно, что столько же затрат, отнесенных к одной дистанции пути, будет сэкономлено на материалах в подразделениях вагонного хозяйства, получим:

$$\mathcal{E}_2 = 2C, \quad (9.4)$$

Экономия затрат от уменьшения количества предупреждений и отказов пути определяется из выражения:

$$\mathcal{E}_3 = t_{\Pi} \cdot t \cdot K \cdot T, \quad (9.5)$$

где t_{Π} – стоимость одного поезд-ч, руб.;

t – потеря времени хода одного поезда по дистанции пути из-за наличия неграфиковых предупреждения и внезапных отказов, ч, $t = 0,2$;

K – количество поездов в сутки;

T – количество дней в периоде.

Экономия от уменьшения амортизационных отчисления на капитальный ремонт пути можно определить по формуле:

$$\mathcal{E}_4 = 0,2 \cdot H_{\text{кр}} \cdot C_{\text{кр}}, \quad (9.6)$$

где $H_{\text{кр}}$ – ежегодное количество капитально ремонтируемых километров на дистанции пути до перехода на механизированное содержание пути, км;

$C_{\text{кр}}$ – стоимость капитального ремонта пути, руб.

При соблюдении сроков планово-предупредительных работ удельное сопротивление движению поезда на 30–35% ниже, чем при несоблюдении сроков. Это соответствует экономии топлива на тягу поездов в денежном выражении около 8000 руб. в год на 1 км. пути.

Экономия за счет снижения удельного сопротивления движению поезда составит:

$$\mathcal{E}_5 = \mathcal{E}_{mm} \cdot H_{KP} \cdot K_{cn}, \quad (9.7)$$

где \mathcal{E}_{mm} – экономия топлива на тягу поездов, руб./км.;

H_{KP} – ежегодное количество капитально ремонтируемых километров на дистанции пути;

K_{cn} – коэффициент снижения удельного сопротивления движению поезда (0,1–0,5).

Подставляя полученные значения в исходную формулу общей эффективности (9.1), получим расчетную экономию денежных средств.