

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

Н.И. Карпущенко, А.Р. Гербер, О.Г. Юдин

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РЕМОНТОВ ПУТИ**

Рекомендовано учебно-методическим объединением
в качестве учебного пособия для студентов
вузов железнодорожного транспорта

Новосибирск 2009

УДК 625.173
К267

Карпущенко Н.И., Гербер А.Р., Юдин О.Г. **Проектирование технологии ремонтов пути:** Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Технология, механизация и автоматизация путевых работ». – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – 156 с.
ISBN 5-93461-375-8

Излагаются методики проектирования ремонтов пути в «окно» и на закрытом для движения поездов перегоне, оценки надежности технологических процессов ремонта пути и способы повышения надежности. Представлена усовершенствованная методика технико-экономической оценки вариантов технологических процессов и системы путевых машин. Приводятся все необходимые справочные материалы.

Пособие предназначено для студентов очного и заочного отделений специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство».

Рекомендовано редакционно-издательским советом Сибирского государственного университета путей сообщения в качестве учебного пособия.

Ответственный редактор
д-р техн. наук, проф. *Н.И. Карпущенко*

Р е ц е н з е н т

начальник Дирекции по ремонту пути Западно-Сибирской железной дороги *А.И. Шленинг*

ISBN 5-93461-375-8

© Карпущенко Н.И., Гербер А.Р.,
Юдин О.Г., 2009

© Сибирский государственный
университет путей сообщения, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Технологический процесс определяет строго установленный порядок производства отдельных операций по времени и месту, расстановку рабочих и машин, доставку материалов к месту работы и преследует цель выполнения работы требуемого качества с наименьшими затратами труда и наиболее эффективным использованием машин и механизмов. Он предусматривает реализацию необходимых мероприятий по обеспечению безопасности движения поездов, охране труда и безопасности работающих.

В настоящее время на все основные виды путевых работ имеется технологическая документация по типовым технологическим процессам, в основу разработки которых положены данные по оснащённости современными машинами и механизмами. Департаментом пути на основе изучения опыта работы передовых коллективов и новаторов производства систематически издаются указания по типовым технологическим процессам, отображающие лучшие, наиболее рациональные приемы работы, но они не могут охватить всего многообразия местных условий дорог, поэтому приходится в каждом конкретном случае разрабатывать рабочие технологические процессы. В их основу должен быть положен соответствующий типовой процесс.

До начала проектирования рабочего технологического процесса необходимо изучить организацию и технологию производства отдельных работ с учетом применения передовых приемов производства работ и новейших высокопроизводительных машин и механизмов; знать составы рациональных групп, выполняющих эти работы, и целесообразную расстановку рабочих по отдельным операциям; изучить последовательность выполнения работ, чтобы избежать их повторения; четко представлять устройство и действие применяемых машин; изучить правила техники безопасности и обеспечения безопасности движения поездов при производстве работ.

1. СИСТЕМА ВЕДЕНИЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА И ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТОВ ПУТИ

1.1. Развитие системы ведения путевого хозяйства отечественных железных дорог

Путевое хозяйство — одна из основных подотраслей железнодорожного транспорта, в которую входит железнодорожный путь со всеми его сооружениями и устройствами и комплексом производственных и технических средств, предназначенных для их обслуживания.

Система включает в себя подразделения, занятые эксплуатацией пути и сооружений, а также промышленные предприятия, обеспечивающие деятельность линейных предприятий.

Главная цель путевого хозяйства — обеспечение потребностей перевозочного процесса при минимальных эксплуатационных расходах и безопасности функционирования инфраструктуры.

Система ведения путевого хозяйства отечественных железных дорог формировалась годами под влиянием совокупности факторов, связанных с эксплуатацией ж.д., основными из которых были осевые нагрузки, грузонапряженность, скорости движения, масса поездов, а также климатические и другие условия.

Опыт эксплуатации линии Петербург–Москва позволил сделать дальнейшие шаги по совершенствованию нормативной базы, устанавливающей обязательные или рекомендуемые требования к конструкции пути и его эксплуатации. До образования МПС (1865 г.) в системе содержания и ремонта пути, а также структурах управления не было единой политики.

С образованием МПС по поручению первого министра П.П. Мельникова была начата работа над необходимыми документами, регламентирующими эксплуатационную деятельность железных дорог.

Четких градаций между видами работ не было. Решение об их необходимом наборе и сроках выполнения принимались дорожным мастером и артельным старостой (бригадиром пути). Однако с конца 80-х гг. XIX в. постепенно начали вырисовываться элементы профилактики в содержании пути.

Был введен плановый попикетный ремонт пути.

По циркуляру МПС 1912 г. в состав работ попикетного ремонта входили: подъемка, выправка по уровню, подбивка шпал, перешивка, смена скреплений, рихтовка, разгонка зазоров, пополнение балласта и смена шпал. Сплошная смена шпал предусматривалась, если количество негодных шпал на километре превышало 50 %, в противном случае назначалась одиночная замена, при которой допускалось использование старогонных шпал, полученных от сплошной смены.

Начальник дистанции пути должен был на основании осмотров ежегодно составлять программу ремонта, исходя из имеющихся кредитов и состояния пути, вести график выполнения работ, которые было предписано начинать после оттаивания балласта и заканчивать в средней полосе России в июле.

Все путевые работы выполнялись бригадами, занимающимися текущим содержанием пути, в которые при попутном сплошном ремонте добавлялась временная рабочая сила.

Текущее содержание было основным и единственным видом работ.

15 июля 1932 г. постановлением Коллегии НКПС было принято решение о переходе на плановые виды ремонтов железнодорожных путей. Однако еще до его принятия железные дороги, начиная с 1928 г., уже выполняли «сплошной ремонт пути», включающий подбивку шпал как основную работу. Кроме этого, на участках пути, где проводилась сплошная смена рельсов, также выполнялся сплошной плановый ремонт пути.

В 1934 г. вышла временная Инструкция ЦУП-НКПС п/548–34 г., которая предусматривала выполнение следующих видов путевых работ:

– капитальный ремонт пути двух видов: сплошное возобновление пути, включающее сплошную смену рельсов, шпал, креплений и балласта; реконструкция элементов верхнего строения пути, включающая смену рельсов на более мощные, замену песчаного балласта на щебеночный, добавление шпал. Возобновление и реконструкция сопровождалась плановым ремонтом, т.е. сплошной подбивкой шпал и другими сопутствующими работами;

– ремонт пути двух видов: сплошной плановый ремонт; текущий ремонт.

В мае 1936 г. (Приказ НКПС 79/Ц от 28.05.36 г. и 283/ЦЗ от 31.05.36 г.) на основе опыта применения временной инструкции и обмена мнениями на отраслевом совещании путейцев была принята новая классификация путевых работ, которая включала реконструкцию пути, капитальный и средний ремонты, текущее содержание.

С 1942 по 1946 г. (Приказ НКПС 399/Ц от 31.05.42 г.) дополнительно к утвержденной классификации путевых работ выполняли так называемый облегченный средний ремонт пути — средний ремонт № 2 (по трудоемкости подобный подъемному).

Вопрос об установлении периодичности ремонтов пути рассматривался уже в конце 40-х гг., но из-за отсутствия достаточных обоснований решен не был. Исследования, проведенные после Великой Отечественной войны учеными отделения путевого хозяйства ВНИИЖТа и транспортных вузов под руководством А.Ф. Золотарского, П.С. Дурново, С.Н. Попова, П.П. Цуканова и др., позволили в начале 50-х гг. впервые в мировой практике установить межремонтные сроки по наработке тоннажа. До 1953 г. межремонтные нормы определялись в годах и носили ориентировочный характер.

В 1953–1958 гг. Приказом МПС № 89/Ц от 21.05.53 г. и 48/Ц от 28.05.58 г. номенклатура путевых работ была изменена и расширена. Вместо среднего ремонта № 2 включен подъемный ремонт пути с выполнением дополнительных работ: сплошная смена рельсов новыми, сплошная смена рельсов старогодными, капитальный ремонт переездов.

На основе опыта применения норм 1958 г. разработана последующая классификация путевых работ, утвержденная Госстроем СССР 5 мая 1964 г. Эта классификация, представленная в Положении о планово-предупредительном ремонте пути, земляного полотна и искусственных сооружений, дополнительно включала: текущее содержание и капитальный ремонт искусственных сооружений и ряд других работ, выполнение которых разрешено было производить за счет амортизационных отчислений на капитальный ремонт.

Периодичность ремонтов пути определялась в соответствии с межремонтными нормами по пропущенному тоннажу. Опыт применения Положения позволил указанием ЦПТ-79 от 31.07.80 г. и ТУ 32-ЦП-1-84 внести изменения в нормы периодичности ремонтов, предусматривающие большую дифференциацию по грузонапряженности.

Четко прослеживалась направленность Положения — усиление верхнего строения пути, прежде всего, за счет увеличения массы рельсов для освоения все возрастающего объема перевозок. Положение «действовало» на дорогах СССР 30 лет.

Необходимо также отметить, что ряд нормативов, декларированных этим документом, так и не был реализован. Это, прежде всего, касается глубины очистки балластной призмы и выполнения промежуточной смены рельсов на железобетонных шпалах, которое велось в весьма ограниченных объемах.

Основные этапы развития и совершенствования системы планово-предупредительных работ на отечественных железных дорогах представлены в табл. 1.1.

**Основные этапы развития системы планово-предупредительных
ремонтных верхнего строения пути на отечественных железных дорогах**

1928–1932	1934	1936–1940	1942	1953–1958	1964
Наименование документа, вводящего норматив					
Постановление Коллегии НКПС от 15.07.32 г.	Временная инструкция ЦУП-НКПС Ц/548-34 г.	79/Ц 29/V-36 г. 283/Ц 31/V-36 г. 152/A 4/VI-37 г. 5/246/ЦЗ 4/VI-40 г.	399/Ц 21/V-42 г.	89/Ц 21/V-53 г.	Положение о планово-предупредительном ремонте, Госстрой СССР, 5/V-64 г.
Виды планово-предупредительных работ					
Плановый ремонт	1. Капитальный ремонт: а) сплошное возобновление пути; б) реконструкция элементов верхнего строения пути 2. Ремонт пути: а) сплошной плановый; б) текущий ремонт	1. Реконструкция пути 2. Капитальный ремонт 3. Средний ремонт 4. Текущее содержание	1. Реконструкция пути 2. Капитальный ремонт 3. Средний ремонт 4. Средний ремонт по классификации № 2 5. Текущее содержание пути	1. Текущее содержание пути 2. Реконструкция пути 3. Капитальный ремонт 4. Средний ремонт 5. Подъемочный ремонт 6. Сплошная смена рельсов новыми или старогодными	1. Текущее содержание пути 2. Подъемочный ремонт 3. Средний ремонт 4. Капитальный ремонт 5. Сплошная смена рельсов новыми или старогодными 6. Текущее содержание и ремонт земляного полотна 7. Текущее содержание и ремонт искусственных сооружений

По мере усложнения условий эксплуатации все большую значимость в системе ведения путевого хозяйства стала приобретать механизация путевых работ.

До середины 20-х гг. практически все путевые работы на отечественных дорогах выполнялись с помощью ручного инструмента.

В 1924 г. Центральным управлением железнодорожного транспорта был издан приказ «О представлении пятилетней производственной программы по механизации работ службы пути». Вскоре для выправки пути в Германии закупили четыре машины Круппа для подбивки шпал пневматическими шпало-подбойками. В 1925 г. НКПС объявил конкурс на разработку средств перевозки рельсов, расшивки пути, разболчивания и сболчивания стыков, сверления рельсов, а также устройств механизации укладки пути. В 1927 г. начался выпуск моторных дрезин и мотовозов, а на дорогах стали создаваться механические мастерские. В 1928 г. на линию начали поступать путевые механизмы. Увеличение объемов планового ремонта и появление первых средств механизации потребовало изменений в организации работ. В 1930 г. по инициативе инженера П.С. Дурново на бывшей Московско–Белорусско–Балтийской железной дороге была создана первая путевая колонна в составе 140 чел., а в 1932 г. подобных колонн уже работало 120.

Одной из первых тяжелых отечественных путевых машин был струг, сконструированный в 1931 г. Ф.Д. Барыкиным и Н.В. Корягиным. В 1934 г. Ф.Д. Барыкиным, В.А. Алешиним и П.Г. Белогорцевым была создана балластировочная майна Б-5. Впоследствии В.А. Алешин, Г.М. Девьякович и А.В. Лобанов создали на базе Б-5 электробалластер, осуществляющий подъемку путевой решетки мощными электромагнитами вместо роликовых клещей.

Основополагающим шагом, определившим последующую технологию капитального ремонта пути, было создание в 1934 г. В.И. Платовым путеукладчика, обеспечившего внедрение промышленных методов замены рельсошпальной решетки. В период 1935–1940 гг. на сеть поступило 3 комплекта кранов с бензиновыми двигателями ЗИС-5 и грузоподъемностью 3,5 т для замены звеньев длиной 12,5 м. Одновременно с путеукладчиком выпускалась моторная платформа для подачи пакетов на кран.

С началом выпуска средств механизации путевые колонны начали преобразовывать в машинно-путевые станции (МПС). Первые МПС были образованы на бывших Московско–Курской и Ярославской железных дорогах, которые дополнительно оснащались компрессорными станциями, пневматическими шпалоподбойками и другими средствами механизации, закупленными за границей.

В апреле 1936 г. был издан приказ НКПС № 35Ц «Об организации машинно-путевых станций», которым предусматривалось организовать 50 общесетевых МПС и 150 новых путевых мастерских. В дополнение к общесетевым машинно-путевым станциям в границах каждой дороги было организовано до 1946 г. 6 путевых дорожных машинных станций (ПДМС). Позднее их число повысили до 47, но из-за отсутствия необходимых средств механизации производительность этих предприятий была доведена до уровня общесетевых станций лишь в 60-е гг. В 1937 г. был организован трест по реконструкции пути «Желдорпутьреконструкция», а в 1939 г. — трест машинно-путевых станций.

К концу 1940 г. отечественная промышленность освоила выпуск механизированного путевого инструмента и оборудования для его питания.

Насыщение предприятий путевого хозяйства средствами механизации потребовало новых подходов к их эксплуатации. НКПС 14 мая 1940 г. издан приказ № 300/а «Об улучшении механизации путевых работ в 1940 г.», которым предусматривалось перевести на механизированные способы производства работ по текущему содержанию пути 15 околотов, создание в службах пути отделов механизации, а на дистанциях пути введение должности инженера-механика. Кроме этого, приказом вменялось разработать: классификацию ремонтов машин, межремонтные нормы и нормы расхода материалов, технические условия на приемку машин из ремонта.

В 1940 г. из 15 предприятий была организована контора путевых ремонтно-механических заводов «Реммашпуть», на которую возлагались обязанности по ремонту машин, изготовлению и ремонту инструмента.

В 1953 г. выпущены первые хоппер-дозаторы, а в 1957 г. щебнеочистительная машина конструкции А.М. Драгавцева с центробежным способом очистки. К началу 1959 г. Тульским заводом изготовлено 11 таких машин. С 1954 г. выпускаются путеукладочные краны типа УК-25/9, позволяющие работать со звеньями длиной 12,5 м на железобетонных шпалах. Существенным шагом стало начало изготовления в 1961 г. шпалоподбивочной машины циклического действия типа ШПМ-02. Крупным достижением в ускорении ремонтов пути с улучшением их качества явилось создание машины ВПО-3000, которая с начала 60-х гг. выпускается на Тульском заводе. В 1961 г. на Путевом ремонтно-механическом заводе № 3 (Пушкинский) было освоено производство передвижных сварочных машин со сварочными головками, разработанными в институте им. Патона.

Темп насыщения, прежде всего путевых машинных станций (ПМС), средствами механизации был довольно быстрый. Так, если в 1955 г. путеукладчиками было отремонтировано 837 км, в 1958 г. — 2518 км, то в 1961 г. — 5807 км. Вместе с тем дистанции пути оснащались в основном механизированным путевым инструментом. Например, в таблице оснащения механизированных дистанций пути 1966 г. из путевых машин упоминается только ШПМ-02.

К концу 70-х гг. грузонапряженность на отечественных железных дорогах по сравнению с 1960 г. выросла в 1,8 раза. При текущем содержании с помощью механизированного инструмента к этому периоду уже нельзя было справиться с возросшим объемом работ по ликвидации деформаций, возникающих при эксплуатации пути. В 1978 г. был взят курс на механизацию работ. Основой для его воплощения в жизнь стало применение комплекса машин, выполняющих наиболее трудоемкие работы по выправке и рихтовке пути, закреплению гаек промежуточных скреплений на бесстыковом пути. Первые образцы таких машин ВПР-1200 и ВПРС-500 были выпущены в 1976 г.

В начальный период организации ремонтных работ затраты труда на 1 км при капитальном ремонте пути при ручном исполнении составляли 1700–1800 чел.-дн., а общая продолжительность закрытия перегона — 16–18 ч. Раздельный способ производства работ вызывал неизбежные нарушения графика движения поездов, не позволял обеспечивать высокое качество работ, приводил к непроизводительным потерям при пропуске поездов. Такой способ работ в условиях постоянно растущего объема перевозок стал тормозом пропуска поездов. В связи с этим возникла острая необходимость вынесения максимального количества работ с перегонов на звеносборочные базы, чему способствовало внедрение путеукладочных кранов.

Первые звеносборочные базы временного типа появились в конце 40-х гг. В последующие годы с развитием средств механизации их стали реорганизовывать в постоянные производственные базы ПМС со стационарными строениями и агрегатами для сборки и разборки звеньев путевой решетки.

С 1972 г. началось широкое внедрение поточных звеносборочных и разборочных линий на деревянных и железобетонных шпалах, а также стендов для сборки стрелочных переводов.

Постепенное развитие сети путевых машинных станций, создание новых тяжелых высокопроизводительных машин, отработанные технологические процессы и вообще наивысший уровень развития путевой науки позволили достичь к середине 60-х гг. беспрецедентного уровня выработки на капитальном ремонте пути — до 400–450 м пути за 1 ч «окна».

90-е гг. прошлого века помимо коренным образом изменившихся условий эксплуатации характеризуются значительным подъемом путевого хозяйства. За период с 1992–1998 гг. произошло ощутимое улучшение основных эксплуатационных показателей ведения путевого хозяйства сети.

Повышение эксплуатационных показателей в течение последних лет обусловлено рядом обстоятельств, главные среди которых следующие:

- рост объемов ремонтов пути, приведенных к тонно-километровой работе пути;
- внедрение в последние годы новой системы ведения путевого хозяйства, основанной на технологиях, обеспечивающих длительную стабильность пути.

Качество ведения путевого хозяйства зависит в первую очередь от качества ремонтов пути, а также от уровня профессионализма, понимания приоритетности конкретных задач и ответственности руководителей путевого хозяйства на дорогах.

Высокий уровень грузонапряженности отечественных железных дорог обусловил жесткие требования по обеспечению требуемой выработки в «окно» при ремонтах пути. В силу этих объективных причин основной вид ремонтных работ на пути — капитальный ремонт — в сущности, был сведен к замене рельсошпальной решетки. В результате, за несколько десятилетий такой практики в путевом хозяйстве система обеспечения и контроля качества ремонтных работ отошла на второй план. Главным критерием было выполнение требуемых объемов в километраже, причем в «окна» минимально возможной продолжительности.

В целом на грузонапряженных участках, где смена рельсошпальной решетки (т.е. капитальный ремонт) производилась через 6–10 лет, такой подход решал основные задачи в перевозках при обеспечении определенного уровня безопасности движения, однако он становится неприемлемым при увеличении межремонтных сроков до 20–30 лет.

С другой стороны, подчиненность ремонтников (ПМС) и принимающих работы по ремонту пути эксплуатационников (ПЧ) единому руководству (П, НЗП) не позволяет обеспечить действенность финансовых рычагов в проведении ремонтов пути с высоким качеством.

Принципиально это решается путем проведения ремонтов фирмами, не входящими в структуру «РЖД», с распределением работ на тендерных условиях, как это широко распространено за рубежом.

Однако переход к такому методу организации работ потребует определенного времени.

На сегодня имеются благоприятные условия для повышения качества ремонтов пути, сформированные следующими факторами.

Во-первых, сокращение объемов ремонтов при оставшихся мощностях ПМС позволяет обеспечить более качественную подготовку к ремонту на базах ПМС (сборка рельсошпальной решетки, профилактика техники и т.д.).

Во-вторых, снижение интенсивности движения дает возможность предоставления «окон» большой продолжительности, вплоть до закрытия перегонов.

В-третьих, путевое хозяйство быстрыми темпами насыщается путевыми машинами последнего поколения, контрольно-измерительным оборудованием.

Для обеспечения высокого качества ремонтов пути разработана система технических, технологических и организационных мероприятий.

1.2. Классификация путевых работ.

Основные виды ремонтов пути и межремонтные сроки

Вся система ведения путевого хозяйства подчинена одной общей задаче — содержанию пути в постоянно исправном состоянии, обеспечивающем безопасное движение поездов с наибольшими допускаемыми скоростями и максимально разрешенными осевыми нагрузками.

Эта задача на отечественных железных дорогах решается за счет проведения профилактических периодических ремонтов пути и постоянного качественного текущего содержания, причем оба компонента играют равноценную роль в выполнении основной задачи, возлагаемой на путевое хозяйство.

С изменением конструкции верхнего строения пути и широким внедрением средств механизации и автоматизации производственных процессов меняются характер и объем выполняемых ра-

бот на каждом километре пути, но гармоничное сочетание двух основных компонентов, определяющих организацию путевого хозяйства, остается неизменным.

Периодические ремонты пути на отечественных железных дорогах носят ярко выраженный профилактический характер и выполняются по мере накопления остаточных деформаций в элементах верхнего строения. Эти элементы, изготовленные из разных материалов и выполняющие различные функции по передаче нагрузки от подвижного состава на нижерасположенные звенья пути, имеют весьма различные сроки службы, поэтому установлены отдельные виды ремонтов пути, объединенные общим названием — капитальные работы.

Отсюда выбор оптимальной технологии путевых работ приобретает особенно важное значение, поскольку она определяет объемы затраченного труда, эффективность использования машин, механизмов и качество выполненных работ.

Большая концентрация машин и механизмов при выполнении сложных и трудоемких путевых работ ставит перед необходимостью тщательной разработки детальных планов их организации.

Работы по ремонту пути и стрелочных переводов, осуществляемые за счет средств ремонтного фонда, подразделяются на следующие основные виды:

- усиленный капитальный ремонт пути (условное обозначение — УК);
- сплошная замена рельсов в период между усиленными капитальными ремонтами бесстыкового пути и металлических частей стрелочных переводов, сопровождаемая работами в объемах среднего (или усиленного среднего) ремонта пути (условное обозначение — РС);
- сплошная смена рельсов и металлических частей стрелочных переводов (условное обозначение — Р);
- капитальный ремонт пути (условное обозначение — К);
- усиленный средний ремонт пути (условное обозначение — УС);
- средний ремонт пути (условное обозначение — С);
- подъемочный ремонт пути (условное обозначение — П);
- сварка рельсовых плетей до длины блок-участка и перегона на фронтах ремонтов предыдущих лет (условное обозначение — СПУП);
- шлифовка рельсов (условное обозначение — ШР);
- алюминотермитная сварка стрелочных переводов (условное обозначение — АТСП);
- сплошная смена рельсов в кривых с боковым износом на новые или старогонные (условное обозначение — РИК);
- сплошная смена переводных деревянных брусьев (условное обозначение — СПБД).

Основные виды работ, выполняемых за счет капитальных вложений:

- реконструкция плана и профиля пути на перегонах и станциях, требующая досыпки земляного полотна и переноса опор контактной сети в объеме более 5 % от их количества на участке ремонта;
- перенос стрелочных переводов на новые ординаты, требующий досыпки земляного полотна;
- реконструкция профиля горок.

Нормативная периодичность выполнения ремонтно-путевых работ для среднесетевых условий, по которой определяется их ежегодная общая потребность при перспективном и текущем планировании, дифференцируется по различным участкам с учетом технологии ранее выполненных на них ремонтов:

- на участках, где усиленный капитальный и капитальный ремонты пути выполнялись с соблюдением требований Положения о системе ведения путевого хозяйства на железных дорогах Российской Федерации, введенного в действие Приказом МПС России № 12Ц от 16.08.94 г. с 1 января 1995 г. (далее — ППР 94) установлены сроки проведения ремонтов (табл. 1.2);

Таблица 1.2

Среднесетевые нормы периодичности выполнения усиленного капитального и капитального ремонтов пути и схемы промежуточных видов ремонтно-путевых работ для определения потребности в них при перспективном и текущем планировании на участках, где были выполнены усиленный капитальный и капитальный ремонты пути с соблюдением требований ППР 94

Класс, группа и категория пути	Периодичность выполнения усиленного капитального и капитального ремонтов пути, млн т / годы		Виды путевых работ и очередность их выполнения за межремонтный цикл (числитель – путь; знаменатель – стрелочные переводы)
	Бесстыковой путь	Звеньевой путь на деревянных шпалах	
1Б1; 1Б2; 1Б3; 2Б4; 2Б5	700	600	$\frac{(УК)ВСВ(РУС)ВСВ(УК)}{(УК)ВВ(РС)ВВ(РУС)ВВ(РС)ВВ(УК)}$
	1400	—	
1В1; 1В2; 2В3; 2В4	700	600/18	$\frac{(УК)ВВСВП(УК)}{(К)ВВ(РС)ВП(УК)}$
1Г1; 2Г2; 2Д1	1 раз в 30 лет	1 раз в 18 лет	$\frac{(УК)ВВСВП(УК)}{(УК)ВВ(РС)ВП(УК)}$
3Б6	700	600	$\frac{КВСВК}{(УК)ВВ(РС)ВВ(УК)}$
3В5; 3В6	700	600/18	$\frac{КВВСВПК}{(УК)ВВ(РС)ВВ(УК)}$
3Г3; 3Г4; 3Г5; 3Г6	700/35	1 раз в 18 лет	$\frac{КВВСВПК}{(УК)ВВ(РС)ВВ(УК)}$
3Д2; 3Д3; 3Д4; 3Е1; 3Е2; 3Е3	1 раз в 35 лет	1 раз в 18 лет	$\frac{КВВСВПК}{(УК)ВВ(РС)ВВ(УК)}$
4Д5; 4Д6; 4Е4; 4Е5; 4Е6	1 раз в 35 лет	1 раз в 20 лет	$\frac{КВВСВПК}{КВВ(РС)ВПК}$
5	1 раз в 40 лет	1 раз в 25 лет	$\frac{КПСПК}{КП(РС)ПК}$

Примечания: 1) на участках с грузонапряженностью более 50 млн км брутто допускается после наработки тоннажа (700 млн т брутто) вместо усиленного капитального ремонта пути производить сплошную смену рельсов, сопровождаемую средним ремонтом пути;
2) на линиях федерального значения — 1 раз в 30 лет.

– на участках, где ранее был выполнен капитальный ремонт пути в соответствии с требованиями Положения о планово-предупредительном ремонте верхнего строения пути, земляного полотна и искусственных сооружений на железных дорогах Союза ССР (ППР 64), периодичность ремонтов назначается по табл. 1.3.

Таблица 1.3

Среднесетевые нормы периодичности выполнения усиленного капитального и капитального ремонтов пути для определения их потребности при перспективном и текущем планировании на участках, где ранее был произведен капитальный ремонт с неполным использованием ресурсосберегающих технологий (в соответствии с ППР 64)

Класс, группа и категория пути	Периодичность выполнения усиленного капитального и капитального ремонтов пути, млн т/годы	
	Бесстыковой путь	Звеньевой путь
1Б1–1Б3; 2Б4; 2Б5	700	600
1В1; 1В2; 2В3; 2В4	700/28	600/18
1Г1; 2Г2; 2Д1	1 раз в 28 лет	1 раз в 18 лет
3Б6	850	750
3В5; 3В6	850/30	750/18
3Г3–3Г6 3Д2–3Д4; 3Е1–3Е3	1 раз в 30 лет	1 раз в 18 лет
4Д5; 4Д6; 4Е4–4Е6	1 раз в 35 лет	1 раз в 20 лет
5Б7; 5В7; 5Г7; 5Д7; 5Е7	1 раз в 40 лет	1 раз в 25 лет

Среднесетевые нормы периодичности выполнения усиленного капитального и капитального ремонтов пути и основные схемы производства промежуточных видов ремонтно-путевых работ для определения их потребности при перспективном и текущем планировании на участках, где усиленный

капитальный и капитальный ремонты пути уже выполнялись с соблюдением требований ППР 94, приведены в табл. 1.2.

Среднесетевые нормы периодичности выполнения усиленного капитального и капитального ремонтов пути на участках, где ранее был выполнен капитальный ремонт пути с неполным использованием ресурсосберегающих технологий в соответствии с ППР 64, приведены в табл. 1.3 (промежуточные виды ремонтов — аналогичны табл. 1.2).

Конкретные участки и места проведения путевых работ в рамках нормативных объемов устанавливаются при их планировании по фактическому состоянию пути. При этом для планирования усиленного капитального и капитального ремонтов пути обязательным условием является наработка тоннажа или срока службы в годах не менее нормативного.

Протяженность участков усиленного капитального, капитального, усиленного среднего и среднего ремонтов должна составлять, как правило, весь перегон с примыкающими станциями, при условии близких значений пропущенного тоннажа или срока службы в годах.

Допускается выполнение усиленного среднего, среднего, подъемочного ремонтов, а также планово-предупредительной выправки на участках меньшей протяженности в особых случаях (в местах со сложными условиями эксплуатации — кривые участки пути малых радиусов и т.п.; при невыполнении основных, но достижении на отдельных участках перегона значений дополнительных критериев, нормируемых для того или иного вида промежуточного ремонта и др.).

1.2.1. Усиленный капитальный ремонт пути

При усиленном капитальном ремонте пути выполняются следующие основные работы:

- замена рельсошпальной решетки на новую, собранную на производственной базе;
- комплексная замена стрелочных переводов;
- вынос стрелочных переводов из кривых участков, если это не требует досыпки земляного полотна и реконструкции станции;
- очистка щебеночной призмы на глубину ниже подошвы шпал, не менее указанной в Технических условиях [2], или замена асбестового балласта или щебня слабых пород на щебеночный с устройством разделительного слоя между очищенным и неочищенным массивами балласта или основной площадкой земляного полотна;
- уположение кривых, удлинение переходных кривых и прямых вставок, если это не требует досыпки земляного полотна из привозного грунта или разработки выемки, замены или перестановки опор контактной сети в объеме более 5 % от их количества на участке ремонта;
- доведение параметров балластной призмы до типовых размеров, в том числе на мостах с ездой на балласте;
- устройство защитного слоя на основной площадке земляного полотна;
- устранение пучин и просадок пути, усиление основной площадки земляного полотна в местах с повышенной деформативностью;
- уположение или укрепление откосов насыпей за счет использования отсева от очистки балластной призмы;
- срезка обочин;
- выправка, подбивка и стабилизация пути с постановкой на проектные отметки в профиле;
- постановка пути на ось в плане и приведение длин переходных кривых и прямых вставок между смежными кривыми в соответствие с максимальными проектируемыми скоростями движения поездов;
- ремонт и восстановление водоотводов и дренажных устройств;
- срезка и уборка отложений загрязнителей балласта на откосах выемок и насыпей;
- ремонт железнодорожных переездов;
- восстановление километровых и пикетных знаков в соответствующих местах, а также знаков закрепления кривых с учетом их нового положения;
- очистка русел и планировка конусов малых искусственных сооружений;
- сварка плетей до длины блок-участка или перегона (включая стрелочные переводы);
- шлифование поверхности катания рельсов и другие работы, предусмотренные проектом.

При последующих усиленных капитальных ремонтах пути состав входящих в них работ должен определяться проектно-сметной документацией с учетом фактического состояния верхнего строения пути, земляного полотна и водоотводов.

1.2.2. Капитальный ремонт пути

При капитальном ремонте пути производится замена рельсошпальной решетки на более мощную или менее изношенную на путях 3–5 классов (стрелочных переводов на путях 4–5 классов), смонтированную из новых или старогодных рельсов, новых и старогодных шпал и креплений.

Капитальный ремонт пути может выполняться как комплексно со снятием и укладкой путевой решетки кранами, так и раздельным способом с заменой рельсов, креплений, шпал.

В состав работ по капитальному ремонту пути на участках 3–4 классов входят те же операции, что и при усиленном капитальном ремонте, кроме уположения кривых.

На путях 5 класса при капитальном ремонте пути производится замена материалов верхнего строения пути, не обеспечивающих безопасное движение поездов с установленными скоростями, а также сопутствующие работы по комплексной выправке пути с ремонтом водоотводных и дренажных сооружений, ликвидацией пучин и балластных выплесков, срезкой лишнего грунта на обочинах и междупутьях.

Планирование капитального ремонта осуществляют исходя из пропущенного тоннажа, срока службы конструкции и фактического состояния пути. При этом необходимость капитального ремонта пути на участке определяют по критериям, приведенным в [2].

1.3. Основные разновидности усиленного капитального и капитального ремонтов пути

Различия технологических процессов производства ремонта пути обусловлены конструкцией верхнего строения, видом балласта, количеством машин, входящих в комплекс, и др.

Анализ организации работ и практика показывают, что при усиленном капитальном и капитальном ремонтах пути все многообразие различных вариантов можно свести к следующим основным видам (табл. 1.4).

Капитальный ремонт бесстыкового пути ведется двумя способами: с разрезкой лежащих плетей или заменой лежащих плетей на инвентарные рельсы, в этом случае увеличивается количество этапов выполнения работ. Основные работы выполняются, как на обычном звеньевом пути.

Таблица 1.4

Виды усиленного капитального и капитального ремонтов пути

Вид ремонта	Состояние верхнего строения пути	
	до ремонта	после ремонта
Капитальный ремонт с очисткой загрязненного щебня машинами ЦОМ-4, ЦОМ-4М, БМС и добавлением чистого	Звеньевой путь на загрязненном щебеночном балласте	Звеньевой путь на щебеночном балласте
Усиленный капитальный ремонт с глубокой очисткой загрязненного щебня машинами СЧ-600, РМ-80, ЦОМ-6 и др.	Звеньевой путь на загрязненном щебеночном балласте	Звеньевой путь на щебеночном балласте
Капитальный ремонт на асбестовом балласте	Звеньевой путь на загрязненном асбестовом балласте	Звеньевой путь на асбестовом балласте
Усиленный капитальный ремонт с постановкой пути на щебень	Звеньевой путь на загрязненном асбестовом балласте	Звеньевой путь на щебеночном балласте
Усиленный капитальный ремонт с переустройством трехслойной балластной призмы в двухслойную	Звеньевой путь на трехслойной балластной призме	Звеньевой путь на щебеночном балласте
Усиленный капитальный ремонт бесстыкового пути с глубокой очисткой щебня	Бесстыковой путь на загрязненном щебеночном балласте	Бесстыковой путь на щебеночном балласте
Усиленный капитальный ремонт с укладкой бесстыкового пути с постановкой на щебень	Звеньевой путь на деревянных шпалах и асбестовом балласте	Бесстыковой путь на щебеночном балласте
Усиленный капитальный ремонт с укладкой бесстыкового пути с очисткой щебня	Звеньевой путь на деревянных шпалах и загрязненном щебне	Бесстыковой путь на щебеночном балласте
Капитальный ремонт с укладкой бесстыкового пути и очисткой щебня	Звеньевой путь на деревянных шпалах и загрязненном щебне	Бесстыковой путь на старогодных материалах на щебеночном балласте

Приоритетными в комплексе работ по ремонту пути являются основные работы, выполняемые в «окно» определенной продолжительности, так как от принятого способа их производства, фронта работ в «окно» и периодов предоставления «окон» зависит организация подготовительных и отделочных работ.

В силу этого проектирование технологического процесса начинается с основных работ, выполняемых в «окно», и работ, выполняемых после «окна», для приведения пути в состояние, обеспечивающее движение всех поездов с установленной скоростью.

Для каждого вида капитального ремонта разработаны технологические схемы (рис. 1.1) основных работ в «окно», выполняемых машинами тяжелого типа и группами рабочих в строго определенной последовательности. В технологических схемах указываются только те работы, выполняемые группами рабочих, которые влияют на продолжительность «окна».

Технологическую схему производства основных работ в «окно» следует выбирать в зависимости от рода балласта, лежащего в пути и укладываемого после ремонта, имеющихся в наличии или указанных в задании путевых машин.

Состав комплекса машин и оборудования для механизации путевых работ зависит от многих факторов: конструкции пути, состава технологических операций, фронта работ в «окно», технической оснащенности, экономической целесообразности и др.

В Технических условиях на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути [2] приводятся рекомендуемые составы комплексов машин для различных видов ремонтов пути и их нормы выработки.

Принятые варианты технологических схем для каждого этапа вычерчиваются в пояснительной записке в произвольном масштабе с соблюдением последовательности выполнения отдельных работ.

Для выбранной технологической схемы проведения основных работ составляется план расстановки рабочих поездов и групп рабочих по фронту на момент полного развертывания всех работ с соблюдением разрывов, необходимых по требованиям техники безопасности.

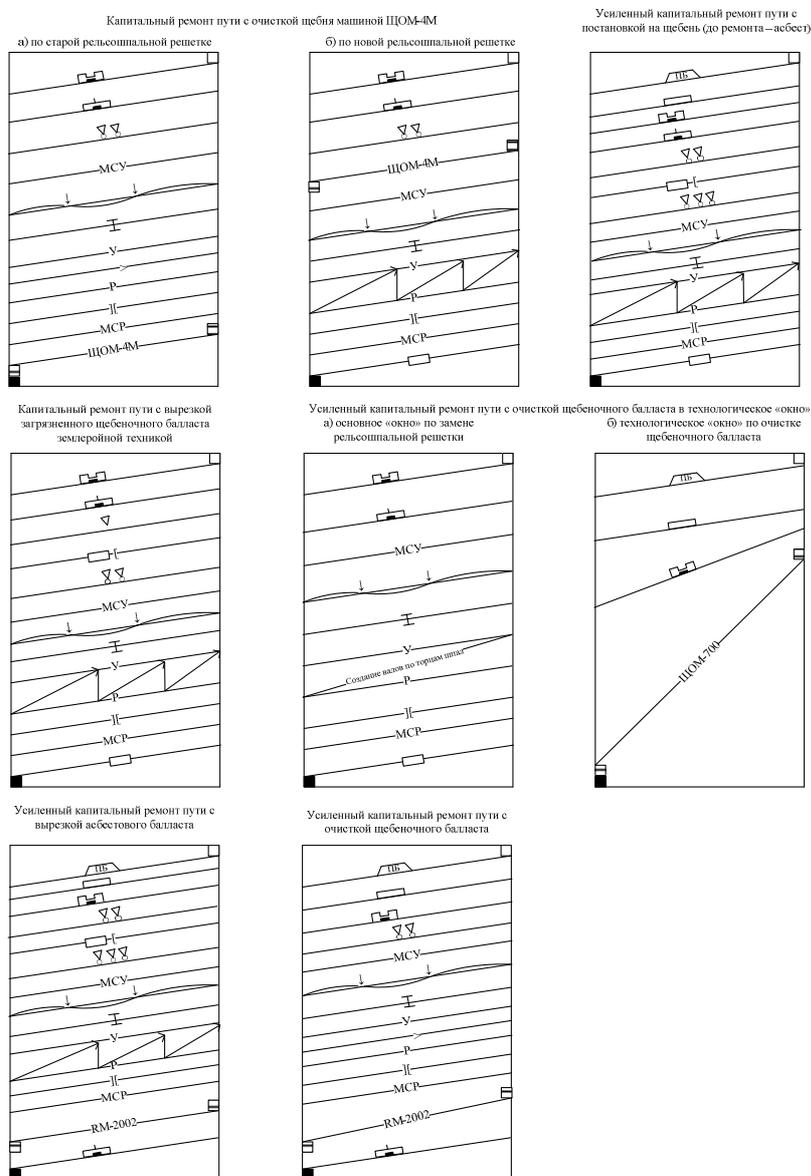


Рис. 1.1. Технологические схемы выполнения основных работ в «окно»

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕННОГО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ПУТИ

Технология капитального ремонта пути со сменой рельсошпальной решетки, применяющаяся на отечественных железных дорогах, принципиально отличается от технологий, распространенных за рубежом. Там, как правило, применяется отдельный способ смены рельсошпальной решетки, при котором происходит сдвигка старых рельсов со шпал, извлечение старых шпал, планировка основания и укладка поштучно новых шпал, укладка новых рельсов. Производительность таких ремонтных комплексов невелика, однако она согласована с производительностью щебнеочистительных машин глубокой очистки, имеющих производительность порядка 100–250 м/ч. К преимуществам такой технологии следует отнести:

- сокращение инфраструктуры предприятий по ремонту пути — отсутствие звеносборочных баз;
- сокращение количества операций по транспортировке, перевалке элементов верхнего строения пути, технологических операций — например, смена инвентарных рельсов плетями;
- высокий уровень механизации и машинизации.

К недостаткам — невысокий темп ремонта пути.

В России была принята структура путевых машинных станций с мощными звеносборочными базами, на которых производится сборка рельсошпальной решетки в звенья с последующей укладкой их в путь. Такой подход объяснялся стремлением достичь максимальной выработки в «окно». В этом случае основной машиной, определяющей темп работ, является путеукладочный кран с паспортной производительностью 0,8 км/ч. Применяемый метод капитального ремонта пути позволяет действительно добиться значительной выработки (до 400–450 м за час «окна»). Однако одна из основных работ — оздоровление балластного слоя с использованием щебнеочистительных машин типа ЩОМ, имеющих высокую производительность, выполняется некачественно. Кроме того, глубина очистки щебня этими машинами мала и для обеспечения требуемой толщины чистого щебня под шпалой необходимы значительные досыпки нового щебня. Это увеличивает постоянную нагрузку на земляное полотно, требует досыпки обочины, создает проблемы с подвеской контактного провода и т.д.

Осознание этих обстоятельств, а также возможность закрывать перегоны на длительное время привели путевое хозяйство железных дорог России к определенной переориентации, вследствие которой была установлена необходимость перехода на другую технологию (глубокой) очистки щебня. Отечественные предприятия получили заказ на изготовление ЩОМ другой конструкции на основе достигнутого за рубежом опыта, а также была начата организация совместного производства таких машин в России.

При высоком качестве выполнения работ эти машины имеют невысокий темп в единицах пройденного в рабочем режиме пути и, соответственно, становятся ведущими машинами в технологической цепочке, определяющими темп выполнения работ. Безусловно, это и другие обстоятельства не могли не сказаться на выработке путевых машинных станций и потребовали ряда технологических решений для адаптации отдельных новых машин к устоявшейся системе производства работ на отечественных железных дорогах.

Переход на новые щебнеочистительные машины (они стали ведущими в процессе ремонта пути) потребовал создания новых технологий.

Основные принципы проектирования технологических процессов сформулированы в 50–60-е гг. прошлого века. Технологические процессы распределены по периодам их выполнения на подготовительные, основные и отделочные.

К подготовительным работам относятся: проверка состояния пути с необходимыми измерениями и нивелировкой, уточняющими места и объемы намечаемых работ; доставка необходимых материалов к месту работ с разгрузкой и раскладкой их по фронту; подготовка пути и отдельных его элементов к выполнению основных работ: замена негодных шпал, добивка костылей, разгонка или регулировка зазоров, перестановка путевых знаков, доставка машин и оборудования к месту работ и подготовка их к работе.

К основным работам относятся все те работы, которые определяют характер ремонтов пути. Так, при капитальном ремонте пути в основные работы входит сплошная смена рельсов и креплений, шпал и балласта (или очистка щебня от загрязнителей) и т.д.

Выполнение отделочных работ обеспечивает приведение пути в состояние, полностью отвечающее требованиям технических условий, установленных для данного вида ремонта. В отделочные работы по капитальному ремонту входят выправка пути с подбивкой всех шпал выправочны-

ми машинами, рихтовка прямых и кривых участков пути, отделка балластной призмы с перераспределением балласта по фронту работ, ремонт переездов, перестановка и окраска путевых знаков и др.

подавляющее большинство подготовительных и отделочных работ выполняют без закрытия перегона в периоды, свободные от движения поездов, практически при этом не требуется каких-либо корректировок графика движения.

Основные же работы выполняют на закрытом для движения поездов перегоне в «окно». Они связаны с разрывом рельсовой колеи и значительным ослаблением пути, производятся с применением машин тяжелого типа.

Работы по ремонту пути организуются таким образом, чтобы ремонтируемый путь в назначенный срок был приведен в состояние, обеспечивающее безопасный пропуск поездов с установленными скоростями.

Для повышения безопасности движения поездов, сокращения затрат труда, избежания повторяемости отдельных операций, повышения качества ремонта путевые работы выполняются в строго определенной последовательности.

При составлении карт технологических процессов на подготовительные, основные и отделочные работы учитывают потери времени на пропуск поездов. Следует принимать во внимание и то, что практически каждая работа для успешного ее выполнения требует определенного рационального состава бригады или группы.

При назначении количества работающих на ту или иную работу необходимо руководствоваться отраслевыми нормами времени на работы по ремонту верхнего строения пути [3], представленными в виде технолого-нормировочных карт. В них указываются наименования и условия работы, состав группы исполнителей, единицы измерения, нормы затрат труда на единицу измерения.

В технологических процессах учитывают эксплуатационные условия участка, наличие устройств автоблокировки, контактного провода, искусственных сооружений, переездов, пассажирских платформ, тип верхнего строения пути до ремонта и после него, так как эти факторы существенно влияют на организацию работ, выбор машин и механизмов, последовательность выполнения отдельных операций, продолжительность «окна» и др.

Большое значение при составлении технологических процессов имеют выбор методов и способов производства работ и расстановка рабочей силы.

Путевые работы можно выполнять комплексно или раздельно. При комплексном методе все работы, например сплошная смена рельсов, шпал, балласта, на данном участке выполняют одновременно. Все основные работы производят комплексным методом.

При раздельном методе сначала выполняют один вид работ из входящих в число основных, например сплошную смену рельсов, потом другой, например смену шпал, балласта.

Преимущество комплексного выполнения работ перед раздельным заключается в том, что:

- снижается трудоемкость работ, так как отпадает необходимость в повторном выполнении ряда операций;

- максимально используются путевые машины и оборудование. Например, путеукладчики при раздельном методе производства работ капитального ремонта могут быть использованы только на сплошной смене рельсов, а при комплексном выполнении работ — на смене рельсов и шпал одновременно;

- облегчаются техническое руководство работами и контроль за их качеством;

- улучшается качество работ, потому что сборка новой рельсошпальной решетки переносится с перегона на базу, где эта работа почти полностью механизмуется.

Выполнение всего комплекса работ в одно «окно» и с лучшим качеством сокращает общую продолжительность «окон» и сроки действия предупреждений.

Раздельное выполнение работ допускается в исключительных случаях при невозможности выделить в графике движения поездов «окно» достаточной продолжительности.

По расстановке рабочей силы различают три основных способа работ: звеньевой, поточный, смешанный (поточно-звеньевой).

При звеньевом способе каждый рабочий или группа рабочих выполняет на своем участке последовательно весь комплекс составляющих работ.

При поточном способе бригады делятся на группы по числу последовательно выполняемых операций. Все операции, входящие в состав отдельной работы, а следовательно, и все работы, объединяемые в потоки, выполняются в одном темпе, равном темпу ведущей работы, за которую принимается

наиболее механизированная и трудоемкая работа. Нарушение темпа выполнения какой-либо одной операции влечет за собой нарушение темпа работы всего потока. К каждой последующей операции (работе) можно приступить только после подготовки для нее фронта. Поточный способ производства работ является наиболее передовым и прогрессивным.

Комплексные механизация и автоматизация путевых работ возможны только при поточном способе.

Однако он имеет и недостатки: рабочие вступают в работу и заканчивают ее неодновременно, а последовательно, в результате чего затрачивается часть полезного времени на развертывание и свертывание работ.

2.1. Определение основных параметров технологического процесса

К основным параметрам технологического процесса относятся: протяженность участка основных работ в «окно», продолжительность «окна», периодичность предоставления «окон» и суточная производительность ПМС.

При определении основных параметров может быть два подхода:

1. Протяженность участка основных работ в «окно» определяется с учетом заданного объема работ на сезон, количества рабочих дней и периодичности предоставления «окон», после чего устанавливается величина «окна» в зависимости от протяженности участка и темпа работы ведущих машин.

2. Протяженность участка основных работ в «окно» определяется в зависимости от продолжительности «окна» и темпа работы ведущих машин. Продолжительность «окна» и периодичность предоставления «окон» заданы.

2.1.1. Определение фронта работ в «окно»

2.1.1.1. Определение фронта работ в «окно» при заданном объеме работ

Суточная производительность ПМС подсчитывается в соответствии с заданными объемами работ и сроками их выполнения.

Сроки выполнения работ задаются в виде дат начала и конца проведения работ, а далее по календарю текущего года подсчитывается количество рабочих дней в указанном отрезке времени.

Объем работ приводится в задании в виде размеров эксплуатационной длины участка, подлежащего ремонту, или годового объема работ.

Суточная производительность ПМС определяется по следующей формуле:

$$S = \frac{L}{T - \sum t}, \quad (2.1)$$

где L — объем работ на сезон или протяженность ремонтируемого участка, км; T — число рабочих дней; $\sum t$ — резерв времени на случай непредоставления «окон», несвоевременного завоза материалов, на развертывание и свертывание работ в начале и конце сезона и метеорологические условия (колеблется в пределах $0,05 \dots 0,1 T$).

В случае ремонта бесстыкового пути с разрезкой старых рельсовых плетей либо укладки рельсовых плетей после капитального ремонта звеньевого пути необходимо учесть время для замены инвентарных рельсов на плети бесстыкового пути, тогда

$$S = \frac{L}{T - \sum t - t_{пл}}, \quad (2.2)$$

где $t_{пл}$ — число рабочих дней, необходимых для замены инвентарных рельсов плетями бесстыкового пути.

В типовых технологических процессах замена инвентарных рельсов плетями бесстыкового пути производится на участке протяженностью 1600–4000 м (при проектировании можно принять 3200 м), следовательно

$$t_{пл} = \frac{L}{3,2}. \quad (2.3)$$

Если разрабатывается технологический процесс ремонта бесстыкового пути с предварительной заменой плетей на инвентарные рельсы, то

$$S = \frac{L}{T - \sum t - 2t_{пл}}. \quad (2.4)$$

Длина фронта работ в «окно» $l_{фр}$ определяется исходя из вычисленной суточной производительности ПМС и периодичности предоставления «окон»:

$$l_{фр} = S t_{пер}, \quad (2.5)$$

где $t_{пер}$ — количество дней, в течение которых «окно» предоставляется один раз.

По условиям производства работ необходимо, чтобы $l_{фр}$ в «окно» равнялся целому количеству звеньев. Поэтому полученное значение фронта работ округляется до ближайшего числа, кратного 25 м.

2.1.1.2. Определение фронта работ при заданной продолжительности «окна»

В этом случае фронт работ в «окно» определяется в соответствии с Инструкцией ЦД-862 [1], в которой устанавливаются средние нормы выполнения основных путевых работ в «окно», в зависимости от вида ремонта и характеристики верхнего строения пути.

Средние нормы выработки укладочных машинных комплексов на работах по укладке рельсошпальной решетки звеньями на различных видах ремонта пути в «окна» различной продолжительности представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Средние нормы выработки укладочных машинных комплексов, м

Наименование технологической операции	При работе на одном перегоне до 6 хозяйственных поездов				При работе на одном перегоне 7 и более хозяйственных поездов			
	Продолжительность предоставленного «окна», ч				Продолжительность предоставленного «окна», ч			
	6	8	10	12	6	8	10	12
1. Укладка рельсошпальной решетки с применением УК-25/9-18:								
1.1. Со срезкой балласта землеройной техникой на глубину до 10 см:								
– на железобетонных шпалах	1625	2225	2725	—	1325	1925	2425	2875
– на деревянных шпалах	2250	3050	3750	—	1850	2650	3350	4000
1.2. С очисткой балласта машиной ЩОМ-4М по новой рельсошпальной решетке:								
– на железобетонных шпалах	1300	1900	2400	—	950	1300	1800	2250
– на деревянных шпалах	1800	2600	3300	3950	1400	2200	2900	3450
1.3. Со срезкой балласта землеройной техникой среднего типа на глубину 20 см	1000	1600	2100	2550	700	1300	1800	2250
1.4. Со срезкой балласта землеройной техникой тяжелого типа на глубину более 20 см	1650	2250	2750	3200	1350	1950	2450	2900
1.5. С очисткой (вырезкой) балласта машинами СЧ-1200, ЩОМ-1200, РМ-2002 (по опытным технологическим процессам)	1200	1700	2150	2650	1000	1400	1700	2000

В работах по пп. 1.1, 1.2 табл. 2.1 регламентирующей операцией является укладка рельсошпальной решетки.

В этом случае фронт работ в «окно» определяется по следующей формуле:

$$l_{фр} = l_0 (1 + k_1 - k_2 - \gamma_{кр} k_3), \quad (2.6)$$

где l_0 — средняя норма выработки (табл. 2.1), м; k_1 — коэффициент, учитывающий количество путей на перегоне (на однопутном — $k_1 = 0,05$, на двухпутном — $k_1 = 0$); k_2 — коэффициент, учитывающий электрификацию участка ($k_2 = 0,1$); k_3 — коэффициент, учитывающий радиус кри-

вой (при $R \leq 400$ м $k_3 = 0,4$; при $R = 401 \dots 500$ м $k_3 = 0,3$; при $R = 501 \dots 600$ м $k_3 = 0,2$; при $R = 601 \dots 800$ м $k_3 = 0,1$); $\gamma_{\text{сб}}$ — доля кривых на участке.

В работах по пп. 1.3, 1.4 табл. 2.1 регламентирующей операцией является вырезка балласта машинами землеройной техники, поэтому фронт работ составит:

$$l_{\text{сб}} = l_i (1 + k_1 - k_2). \quad (2.7)$$

В работе по пп. 1.5 табл. 2.1 регламентирующей операцией является очистка щебеночного или вырезка асбестового балласта щебнеочистительными машинами типа СЧ-1200, ЩОМ-1200, РМ-2002, фронт работ определяется по формуле

$$l_{\text{сб}} = l_i (1 + k_1 - \gamma_{\text{сб}} k_3'), \quad (2.8)$$

где k_3' — коэффициент, учитывающий радиус кривой (при $R \leq 400$ м $k_3' = 0,12$).

Полученное значение фронта работ следует округлять до ближайшего числа, кратного 25 м, т.е. кратного количеству целых звеньев.

При наличии машин для глубокой очистки щебня работы по усиленному капитальному и капитальному ремонтам выполняются в «окна» продолжительностью 6–12 ч в несколько этапов:

- замена старой путевой решетки на новую с предварительной заменой при необходимости старогонных плетей на инвентарные рельсы по нормативам выработки, представленным в табл. 2.1;
- глубокая очистка щебня с укладкой или без укладки геотекстиля, плит из пенополистирола по нормативам выработки (табл. 2.2);
- укладка новых плетей бесстыкового пути после выправки и стабилизации пути.

Таблица 2.2

Средние нормы выработки щебнеочистительных машинных комплексов при работах по глубокой очистке щебеночного и вырезке асбестового балластов в «окна» различной продолжительности, м

Наименование технологической операции	При работе на одном перегоне до 6 хозяйственных поездов				При работе на одном перегоне 7 и более хозяйственных поездов			
	Продолжительность предоставленного «окна», ч				Продолжительность предоставленного «окна», ч			
	6	8	10	12	6	8	10	12
Глубокая очистка щебеночного (вырезка асбестового) балласта:								
– с применением ЩОМ-6БМ, ЩОМ-6У, СЧ-601, ОТ-800, СЧУ-800	360	600	750	855	300	525	675	855
– с применением РМ-80, РМ-76, ЩОМ-6Б	300	520	650	740	260	455	590	680
– с применением СЧ-1200, ЩОМ-1200, РМ-2002 (по опытным технологическим процессам)	1400	1900	2350	2800	1200	1600	2000	2200
– с устройством разделительного слоя из пенополистирольных плит с применением СЧУ-800, РМ-80	270	470	590	665	210	410	530	610
– машиной ОТ-400	240	400	500	570	200	350	450	520
Глубокая вырезка балласта на глубину под шпалой 40 см и более с применением машины АХМ-801 или очистка щебеночного балласта машиной ЩОМ-700	480	800	1000	1150	400	700	900	1050

В этом случае фронт работ по глубокой очистке балласта $l_{\text{оч}}$ определяется из выражения

$$l_{\text{оч}} = l_o' (1 + k_1 - k_4 - \gamma_{\text{кр}} k_3'), \quad (2.9)$$

где l_o' — средняя норма выработки по очистке (вырезке) балласта (см. табл. 2.2), м; k_4 — коэффициент, учитывающий применение щебнеочистительных машин на работах по вырезке балласта ($k_4 = 0,2$).

Полученное значение фронта работ по глубокой очистке балласта следует округлять до величины, кратной 10 м.

2.1.2. Определение необходимого количества «окон» для выполнения заданного объема работ

Требуемое количество «окон» для выполнения заданного объема работ определяется из выражения

$$N = \frac{L}{l_{\text{фр}}}, \quad (2.10)$$

где L — объем работ на сезон или протяженность ремонтируемого участка, км; $l_{\text{фр}}$ — фронт основных работ в «окно», км.

После округления N до ближайшего целого числа N' фронт работ корректируется, с округлением кратным 25 м:

$$l_{\text{фр}} = \frac{L}{N'}. \quad (2.11)$$

Количество технологических «окон» для выполнения работ по глубокой очистке (вырезке) балласта на участке, равном фронту основных работ $l_{\text{фр}}$, определяется из выражения

$$N_{\text{т.о}} = \frac{l_{\text{фр}}}{l_{\text{оч}}}. \quad (2.12)$$

Количество технологических «окон» также округляется до ближайшего целого числа, и выполняется корректировка фронта работ по очистке балласта.

«Окна», предоставляемые для работы машин по глубокой очистке (вырезке) балласта, должны максимально совмещаться с «окнами», предоставляемыми для работ по укладке путевой решетки.

2.1.3. Определение длин рабочих поездов

Успешная работа ПМС в «окно» в значительной степени зависит от своевременного и правильного формирования рабочих поездов, поэтому прежде чем приступить к построению технологической схемы в масштабе, следует установить протяженность участков, которые заняты рабочими поездами (путеразборочным, путеукладочным, хоппер-дозаторами, подбивочными и другими машинами). Длина путеразборочного поезда определяется по следующей формуле:

$$L_{\text{разб}} = l_{\text{л}} + l_{\text{ук}} + l_{\text{мпд}} n_{\text{мпд}} + (N_{\text{пл.р}} + 3)l_{\text{пл}} + l_{\text{пк}} + l_{\text{п.в}}, \quad (2.13)$$

где $l_{\text{л}}$ — длина локомотива (в рабочих поездах используются тепловозы типа 2ТЭ10Л или аналогичные, так как на период работы в «окно» тяговый ток с контактного провода на участках электропуть отключается), м; $l_{\text{ук}}$ — длина путеразборочного крана УК-25/9-18, м; $l_{\text{мпд}}$ — длина моторной платформы, м; $n_{\text{мпд}}$ — количество моторных платформ в путеразборочном поезде, шт.; $N_{\text{пл.р}}$ — количество четырехосных платформ, оснащенных унифицированным съемным оборудованием (УСО) в путеразборочном поезде, шт.; 3 — количество платформ прикрытия под стрелой крана УК-25/9-18, шт.; $l_{\text{пл}}$ — длина несамоходной четырехосной платформы, м; $l_{\text{пк}}$ — длина платформы, оборудованной лебедкой для перетяжки пакетов, м; $l_{\text{п.в}}$ — длина турного (пассажирского) вагона для обслуживающего персонала, м.

Количество моторных платформ в путеразборочном (путеукладочном) поезде зависит от фронта работ, конструкции пути, профиля и плана ремонтируемого участка, а также от параметров МПД. Канатомкость барабана электролебедки МПД составляет 165 м, поэтому на долю одной МПД приходится от 750 м путевой решетки (пакеты по 5 звеньев) до 900 м (пакеты по 6 звеньев).

Количество МПД можно определить по следующей формуле:

$$n_{\text{мпд}} = \frac{N_{\text{пл.р}}}{10}. \quad (2.14)$$

Количество несамоходных платформ для перевозки пакетов звеньев, оборудованных УСО, находится из зависимости

$$N_{\text{пл.р}} = \frac{l_{\text{фр}}}{l_{\text{р.зв}} n_{\text{з.п.р}}} n_{\text{р}}, \quad (2.15)$$

где $l_{\text{р.зв}}$ — длина разбираемого звена, м; $n_{\text{з.п.р}}$ — количество звеньев в одном пакете при разборке пути (при деревянных шпалах и рельсах Р65 $n_{\text{з.п.р}} = 6$ шт., при железобетонных шпалах — $n_{\text{з.п.р}} = 5$ шт.); $n_{\text{р}}$ — количество платформ под одним пакетом звеньев (при $l_{\text{зв}} = 25$ м $n_{\text{р}} = 2$ шт.).

Полученное количество платформ $N_{пл.р}$ округляется в большую сторону до ближайшего целого четного числа.

В целях улучшения маневренности путеукладочного крана путеукладочный и путеразборочный поезд делятся на рабочую и материальную секции. В состав рабочей секции включается кран УК-25/9-18 и одна или несколько четырехосных самоходных платформ, оборудованных роликовым транспортером. Количество платформ в рабочей секции определяется возможностью свободного и безопасного продвижения путеразборщика (путеукладчика) в данных условиях профиля и плана и зависит от уклона пути.

В общем случае длина рабочей секции путеразборочного поезда определяется из выражения

$$L_{р.с.р} = l_{ук} + n_{кр} l_{пл}, \quad (2.16)$$

где $n_{кр}$ — количество платформ в рабочей секции путеразборщика (табл. 2.3), шт.

Таблица 2.3

Количество груженых четырехосных платформ, прицепляемых к тяговой единице

Тяговая единица	Уклон пути		
	до 5 ‰ включительно	от 5 до 10 ‰	более 10 ‰
Кран УК-25/9-18	5	3	1
Моторная платформа (МПД)	9	5	3

Замена МПД на МПД-2 позволяет увеличить число платформ при ней в два раза.

Длина материальной секции определяется по формуле

$$L_{м.с.р} = L_{разб} - L_{р.с.р}. \quad (2.17)$$

Длина путеукладочного поезда определяется из зависимости

$$L_{укл} = l_l + l_{ук} + l_{мпд} n_{мпд} + (N_{пл.у} + 3) l_{пл} + l_{п.в}, \quad (2.18)$$

где $N_{пл.у}$ — количество четырехосных платформ, оборудованных унифицированным съемным оборудованием (УСО) в путеукладочном поезде, шт.

Количество груженых новыми пакетами звеньев самоходных платформ в путеукладочном поезде $N_{пл.у}$ находится из зависимости

$$N_{пл.у} = \frac{l_{фр}}{l_{у.зв} n_{з.п.у}} n_p, \quad (2.19)$$

где $l_{у.зв}$ — длина укладываемого звена, м; $n_{з.п.у}$ — количество звеньев в одном пакете при укладке пути (при деревянных шпалах и рельсах Р65 $n_{з.п} = 6$ шт., при железобетонных шпалах — $n_{з.п} = 5$ шт.); n_p — количество платформ под одним пакетом звеньев (при $l_{зв} = 25$ м $n_p = 2$ шт.).

Полученное количество платформ $N_{пл.у}$ округляется в большую сторону до ближайшего целого четного числа.

Количество моторных платформ в путеукладочном поезде составляет:

$$n_{мпд} = \frac{N_{пл.у}}{10}. \quad (2.20)$$

Длина рабочей секции путеукладочного поезда находится из выражения (2.21), а материальной секции — из выражения (2.22):

$$L_{р.с.у} = l_{ук} + n_{кр} l_{пл}; \quad (2.21)$$

$$L_{м.с.у} = L_{укл} - L_{р.с.у}. \quad (2.22)$$

При определении протяженности участков, занимаемых хоппер-дозаторными составами, необходимо знать объем выгружаемого балласта, рассчитываемый в зависимости от фронта работ в «окно».

Объем выгружаемого балласта на один километр ремонтируемого пути зависит от вида ремонта и конструкции пути (табл. 2.4, 2.5).

Таблица 2.4

Нормы расхода балласта при усиленном капитальном и капитальном ремонтах пути

Род балласта		Класс пути	Объем балласта, выгружаемого на 1 км одного пути двухпутного участка, м ³		
до ремонта	после ремонта		для подьемки $W_{\text{под}}$	для выправки $W_{\text{вып}}$	для отделки $W_{\text{отд}}$
Асбест	Щебень	1, 2	1000/1100	790/925	340/395
		3	1000/1100	435/550	185/240
Асбест	Асбест	1–3	–	650	350
Щебень	Щебень	1–3	–	600/780	360/370

Примечания: 1. В числителе — для деревянных шпал, в знаменателе — для железобетонных.

2. На однопутном участке норма увеличивается на 5,2 % для деревянных шпал и на 5,9 % — для железобетонных.

Таблица 2.5

Нормы расхода щебеночного балласта при усиленном капитальном и капитальном ремонтах пути с очисткой щебня машинами типа РМ-80, СЧ-601, ЩОМ-6БМ

Класс пути	Глубина очистки, см	Объем балласта, выгружаемого на 1 км одного пути двухпутного участка, м ³	
		для выправки $W_{\text{вып}}$	для отделки $W_{\text{отд}}$
1, 2	35/40	560/620	240/200
	40/45	410/470	180/200
	45/50	265/315	115/135
3	25/30	430/490	180/210
	30/35	280/340	120/150
	35/40	130/200	60/90

Примечания: 1. В числителе — для деревянных шпал, в знаменателе — для железобетонных.

2. На однопутном участке норма увеличивается на 5,2 % для деревянных шпал и на 5,9 % — для железобетонных.

Протяженность участка, занимаемого хоппер-дозаторами, определяется из выражения

$$L_{\text{хд}} = N_{\text{хд}} l_{\text{хд}} + N_{\text{верт}} l_{\text{л}} + l_{\text{п.в}}, \quad (2.23)$$

где $N_{\text{хд}}$ — количество хоппер-дозаторов, шт.; $l_{\text{хд}}$ — длина хоппер-дозатора, м; $N_{\text{верт}}$ — количество хоппер-дозаторных вертушек, шт.; $l_{\text{л}}$ — длина двухсекционного тепловоза (2ТЭ10М, 2ТЭ116, 2ТЭ122).

Количество хоппер-дозаторов в составе определяется по выражению

$$N_{\text{хд}} = \frac{W l_{\text{фр}}}{W_{\text{хд}}}, \quad (2.24)$$

где W — объем балласта, выгружаемого на 1 км, м³; $W_{\text{хд}}$ — объем балласта в одном хоппер-дозаторе (табл. 2.6), м³; $l_{\text{фр}}$ — фронт работ в «окно», км.

Таблица 2.6

Объем балласта в одном хоппер-дозаторе

Тип хоппер-дозатора	Объем, м ³	
	кузова	кузова с шапкой
ЦНИИ-ДВЗ	32,4 (41)	40 (45)
ЦНИИ-ДВЗ-М	33,4 (41)	40 (45)
55-76	44,5	50
ВПМ-770	41	50

Примечание. В скобках даны значения для хоппер-дозаторов с наращенными бортами.

Количество хоппер-дозаторных вертушек определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{верт}} = \frac{N_{\text{хд}}}{N_{\text{хд}}^{\text{верт}}}, \quad (2.25)$$

где $N_{\text{хд}}^{\text{верт}}$ — количество хоппер-дозаторов в одной вертушке (для расчетов можно принимать 30–50 шт.).

Полученные значения $N_{\text{хд}}$, $N_{\text{верт}}$ округляются до ближайшего целого числа.

В зависимости от вида ремонта и выбранной технологической схемы выгрузка балласта в «окно» может производиться:

- один раз в объеме на 1 км, равном $W_{\text{вып}}$;
- дважды (первая выгрузка из расчета на 1 км в объеме $W_{\text{под}}$, вторая — из расчета на 1 км в объеме $W_{\text{вып}}$).

Из машин типа СС-1М, ЭЛБ-3М, ЩОМ-4М, ВПО-3-3000 также формируются рабочие поезда, так как машины этого класса несамоходные.

Участок, занимаемый подбивочной машиной ВПО-3-3000 (ВПО-3000, ВПО-300М), может быть определен по следующей формуле:

$$L_{\text{выпр}} = l_{\text{впо}} + l_{\text{л}} + l_{\text{п.в}} + l_{\text{пл}}, \quad (2.26)$$

где $l_{\text{впо}}$ — длина выправочно-подбивочно-отделочной машины (ВПО-3-3000), м; $l_{\text{л}}$ — длина локомотива (ТЭМ-3, ЧМЭ-3), м.

Длина поезда с электробалластером

$$L_{\text{элб}} = l_{\text{элб}} + l_{\text{л}} + l_{\text{п.в}}, \quad (2.27)$$

где $l_{\text{элб}}$ — длина электробалластера (ЭЛБ-1, ЭЛБ-3, ЭЛБ-3М, ЭЛБ-3МК), м.

Длина поезда с щебнеочистительной машиной ЩОМ-4М

$$L_{\text{щом}} = l_{\text{щом}} + l_{\text{л}} + l_{\text{п.в}} + l_{\text{пл}}, \quad (2.28)$$

где $l_{\text{щом}}$ — длина ЩОМ-4М, м; $l_{\text{л}}$ — длина двухсекционного тепловоза 2ТЭ10М, м.

Длина участка, занимаемого стругом СС-1М,

$$L_{\text{струг}} = l_{\text{сс}} + l_{\text{л}}, \quad (2.29)$$

где $l_{\text{сс}}$ — длина струга, м.

Длины остальных путевых машин приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Длины путевых машин

Наименование путевых машин и подвижного состава	Длина, м
Тепловоз 2ТЭ116	36,3
Тепловоз 2ТЭ 121	42,0
Тепловоз 2ТЭ10Л, 2ТЭ10М	34,0
Тепловоз ТЭМ2, ТЭМ3	17,0
Тепловоз ЧМЭ3	17,22
Тепловоз ТЭМ7	21,5
Электробалластер ЭЛБ-1	47,19
Электробалластер ЭЛБ-3, ЭЛБ-3М	50,47
Электробалластер ЭЛБ-3МК, ЭЛБ-4	50,46
Щебнеочистительная машина ЩОМ-4, ЩОМ-4М	52,38
Щебнеочистительный комплекс ЩОМ-6	89,84
Щебнеочистительная машина ЩОМ-6БМ (с тяговым модулем)	41,59
Щебнеочистительная машина ЩОМ-6У (с тяговым модулем)	43,75
Щебнеочистительная машина ЩОМ-6Р (с тяговым модулем)	43,75
Щебнеочистительная машина СЧ-600, СЧ-601 (с тяговым модулем)	39,24
Щебнеочистительная машина РМ-80	31,23
Щебнеочистительная машина АНМ-801	61,73
Щебнеочистительная машина СЧУ-800	60,24
Щебнеочистительная машина РМ-2002	57,56
Щебнеочистительная машина ЩОМ-700	44,68
Щебнеочистительная машина ЩОМ-1200	70,92
Уборочная машина УМ-1М с локомотивом	38,1
Уборочная машина УМ-С	29,88
Моторная платформа МПД	16,2
Моторная платформа МПД-2	16,32
Укладочный кран Платова УК-25/9-18	43,9
Кран УК-25СП	43,44
Кран УК-25/28СП	42,82
Платформа ППК-2Б	22,41
Платформа ППК-2В	17,0
Машина ВПО-3000, ВПО-3000М, ВПО-3-3000	27,87

Машина ВПР-02	23,45
Машина ВПР-03	19,22
Машина ВПРС-02	23,47
Машина ВПРС-03	23,5
Машина «Дуоматик 09-32 CSM»	28,57
Машина «09-3X»	34,0
Машина «Унимат 08-275/3S»	23,74
Машина «Унимат 08-475/4S»	34,49
Путерихтовочная машина Р-2000	26,91
Путерихтовочная машина Балашенко ПРБ с локомотивом	49,0
Хоппер-дозатор ЦНИИ-ДВЗ, ЦНИИ-ДВЗ-М	10,87
Хоппер-дозатор 55-76	11,52
Хоппер-дозатор ВПМ-770	11,47
Кюветоочистительная машина СЗП-600 с тяговым модулем ПТМ-630	53,52
Кюветоочистительная машина КОМ-300	41,44
Машина для нарезки кюветов МНК-01 с тяговым модулем ПТМ-630	36,73
Кюветно-траншейная машина КТМ с тяговым модулем ПТМ-630	41,61
Путевой моторный гайковерт ПМГ	12,95
Гайковерт путевой ППГ-1М	12,25
Гайковерт СДГ-0,5	3,8

Наименование путевых машин и подвижного состава	Длина, м
Дрезина АГМ ^у	10,22
Дрезина ДГК ^у с грейфером	12,58
Мотовоз погрузочно-транспортный МПТ-4	12,96
Платформа четырехосная	14,6
Пассажирский вагон	24,5
Полувагон	14,0
Состав для загрязнителей СЗ-240-6	116,96
Струг-снегоочиститель СС-1М	24,7
Струг СС-3	25,52
Снегоуборочный поезд СМ-3	51,0
Планировщик балласта ПБ-01	13,31
Планировщик балласта SSP-110S	15,5
Распределитель балласта РБ-1	17,89
Универсальная балластно-распределительная машина УБРМ-1	13,62
Динамический стабилизатор пути DGS-62N	17,24
Динамический стабилизатор пути ДСП-С	18,21
Динамический стабилизатор пути VKL-402	13,52
Балластоуплотнительная машина БУМ	12,62
Стреловой полноповоротный кран КДЭ-161	20,45
Рельсоочистительная машина РОМ-3	57,7
Рельсоочистительная машина РОМ-4	51,2
Машина для правки стыков МПРС	12,85
Рельсосварочная машина ПРСМ-3	14,52
Рельсосварочная машина ПРСМ-4	13,3
Рельсосварочная машина ПРСМ-5	14,48
Рельсошлифовальный поезд РШП-48	95,0
Кусторез СП-93/РХ	13,7
Тягово-энергетическое устройство ТЭУ-400	14,5
Тягово-энергетическое устройство ТЭУ-500	17,8
Тягово-энергетическое устройство ТЭУ-630	16,3
Тяговая машина ПТМ-630	16,88
Универсальный тяговый модуль УТМ-1	14,42
Универсальный тяговый модуль УТМ-2	17,18

После определения суммарной длины всех рабочих поездов $\sum L$ находится требуемое количество станционных путей для размещения поездов вблизи ремонтируемого перегона.

С учетом необходимых разрывов сформированные поезда занимают следующее количество станционных путей:

$$N_{с.п} = \frac{\sum L + \sum Nl_{тб}}{l_{по}}, \quad (2.30)$$

где $\sum L$ — суммарная длина всех рабочих поездов, м; $\sum N$ — количество рабочих поездов, шт.; $l_{тб}$ — минимальный разрыв, соблюдаемый по правилам техники безопасности между рабочими поездами, размещенными на станционном пути, принимается равным 25 м; $l_{по}$ — минимальная длина приемоотправочного пути (850 м), м.

Полученное значение $N_{с.п}$ округляется в большую сторону до целого числа.

На рис. 2.1 представлена схема формирования рабочих поездов на перегоне с учетом необходимых технологических разрывов.

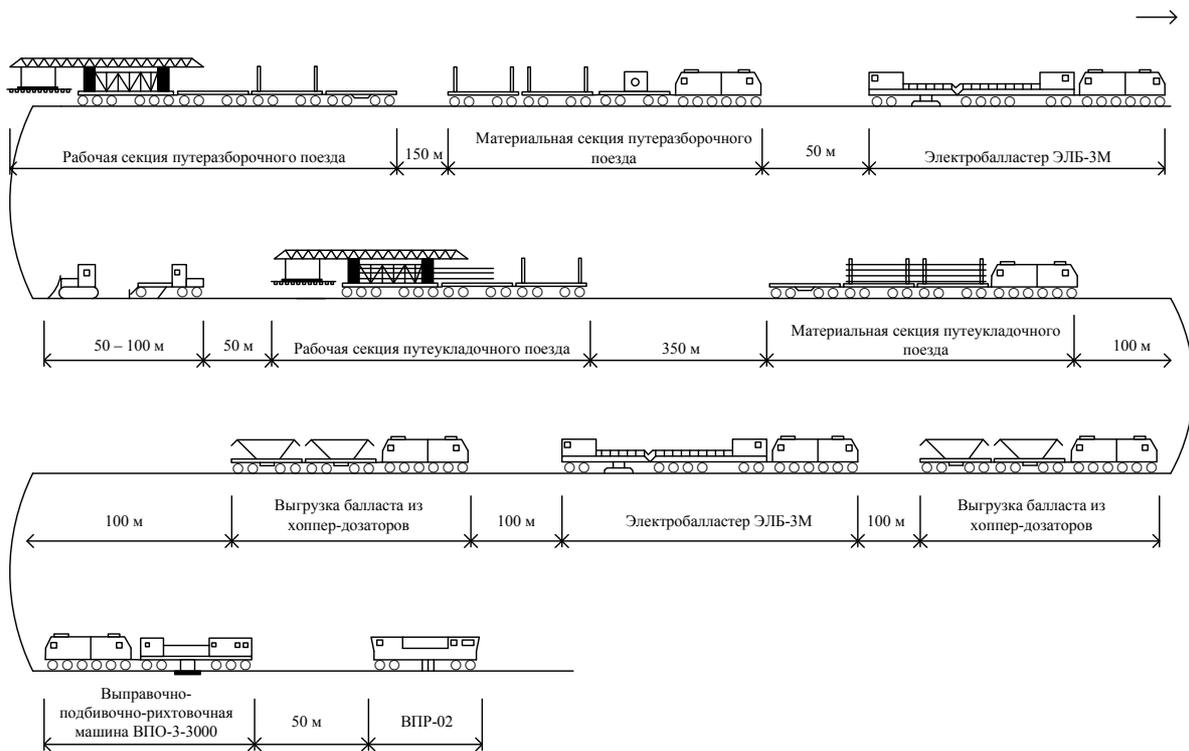


Рис. 2.1. Схема формирования рабочих поездов на перегоне

2.1.4. Определение коэффициента, учитывающего потери времени

При определении продолжительности «окна» необходимо учитывать время непосредственно на все технологические операции и дополнительное время на переходы в рабочей зоне, отдых в процессе работ и на пропуск поездов по соседнему пути.

Дополнительные затраты времени учитываются коэффициентом α_o , величина которого устанавливается отношением

$$\alpha_o = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{см}} - \sum t}, \quad (2.31)$$

где $T_{\text{см}}$ — количество минут в рабочем дне (480 мин); $\sum t$ — затраты рабочего времени на переходы в рабочей зоне, отдых и пропуск поездов по участку проведения работ, мин.

$$\sum t = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.32)$$

где t_1 — время на переходы в пределах рабочей зоны за смену, мин (принимается равным 15 мин на весь рабочий день); t_2 — время на отдых, мин (определяется из расчета 5 мин на каждый час работы, кроме послеобеденного и последнего часов); t_3 — время на пропуск поездов, следующих по месту проведения работ и по соседнему пути (при работах на двух- и многопутных участках), мин.

При проектировании технологических процессов по усиленному капитальному и капитальному ремонту пути нормы времени на пропуск поездов, в зависимости от вида ограждения места работ сигналами, принимаются по табл. 2.8.

Количество проследовавших поездов устанавливается исходя из графика движения поездов, принятого с учетом условий выполнения путевых работ.

Количество пар поездов, проходящих по участку за рабочую смену,

$$N = \frac{(N_{\text{гр}} + N_{\text{пас}} + N_{\text{мв}} + N_{\text{л}})8}{24}, \quad (2.33)$$

где $N_{гр}$, $N_{пас}$, $N_{мв}$, $N_{л}$ — количество пар грузовых, пассажирских, мотор-вагонных поездов и локомотивов, проходящих за сутки; 8 — количество часов рабочего времени при пятидневной неделе; 24 — количество часов в сутках.

Таблица 2.8

Нормы времени на пропуск поездов

Способ ограждения места работ	Время на пропуск поезда, мин			
	грузового	пассажирского	мотор-вагонного	локомотива
Сигналами остановки с пропуском поездов по месту работ со снижением скорости	5	3	2,5	1,5
Сигналами остановки с пропуском поездов по месту работ без снижения скорости	2,5	1,5	1,3	1
Сигналами уменьшения скорости	3	2	1,6	1,2
Сигнальными знаками «С»	1,8	1,3	1	0,7
Пропуск поездов по соседнему пути при всех видах ограждения и производстве работ на одном из путей	1,5	1	0,7	0,5

Примечание. На участках с высокоскоростным движением поездов время на их пропуск по месту производства работ увеличивается на 10 мин, а по соседнему пути — на 5 мин.

Согласно [1] в период предоставления «окна» на одном из путей двухпутного участка по оставшемуся временно однопутному перегону интенсивность движения поездов не должна превышать в среднем 4–5 поездов в одиночном исчислении за 1 ч «окна».

По найденному значению N из табл. 2.9 можно определить α_0 .

Таблица 2.9

Коэффициент, учитывающий потери времени

Наименование работ	Коэффициенты для учета затрат времени на отдых и пропуск поездов при числе пар поездов за восьмичасовую смену								
	≤ 12	13–18	19–24	25–30	31–36	37–42	43–48	49–54	> 54
	После «окна»: подготовительные, основные и отделочные	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
Основные в «окно»:									
а) на двухпутных линиях	1,10	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25
б) на однопутных линиях	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08

В настоящий момент техническими условиями на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути [2] предусматриваются следующие значения коэффициента добавочного технологического времени (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Значения коэффициентов технологического добавочного времени в зависимости от вида работ

Вид работ	Коэффициент α_0
Подготовительные и отделочные работы во всех видах ремонта на перегоне, связанные с движением поездов по двум путям двухпутного участка	1,45
Подготовительные, основные и отделочные работы, выполняемые в «окно» с организацией движения поездов по соседнему пути	1,25
Работы на производственных базах и перегонах, не зависящие от движения поездов	1,08

2.1.5. Определение фактической продолжительности «окна»

Для найденной величины фронта основных работ в «окно» определяется фактическая продолжительность «окна», которая зависит от ряда факторов: пропускной способности линии, возможности пропуска поездов по соседнему пути, производительности комплекса машин и т.д.

Для определения необходимой продолжительности «окна» предварительно составляется технологическая схема выполнения работ в «окно» с указанием основных операций в требуемой последовательности.

На рис. 2.2 представлена технологическая схема производства капитального ремонта пути с вырезкой балласта землеройной техникой, на которой видно, какие работы и в какой последовательности должны выполняться.

При смене путевой решетки путеукладчиками ведущей операцией в «окно», задающей темп производственного процесса, является укладка рельсовых звеньев, поскольку укладочный кран имеет наименьшую рабочую скорость.

В этом случае продолжительность «окна» определяется по выражению

$$T_0 = T_p + t_y + T_c, \quad (2.34)$$

где T_p — время, необходимое для развертывания работ потока, учитываемое с оформления закрытия перегона до начала работы ведущей машины, мин; t_y — время работы ведущей машины (укладка новых рельсовых звеньев), мин; T_c — время, необходимое для свертывания работ (включаются все работы, выполняемые после укладки последнего звена), мин.

В период развертывания работ все операции производятся в темпе, устанавливаемом идущей впереди машиной. При выполнении капитального ремонта пути по данной технологической схеме (см. рис. 2.2) такой машиной является электробалластер ЭЛБ-3М, а при выполнении капитального ремонта с очисткой балласта (по старой рельсошпальной решетке) в «окно» щебнеочистительной машиной — ЩОМ-4М.

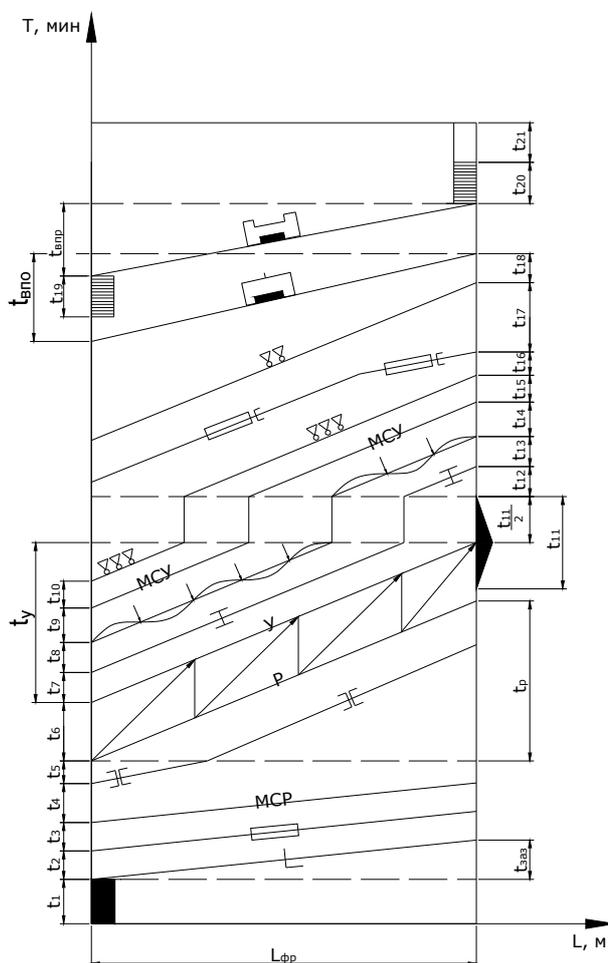


Рис. 2.2. Технологическая схема выполнения основных работ в «окно»

Работы, следующие за укладкой пути, производятся в темпе работы путеукладчика, за исключением выправки пути машинами ВПО-3-3000, ВПР-02, которые имеют свой темп работы.

Время, разделяющее смежные операции на пути, зависит от расстояния, необходимого между ними по условию размещения рабочих поездов и технологических требований.

Разрывы между рабочими местами производства каждой операции по условиям техники безопасности ($t_{тб}$) составляют:

- между бригадами монтеров пути — 25 м;
- между машиной и бригадой монтеров пути — 50 м;
- между машинами — 50 м;
- между машиной и хоппер-дозаторной вертушкой — 100 м.

Время на развертывание работ T_p определяется как сумма всех интервалов между началами операций, выполняемых в потоке, до начала работы ведущей машины.

Для рассматриваемой технологической схемы (см. рис. 2.2) T_p составит:

$$T_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (2.35)$$

где t_1 — время, необходимое на оформление закрытия перегона, пробег первого поезда к месту работ и снятие напряжения с контактной сети. При автоблокировке с электротягой t_1 принимается равным 14 мин, а без электротяги — 10 мин, при полуавтоматической блокировке — 15 мин; t_2 — интервал между началом работы по снятию заземлителей опор контактной сети и вывеской путевой решетки электробалластером, мин;

$$t_2 = \frac{l_1 a_{\text{заз}}}{k_{\text{заз}}} \alpha_0, \quad (2.36)$$

где l_1 — протяженность участка, на котором должны быть сняты заземлители опор контактной сети, для того чтобы мог начать работу электробалластер, м;

$$l_1 = 50 + l_{\text{тб}} + L_{\text{элб}}, \quad (2.37)$$

где 50 — фронт работ по снятию заземлителей опор контактной сети, м; $l_{\text{тб}}$ — разрыв по технике безопасности, м; $L_{\text{элб}}$ — длина поезда с электробалластером, м; $a_{\text{заз}}$ — техническая норма времени на снятие заземлителей, чел.-мин/м; α_0 — коэффициент, учитывающий потери времени в «окно»; $k_{\text{заз}}$ — количество монтеров пути, занятых снятием заземлителей опор контактной сети (принимается 2 или 4 чел.).

Время на снятие заземлителей опор контактной сети на участке, равном фронту работ $l_{\text{фр}}$, составляет:

$$t_{\text{заз}} = \frac{Q_{\text{заз}}}{k_{\text{заз}}}, \quad (2.38)$$

где $Q_{\text{заз}}$ — затраты труда на снятие заземлителей на всем фронте работ (принимается по ведомости затрат труда), чел.-мин.

Время вывешивания путевой решетки электробалластером

$$t_{\text{элб}} = l_{\text{фр}} a_{\text{элб}} \alpha_0, \quad (2.39)$$

где $l_{\text{фр}}$ — фронт работ, км; $a_{\text{элб}}$ — техническая норма времени вывески рельсошпальной решетки с продавливанием балласта в шпальных ящиках, мин/км.

Необходимо выполнять условие $t_{\text{элб}} > t_{\text{заз}}$. Если условие не соблюдается, то потребуется большее количество монтеров пути, занятых снятием заземлителей ($k_{\text{заз}}$).

t_3 — время, необходимое на удаление электробалластера на расстояние 50 м и заезд на участок проведения работ материальной секции путеразборочного поезда, мин.

$$t_3 = 0,05 a_{\text{элб}} \alpha_0. \quad (2.40)$$

Материальная секция путеразборочного поезда движется в темпе работы ЭЛБ.

t_4 — интервал времени между заездом на участок работ материальной секции путеразборочного поезда и началом работ по разболчиванию стыков, мин.

$$t_4 = \frac{L_{\text{м.с.п}} + l_{\text{тб}}}{1000} a_{\text{элб}} \alpha_0. \quad (2.41)$$

t_5 — интервал времени между разболчиванием стыков и разборкой пути, мин. Он идентичен времени, необходимому на разболчивание стыков на участке пути, равном длине рабочей секции путеразборочного поезда $L_{\text{р.с.п}}$, плюс 50 м разрыва по технике безопасности $l_{\text{тб}}$ и 50 м участка пути, на котором бригада занимается разболчиванием стыков $l_{\text{разбол}}$.

$$t_5 = \frac{L_{\text{р.с.п}} + 100}{1000} a_{\text{элб}} \alpha_0. \quad (2.42)$$

Следует отметить, что в начале «окна» для уменьшения времени на развертывание работ по разболчиванию стыков ставят большее количество монтеров пути, часть которых после освобождения фронта для рабочей секции путеразборочного поезда переключается на другие работы.

Количество монтеров пути, занятых разболчиванием стыков в интервале времени t_5 , определяется следующим образом:

$$k_{\text{разбол}} = \frac{Q_{\text{разбол}} (L_{\text{р.с.р}} + 100)}{l_{\text{фр}} t_5}, \quad (2.43)$$

где $Q_{\text{разбол}}$ — затраты труда на разболчивание стыков на всем фронте работ (принимается по ведомости затрат труда), чел.-мин.

Полученное значение округляется в большую сторону до четного числа. На оставшемся участке работы по разболчиванию стыков ведутся в темпе путеразборочного поезда бригадой в составе 6 монтеров пути при разболчивании стыков путевой решетки с деревянными шпалами и 4 монтеров пути — с железобетонными шпалами.

Время на разборку пути составляет:

$$t_p = \frac{l_{\text{фр}}}{l_{\text{р.зв}}} a_{\text{р.зв}} \alpha_o, \quad (2.44)$$

где $a_{\text{р.зв}}$ — техническая норма времени на снятие одного звена, мин.

Интервал t_6 между началом разборки и началом укладки пути путеукладчиками определяется временем, необходимым для разборки пути на протяжении не менее 100 м, что обеспечивает нормальную работу землеройной техники (два бульдозера и два автогрейдера) по подготовке основания под новые звенья.

$$t_6 = \frac{100}{l_{\text{р.зв}}} a_{\text{р.зв}} \alpha_o. \quad (2.45)$$

Время укладки пути t_y определяется аналогично расчету t_p :

$$t_y = \frac{l_{\text{фр}}}{l_{\text{у.зв}}} a_{\text{у.зв}} \alpha_o, \quad (2.46)$$

где $a_{\text{у.зв}}$ — техническая норма времени укладки одного звена, мин.

В зависимости от конструкции верхнего строения разбираемого и укладываемого пути разборочный и укладочный краны работают с различной производительностью. При $t_y < t_p$ или $t_y = t_p$ путеукладочный кран следует в темпе путеразборочного крана, в случае $t_y > t_p$ необходимо периодически останавливать разборочный кран во избежание его большого удаления от укладочного крана. На графике это отражается вертикальным уступом. Сближение кранов менее чем на 100 м и удаление более чем на 300 м не допускается.

Путеукладочный поезд, прибывший на перегон, разъединяют на две части, такое разделение позволяет уменьшить периоды развертывания и свертывания работ вслед за укладкой пути и облегчает работу путеукладчика.

Как правило, все работы, выполняемые за укладкой пути, должны проектироваться в соответствии с поточным методом и параллельным графиком, т.е. со скоростью укладки пути. Корректировка вносится в линии движения хоппер-дозаторных вертушек и выправочных машин (ВПО-3-3000, ВПР-02).

Время, разделяющее работу рабочей секции путеукладчика и бригады, занятой сболчиванием стыков, t_7 , определяется следующим образом:

$$t_7 = \frac{L_{\text{р.с.у}} + 50}{l_{\text{у.зв}}} a_{\text{у.зв}} \alpha_o. \quad (2.47)$$

Интервал времени между сболчиванием стыков и рихтовкой пути t_8 определяется необходимым фронтом работы бригады по постановке накладок и сболчиванию стыков (50–75 м) и разрывом, который необходимо соблюдать по технике безопасности между группами рабочих (25 м):

$$t_8 = \frac{100}{l_{\text{у.зв}}} a_{\text{у.зв}} \alpha_o. \quad (2.48)$$

t_9 — интервал между началом рихтовки пути и заходом материальной секции путеукладочного поезда, мин.

$$t_9 = \frac{l_{\text{рихт}} + l_{\text{тб}}}{l_{\text{у.зв}}} a_{\text{у.зв}} \alpha_0, \quad (2.49)$$

где $l_{\text{рихт}}$ — фронт работы бригады рихтовщиков (одно звено) и расстояние до мастера, осуществляющего руководство рихтовкой (2–3 звена); принимается равным 100 м.

t_{10} — интервал между заходом материальной секции путеукладочного поезда и началом выгрузки балласта, мин;

$$t_{10} = \frac{L_{\text{м.с.у}} + 100}{l_{\text{у.зв}}} a_{\text{у.зв}} \alpha_0. \quad (2.50)$$

Период свертывания работ определяется суммарным временем ряда операций:

$$T_c = \frac{t_{11}}{2} + t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} + \\ + (t_{19} + t_{\text{впр}} - t_{\text{впо}}) + t_{20} + t_{21}, \quad (2.51)$$

где t_{11} — время на устройство рельсовой рубки (зависит от численности бригады монтеров пути, занятой на этой работе).

Во время ее устройства весь поток рабочих поездов останавливается и располагается, как показано на рис. 2.2.

$$t_{11} = \frac{Q_{\text{рубки}}}{k_{\text{рубки}}}, \quad (2.52)$$

где $Q_{\text{рубки}}$ — затраты труда на устройство рельсовых рубок (принимается по ведомости затрат труда), чел.-мин; $k_{\text{рубки}}$ — оптимальное число состава бригады для устройства рубки (принимается 6 монтеров пути), чел. Если $t_{11} > 30$ мин, то количество монтеров пути в группе увеличивается в 2 раза.

После устройства рельсовой рубки и пропуска через нее рабочей секции путеукладочного поезда темп остальных работ увеличивается (работы можно выполнять в темпе осуществления выгрузки балласта).

Время на проход рабочей секции путеукладочного поезда через рубку и сблчивание стыков на участке, который был занят этой секцией, составляет:

$$t_{12} = \frac{L_{\text{р.с.у}} + 50}{V_{\text{хд}}}, \quad (2.53)$$

где $V_{\text{хд}}$ — скорость выгрузки балласта из хоппер-дозаторов, м/мин.

$$V_{\text{хд}} = \frac{l_{\text{фр}}}{t_{\text{хд}}}, \quad (2.54)$$

где $t_{\text{хд}}$ — время выгрузки объема балласта для подъемки пути, мин.

$$t_{\text{хд}} = W_{\text{под}} a_{\text{хд}} \alpha_0, \quad (2.55)$$

где $W_{\text{под}}$ — объем балласта, выгружаемого для подъемки пути на участке, равном $l_{\text{фр}}$, м³; $a_{\text{хд}}$ — техническая норма времени выгрузки 1 м³ балласта (в соответствии с инструкцией по эксплуатации хоппер-дозаторов можно производить выгрузку одновременно из двух вагонов, поэтому для расчетов можно принять $\frac{a_{\text{хд}}}{2}$), мин.

Скорость выгрузки балласта для выправки и отделки пути находится аналогично.

Интервал между окончанием работ по сблчиванию стыков и рихтовкой пути t_{13} составляет:

$$t_{13} = \frac{100}{V_{\text{хд}}}. \quad (2.56)$$

Время на окончание работ по рихтовке пути

$$t_{14} = \frac{150}{V_{\text{хд}}}. \quad (2.57)$$

t_{15} — время на проход материальной секции путеукладочного поезда и окончание выгрузки балласта из хоппер-дозаторов, мин;

$$t_{15} = \frac{L_{\text{м.с.у}} + 100}{V_{\text{хд}}}. \quad (2.58)$$

Электробалластер работает в темпе хоппер-дозаторов, а после выгрузки балласта подъемка пути ЭЛБ осуществляется с максимально возможной рабочей скоростью.

Время t_{16} на подъемку пути ЭЛБ на участке, занимаемом хоппер-дозаторной вертушкой, рассчитывается так:

$$t_{16} = \frac{L_{\text{хд}}^{\text{под}} + 100 + L_{\text{элб}}}{1000} a'_{\text{элб}} \alpha_o, \quad (2.59)$$

где $L_{\text{хд}}^{\text{под}}$ — длина хоппер-дозаторной вертушки, выгружающей балласт для подъемки пути, м; $a'_{\text{элб}}$ — техническая норма времени подъемки пути на балласт ЭЛБ, мин/км.

t_{17} — время на окончание выгрузки балласта для выправки пути $W_{\text{вып}}$ из второй хоппер-дозаторной вертушки, мин.

$$t_{17} = \frac{100}{V_{\text{хд}}}. \quad (2.60)$$

Скорость и время выгрузки балласта $V_{\text{хд}}$, $t_{\text{хд}}$ для выправки пути $W_{\text{вып}}$ определяется по формулам (2.54, 2.55).

Интервал t_{18} между окончанием выгрузки балласта из второй хоппер-дозаторной вертушки и окончанием выправки пути машиной ВПО-3-3000 определяется по формуле

$$t_{18} = \frac{L_{\text{хд}}^{\text{вып}} + 100 + L_{\text{выпр}}}{1000} a_{\text{впо}} \alpha_o, \quad (2.61)$$

где $L_{\text{хд}}^{\text{вып}}$ — длина хоппер-дозаторной вертушки, выгружающей балласт для выправки пути, м; $a_{\text{впо}}$ — техническая норма времени на выправку пути со сплошной подбивкой шпал машиной ВПО-3-3000, мин/км.

Время на выправку пути машиной ВПО-3-3000 составит:

$$t_{\text{впо}} = l_{\text{фр}} a_{\text{впо}} \alpha_o. \quad (2.62)$$

t_{19} — интервал времени на приведение машины ВПР-02 в рабочее положение и удаление машины ВПО-3-3000 на 50 м устанавливается по выражению

$$t_{19} = (0,05 a_{\text{впо}} + t_{\text{впр}}^{\text{р.п}}) \alpha_o, \quad (2.63)$$

где $t_{\text{впр}}^{\text{р.п}}$ — время на приведение машины ВПР-02 в рабочее положение, мин.

Время на сплошную рихтовку пути и подбивку шпал в местах зарядки, разрядки машины ВПО-3-3000, в местах отступлений по уровню после ее прохода и препятствий для ее работы машиной ВПР-02 составляет:

$$t_{\text{впр}} = (l_{\text{фр}} a_{\text{впр}}^{\text{рихт}} + (0,025 + 0,05 l_{\text{фр}}) N_{\text{эл}} a_{\text{впр}}^{\text{под}}) \alpha_o, \quad (2.64)$$

где $l_{\text{фр}}$ — фронт работ, принимается для рихтовки пути в метрах, а для подбивки шпал в километрах; $a_{\text{впр}}^{\text{рихт}}$ — техническая норма времени на рихтовку пути машиной ВПР-02, мин/м; $N_{\text{эл}}$ — количество шпал на одном километре; $a_{\text{впр}}^{\text{под}}$ — техническая норма времени на подбивку шпал машиной ВПР-02, мин/шпала.

Количество шпал на одном километре (эпюра) с учетом кривых радиусом 1200 м и менее определяется по следующей зависимости:

$$N_{\text{эл}} = 1840 \gamma_{\text{пр}} + 2000 \gamma_{\text{кр}}, \quad (2.65)$$

где $\gamma_{\text{пр}}$, $\gamma_{\text{кр}}$ — доля соответственно прямых и кривых на участке ремонта пути.

t_{20} — время на приведение машины ВПР-02 в транспортное положение, мин.

t_{21} — время на освобождение перегона от комплекса машин и его открытие для движения поездов, принимается равным 10 мин.

Полученная необходимая продолжительность «окна» $T_{o(n)}$ сравнивается с предоставляемой продолжительностью «окна» $T_{o(n)}$, которая устанавливается исходя из условия обеспечения пропуска графиковых поездов.

Возможны следующие случаи:

$$T_{o(n)} < T_{o(n)};$$

$$T_{o(n)} = T_{o(n)};$$

$$T_{o(n)} > T_{o(n)}.$$

В первом случае создаются наилучшие условия для выполнения заданного объема работ в «окно», так как в графике движения поездов имеется некоторый резерв времени на всевозможные непредвиденные обстоятельства.

Второй случай в связи с отсутствием резерва времени в графике движения поездов имеет определенную степень риска, так как малейшие сбои в темпе работ приводят к дополнительным задержкам поездов.

Третий случай говорит о том, что или необходимо разрабатывать специальные организационно-технические мероприятия, позволяющие обеспечить условие $T_{o(n)} < T_{o(n)}$, или принять $T_{o(n)} = T_{o(n)}$ и «пересчитать» фронт работ в «окно»:

$$l_{\text{фр}} = \frac{[T_{o(n)} - (T_p + T_c)] l_{\text{зв}}}{a_{\text{у.зв}} \alpha_o}. \quad (2.66)$$

При выполнении усиленного капитального ремонта с глубокой очисткой балласта расчет продолжительности «окна» осуществляется аналогично.

В этом случае составляются две технологические схемы: для этапа смены рельсошпальной решетки (рис. 2.3) и для этапа глубокой очистки балласта (рис. 2.4).

На этапе смены рельсошпальной решетки ведущей операцией, как и в рассмотренном выше варианте, является укладка рельсовых звеньев, а на этапе глубокой очистки балласта — работа щебнеочистительной машины.

Для технологической схемы, изображенной на рис. 2.3, значения $t_1, t_{11}, t_{19}, t_{20}, t_{21}, t_{\text{элб}}, t_p, t_y, t_{\text{впр}}$ определяются по соответствующим формулам для варианта капитального ремонта пути.

После определения всех названных выше значений производится построение технологических схем в масштабе (1 мм по вертикали — 1 мин, 1 мм по горизонтали — 10 м) для определения необходимой продолжительности «окна» для этапа замены рельсошпальной решетки.

На оси ординат (время работы) откладывается в масштабе значение t_1 , затем проводится линия движения электробалластера, выполняющего вырывание рельсошпальной решетки с продавливанием балласта в шпальных ящиках в течение времени $t_{\text{элб}}$ (см. рис. 2.3).

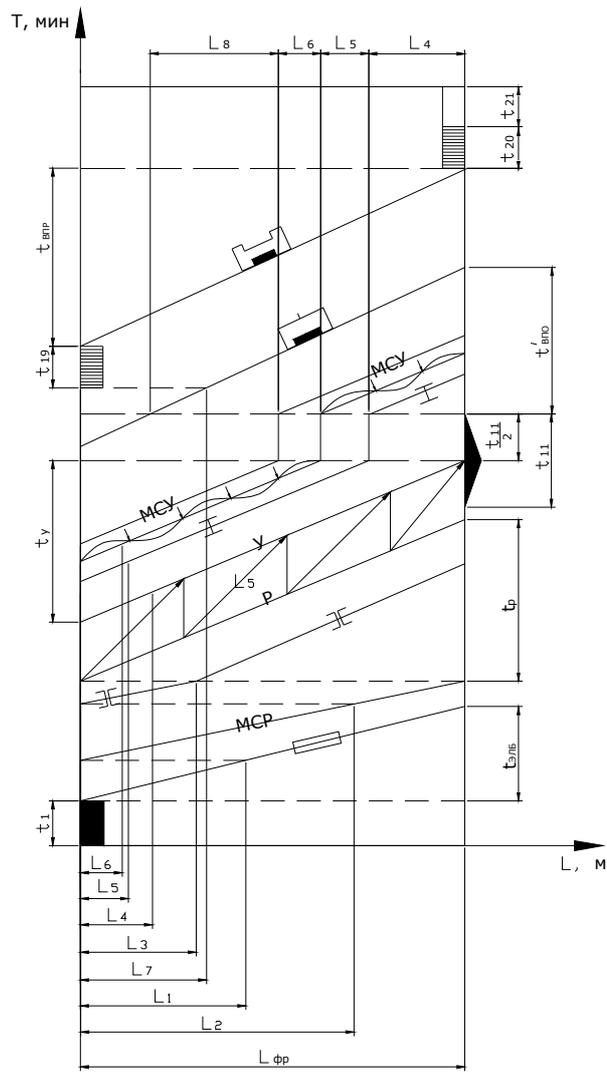


Рис. 2.3. Технологическая схема выполнения основных работ по замене рельсошпальной решетки

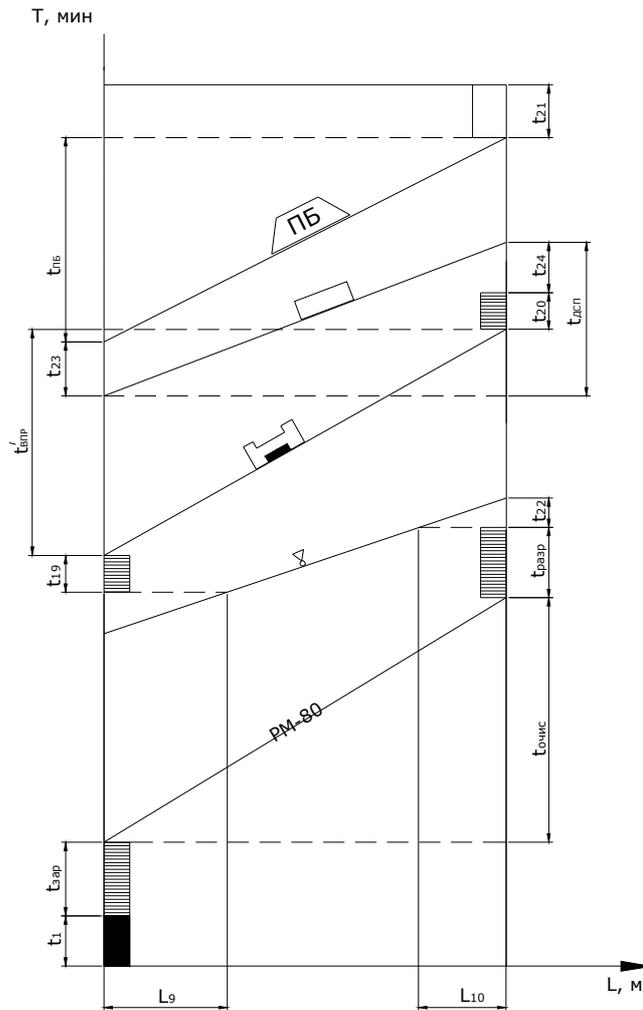


Рис. 2.4. Технологическая схема выполнения основных работ по глубокой очистке балласта

После удаления ЭЛБ на расстояние $l_1 = 50$ м на участок работ заходит материальная секция путеразборочного поезда, движущаяся в темпе элетробалластера (линия движения материальной секции разборщика проводится параллельно линии работы ЭЛБ). По горизонтальной оси откладывается расстояние $l_1 = 50$ м, проводится перпендикуляр до пересечения с линией работы ЭЛБ и затем параллельно горизонтальной оси проводится линия до пересечения с вертикальной осью. Полученная точка является началом движения материальной секции путеразборочного поезда по рабочему участку.

После проследования материальной секцией участка, равного l_2 , в работу вступает группа рабочих, выполняющая подготовку пути к разборке.

$$l_2 = L_{\text{м.с.п}} + 50. \quad (2.67)$$

На горизонтальной оси откладывается расстояние l_2 , проводится перпендикуляр до пересечения с линией движения материальной секции разборщика и затем параллельно горизонтальной оси проводится линия до пересечения с вертикальной осью. Полученная точка является началом работ по подготовке пути к разборке. Подготовка пути к разборке может выполняться в темпе работы электробалластера (на протяжении участка, равного l_3), в этом случае линия, обозначающая начало работы по подготовке пути к разборке, пройдет параллельно линии, обозначающей работу ЭЛБ. На оставшемся участке работы по разболчиванию стыков ведутся в темпе движения путеразборочного поезда.

Путеразборочный кран начнет разборку пути после подготовки к разборке участка, равного l_3 :

$$l_3 = L_{\text{п.с.п}} + l_{\text{тб}} + 50 = L_{\text{п.с.п}} + 100. \quad (2.68)$$

На горизонтальной оси откладывается расстояние l_3 , проводятся перпендикуляр до пересечения с линией подготовки пути к разборке и затем линия параллельно горизонтальной оси до пересечения с вертикальной осью. Полученная точка является началом работы путеразборочного крана.

От точки начала работы путеразборочного крана на вертикальной оси откладывается время разборки пути t_p , найденное по формуле (2.44), и затем эта точка (конец разборки пути) переносится параллельно горизонтальной оси на ось времени в конце участка работ.

После соединения точек начала и конца работы путеразборочного крана получается линия движения работ по разборке пути.

Путеукладочный кран приступит к укладке пути только после проследования путеразборочным краном участка, равного 100 м. Аналогично предыдущему находятся точки начала и конца укладки пути. Время укладки пути t_y определяется по формуле (2.46). Линия движения работ по укладке пути проводится только после сравнения t_p с t_y (порядок сравнения рассмотрен выше).

Все последующие работы, выполняемые группами рабочих, производятся в темпе путеукладчика.

После удаления путеукладочного крана на расстояние, равное l_4 , группа рабочих приступает к постановке накладок и сболчиванию стыков.

$$l_4 = L_{p.c.y} + 50. \quad (2.69)$$

Эта работа выполняется в темпе путеукладчика, и линия проводится параллельно укладке пути.

После удаления группы рабочих, выполняющих сболчивание стыков, на расстояние $l_5 = 100$ м, в работу вступает бригада по рихтовке пути с постановкой на ось. После удаления рабочих по рихтовке пути на расстояние, равное l_6 , движется материальная секция путеукладчика.

$$l_6 = l_{рихт} + l_{тб}. \quad (2.70)$$

Расстояние l_6 можно принять равным 150 м. На горизонтальной оси откладывается расстояние, равное l_6 , проводятся перпендикуляр до пересечения с линией рихтовки пути и далее линия параллельно горизонтальной оси до пересечения с вертикальной осью. Полученная точка является началом движения материальной секции путеукладочного поезда по рабочему участку. Линия движения материальной секции путеукладочного поезда проводится параллельно линии движения путеукладчика.

К моменту укладки последнего рельсового звена на фронте работ приступают к устройству рельсовой рубки t_{11} . До окончания ее устройства весь поток работ останавливается и располагается, как показано на рис. 2.3. После этого группы рабочих, занимающихся сболчиванием стыков, рихтовкой пути, и материальная секция путеукладочного поезда следуют через «рубку», а машина ВПО-3-3000 выправляет путь на участке, равном:

$$l_{выпр}^{впо} = l_4 + l_5 + l_6 + l_8, \quad (2.71)$$

где l_8 — расстояние между головой материальной секции путеукладочного поезда и машиной ВПО-3-3000, м.

$$l_8 = L_{м.с.у} + l_{тб} + L_{выпр}. \quad (2.72)$$

Время работы ВПО-3-3000 на участке, равном $l_{выпр}^{впо}$, составляет:

$$t_{впо}' = l_{выпр}^{впо} \alpha_{впо} \alpha_o 0,001. \quad (2.73)$$

После продления линии движения машины ВПО-3-3000 до вертикальной оси времени в начале фронта работ находится точка начала работы этой машины.

Время вступления в работу машины ВПР-02 определяется следующим образом. На горизонтальной оси откладывается расстояние $l_7 = 50$ м, проводятся перпендикуляр до пересечения с линией работы ВПО-3-3000 и затем линия параллельно горизонтальной оси до пересечения с вертикальной осью. Полученная точка является началом приведения машины ВПР-02 в рабочее положение. Время t_{19} в этом случае отличается от вычисленного по формуле (2.63) и составляет:

$$t_{19} = t_{впр}^{p.n} \alpha_o. \quad (2.74)$$

Время работы машины ВПР-02 $t_{впр}$ определяется по формуле (2.64).

Временные отрезки t_{20} и t_{21} принимаются равными значениям из рассмотренного выше примера.

В результате построения технологической схемы в масштабе определяется необходимая продолжительность «окна» для смены рельсошпальной решетки.

Аналогично находится фактическая продолжительность технологического «окна», предоставляемого для глубокой очистки балласта на участке, равном $l_{оч}$ (см. рис. 2.4).

На вертикальной оси откладывается время на оформление закрытия перегона t_1 и время зарядки щебнеочистительной машины (в данном случае РМ-80) $t_{зар}$.

Продолжительность зарядки рабочих органов щебнеочистительной машины составляет:

$$t_{зар} = a_{зар} \alpha_o, \quad (2.75)$$

где $a_{зар}$ — техническая норма времени на зарядку щебнеочистительной машины, мин.

После окончания зарядки рабочих органов щебнеочистительной машины производится очистка щебня.

Время работы щебнеочистительной машины на участке протяженностью $l_{оч}$ определяется следующим образом:

$$t_{оч} = l_{оч} a_{рм} \alpha_o, \quad (2.76)$$

где $a_{рм}$ — техническая норма времени на очистку балласта щебнеочистительной машиной, мин/м.

По окончании работы щебнеочистительная машина приводится в транспортное положение, время на эту операцию принимается равным:

$$t_{разр} = a_{разр} \alpha_o, \quad (2.77)$$

где $a_{разр}$ — техническая норма времени на разрядку щебнеочистительной машины, мин.

Следом за очисткой балласта производится выгрузка необходимого объема щебня. С учетом того, что темп выгрузки балласта из хоппер-дозаторов намного выше темпа работы щебнеочистительной машины, хоппер-дозаторную вертушку включают в работу значительно позже машины для очистки балласта. Для того чтобы установить время включения в работу хоппер-дозаторов, сначала определяют интервал времени t_{22} между уходом с участка работы щебнеочистительной машины и окончанием выгрузки балласта.

$$t_{22} = \frac{l_{10}}{V_{хд}}, \quad (2.78)$$

где l_{10} — разрыв между щебнеочистительной машиной и хоппер-дозаторной вертушкой, принимается равным 100 м; $V_{хд}$ — скорость выгрузки балласта, необходимого для выправки пути на участке, равном $l_{оч}$ ($W_{\text{а\u0440\u0442}}^{1+}$), м/мин.

$$V_{хд} = \frac{l_{оч}}{t_{хд}}, \quad (2.79)$$

где $t_{хд}$ — время выгрузки объема балласта для выправки пути, мин.

$$t_{хд} = W_{\text{вып}}^{оч} a_{хд} \alpha_o, \quad (2.80)$$

где $W_{\text{а\u0440\u0442}}^{1+}$ — объем балласта, выгружаемого для выправки пути на участке, равном $l_{оч}$, м³; $a_{хд}$ — техническая норма времени выгрузки 1 м³ балласта, мин.

Далее от точки окончания времени разрядки щебнеочистительной машины по вертикальной оси откладывается интервал t_{22} , а внутрь участка работы по горизонтали откладывается расстояние l_{10} , и через эти две точки проводится линия до вертикальной оси времени в начале фронта работ (это и будет точка начала работы хоппер-дозаторов).

После удаления хоппер-дозаторов на расстояние l_9 (см. рис. 2.4) в работу вступает машина ВПР-02.

$$l_9 = L_{хд}^{\text{вып}} + 100, \quad (2.81)$$

где $L_{хд}^{\text{вып}}$ — длина хоппер-дозаторной вертушки, выгружающей балласт для выправки пути на участке, равном $l_{оч}$, м.

Время на приведение машины ВПР-02 в рабочее положение t_{19} определяется по формуле (2.74).

Продолжительность сплошной выправки пути с подбивкой шпал машиной ВПР-02 на участке, равном $l_{оч}$, составляет:

$$t'_{\text{впр}} = l_{\text{оч}} N_{\text{эп}} a_{\text{впр}} \alpha_o, \quad (2.82)$$

где $l_{\text{оч}}$ — фронт работ, км; $a_{\text{впр}}$ — техническая норма времени на выправку пути машиной ВПР-02, мин/шпала; $N_{\text{эп}}$ — количество шпал на одном километре.

От точки окончания работы по выправке пути откладывается время на приведение машины ВПР-02 в транспортное положение t_{22} .

Интервал времени t_{24} между уходом с участка ВПР-02 и окончанием работы динамического стабилизатора составляет:

$$t_{24} = \frac{l_{\text{впр}} + 50}{1000} a_{\text{дсп}} \alpha_o, \quad (2.83)$$

где $l_{\text{впр}}$ — длина выправочно-подбивочно-рихтовочной машины ВПР-02, м; $a_{\text{дсп}}$ — техническая норма времени на стабилизацию пути динамическим стабилизатором, мин/км.

Продолжительность стабилизации пути машиной ДСП рассчитывается следующим образом:

$$t_{\text{дсп}} = 0,001 l_{\text{оч}} a_{\text{дсп}} \alpha_o. \quad (2.84)$$

Время между началом работы ДСП и планировщика балласта ПБ составит:

$$t_{23} = \frac{l_{\text{дсп}} + 50}{1000} a_{\text{дсп}} \alpha_o, \quad (2.85)$$

где $l_{\text{дсп}}$ — длина динамического стабилизатора пути, м.

Продолжительность оправки балластной призмы машиной ПБ определяется по выражению

$$t_{\text{пб}} = 0,001 l_{\text{оч}} a_{\text{пб}} \alpha_o, \quad (2.86)$$

где $a_{\text{пб}}$ — техническая норма времени на оправку балластной призмы машиной ПБ, мин/км.

Интервал t_{21} уже принимался.

После определения всех временных отрезков и построения технологической схемы можно установить (с графика) необходимую продолжительность технологического «окна».

По аналогии с изложенным можно находить необходимую продолжительность «окна» для другой организации производственного процесса (с применением других путевых машин), при этом важно опираться на действующие нормативы и передовой опыт проведения ремонтов пути.

2.2. Трудоемкость и продолжительность технологических операций

После определения основных параметров рабочего технологического процесса рассчитываются объемы работ, затраты труда и продолжительность работы машин. Трудоемкость работ регламентируется действующими в путевом хозяйстве Отраслевыми нормами времени на работы по ремонту верхнего строения пути [3]. Основой для расчета трудоемкости технологического процесса является ведомость затрат труда по техническим нормам (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Ведомость затрат труда по техническим нормам

Наименование работ или технологической операции	Единицы измерения	Объем работ в принятом измерении	Оперативное время на выполнение единицы продукции		Затраты труда, чел.-мин		Количество монтеров пути	Продолжительность работы, мин		Примечание
			монтеров пути, чел.-мин	машины, маш.-мин	на объем работ	на объем с учетом коэффициента потерь		монтеров пути	машины	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Главное назначение ведомости затрат труда заключается в обосновании продолжительности выполнения работ и числа работающих для осуществления каждой операции и производственного процесса в целом.

При определении состава технологических операций (гр. 1 табл. 2.11) и их характеристик (гр. 2, 3, 4, 5 указанной ведомости) следует руководствоваться действующими нормативами, материалами типовых проектов производства работ и передовым опытом.

Особое внимание необходимо обращать на правильную технологическую последовательность подготовительных, основных и отделочных работ при заполнении гр. 1 «Наименование работ», чтобы учитывать использование положительных сторон поточной организации взаимосвязанных работ.

Единицы измерения объема (гр. 2) технологической операции регламентируются самой работой и технически обоснованными нормами времени (ТНВ). Определение объемов работ (гр. 3) производится с учетом фронта работ в «окно».

Объем работ регламентируется техническим заданием на разработку технологического процесса и среднесетевыми нормативами [2], принятыми для разработки технологических процессов (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Среднесетевые нормативы, принятые для разработки типовых технологических процессов

Наименование параметра	Ед. изм.	Норматив
1. Протяженность участков пути: прямых	%	70
кривых	%	30
2. Протяженность: выемок	%	20
насыпей и нулевых мест	%	80
3. Количество переездов на 1 км	переезд	0,17
4. Количество путевых знаков на 1 км: больших	шт.	1
малых	шт.	9
5. Протяженность мест препятствий на 1 км для работы щебнеочистительных машин центробежного принципа, ВПО-3000, путевого струга	м	20
6. Число мест препятствий для кюветоочистительных машин	опора	число опор на 1 км
7. Уборка лишнего балласта с обочины земляного полотна при усиленных капитальном и среднем ремонтах	м ³ /км	800
8. Укрепление концов новых деревянных шпал при ремонте: усиленном капитальном	шт.	1872
усиленном среднем, среднем	шт.	360
подъемочном	шт.	100
9. Добивка костылей: в подготовительных работах	%	50
в отделочных работах	%	100
10. Вырезка лишнего балласта внутри колеи для размещения плетей	м ³	50
11. Срезка загрязненной корки балласта при подъемочном ремонте	%	30

Окончание табл. 2.12

Наименование параметра	Ед. изм.	Норматив
12. Замена балласта в шпальных ящиках с удалением из-под шпал загрязненного слоя в местах выплесков при подъемочном ремонте	%	10
13. Очистка щебня на откосе балластной призмы и в шпальных ящиках на 10 см ниже подошвы при подъемочном ремонте	%	7
14. Зачистка заусенцев с обмазкой мест зачистки антисептиком при ремонте: усиленном среднем, среднем	%	100
подъемочном	%	40
15. Обновление графитовой смазки в стыках при ремонте: усиленном среднем, среднем	%	100
подъемочном	%	10

16. Раскладка скреплений по местам смены из контейнеров	%	70
17. Постановка шпал по меткам при ремонтах: усиленном капитальном, подъемочном, усиленном среднем среднем	%	10
	%	50
18. Перестановка противоугонов до и после работы ВПО-3000	%	100
19. Перешивка пути при ремонтах: усиленном капитальном, капитальном усиленном среднем, среднем подъемочном	%	5
	%	20
	%	10
20. Разгонка зазоров при усиленном среднем и среднем ремонтах	%	50
21. Регулировка зазоров при усиленном капитальном и подъемочном ремонтах	%	50
22. Удаление балласта из-под подошвы рельсов при отделке	%	100

Примечание. Нормативы для рабочих технологических процессов устанавливаются по фактическим данным.

За единицу трудоемкости (норму) (гр. 4 и 5 табл. 2.11) принимается оперативное время на единицу продукции из сборника Отраслевых норм времени [3] на конкретную технологическую операцию в чел.-мин и маш.-мин (табл. 2.13).

Затраты труда монтеров пути (гр. 6 табл. 2.11) определяются путем умножения объема работ (гр. 3) на норму оперативного времени (гр. 4). Затраты труда с учетом добавочного времени на частичные затраты по подготовительно-заключительным операциям, обслуживанию рабочего места, на отдых и пропуск поездов (см. гр. 7) определяются путем умножения результатов, представленных в гр. 6 табл. 2.11, на коэффициент добавочного времени α_0 , величина которого устанавливается отдельно для основных работ в «окно» и отдельно для основных работ, производимых после открытия перегона, подготовительных и отделочных работ.

Графы 8–11 данной ведомости заполняются при составлении графиков производства работ в «окно» и после «окна», подготовительных и отделочных работ.

Численность монтеров пути (гр. 8), занятых выполнением той или иной операции, регламентируется требованиями сборника «Отраслевые нормы времени на работы по ремонту верхнего строения пути» [3], в котором устанавливается рациональный состав бригады монтеров. Кроме этого, количество монтеров пути определяется требуемым темпом работы.

Количество машинистов (см. гр. 11), обслуживающих машинный комплекс, устанавливается в соответствии со штатным расписанием и рекомендациями, данными в паспорте машины.

Продолжительность работы монтеров пути (см. гр. 9) определяется делением затрат труда на выполнение технологической операции (гр. 7) на количество монтеров пути (гр. 8).

Продолжительность работы машин (гр. 10) получается в результате умножения объема работ (гр. 3) на технический норматив (гр. 5), с учетом коэффициента α_0 . Следует отметить, что большинство данных гр. 10 было найдено при определении величины «окна».

После установления условий производства работ, состава работ и машинных комплексов разрабатывается организация работ по отдельным операциям и в целом на весь технологический комплекс.

Таблица 2.13

Технические нормы времени на отдельные виды ремонтно-путевых работ (оперативное время)

Наименование работ	Ед. изм.	Норма на ед. изм.	
		чел.-мин	маш.-мин
1	2	3	4
1. Срезка обочины земляного полотна (вручную)	м	6,92	—
2. Срезка обочины земляного полотна бульдозером	м ³	—	0,552
3. Срезка обочины земляного полотна стругом: на насыпи в выемке	км	—	33,9 50
4. Уборка грунта грейферной установкой	м ³	—	2,4
5. Подготовка мест для въезда на путь и	место	490	—

съезда с него землеройной техники			
6. Разборка железобетонного переездного настила с применением автокрана и укладка временного	м ²	17,6	1,512
7. Демонтаж стеллажей для хранения покилометрового запаса	стеллаж	49,2	—
8. Опробование и смазка стыковых болтов	болт	1,31	—
9. Регулировка стыковых зазоров РН-01: при 4-дырных накладках при 6-дырных накладках	м	2,04 2,22	—
10. Закрепление шпал добивкой 50 % костылей	костыль	0,05	—
11. Закрепление шпал забивкой дополнительных костылей на 15 % шпал	костыль	0,393	—
12. Закрепление шпал довинчиванием клеммных и закладных болтов	болт	0,22	—
13. Снятие путевых знаков: больших малых	знак	36,29 17,28	—
14. Зарядка машины ЩОМ-6Р	зарядка	—	10
15. Вырезка балласта по торцам шпал машиной ЩОМ-6Р	м ³	—	0,114
16. Разрядка машины ЩОМ-6Р	разрядка	—	10
17. Очистка пути от грязи и мусора машиной СМ-3	м	—	0,02
18. Приведение машины РОМ-3 в рабочее положение	привед.	—	3,83
19. Очистка рельсов и креплений от грязи и мазута машиной РОМ-3	м	—	0,02
20. Приведение машины РОМ-3 в транспортное положение	привед.	—	2,93
21. Приведение машины СЗП-600 в рабочее положение	привед.	—	15
22. Срезка и уборка лишнего балласта машиной СЗП-600	м ³	—	0,229
23. Приведение машины СЗП-600 в транспортное положение	привед.	—	15
24. Вырезка и уборка балласта машиной УМ-М	м ³	—	0,15
25. Устройство плеча и откоса балластной призмы планировщиком ПБ-01	км	—	48
26. Срезка лишнего балласта боковым плугом машины РБ-1	км	—	38
27. Подготовка места для зарядки машины ВПО-3000: на щебеночном балласте на асбестовом балласте	место	372,2 197,3	—
28. Подготовка места для зарядки машины ЩОМ-4М	место	482	—
29. Подготовка места для разрядки машины ЩОМ-4М	место	489	—
30. Разборка временного переездного настила	м ²	7,2	—
31. Снятие заземлителей опор контактной сети	заземл.	3,44	—
32. Очистка щебня в местах препятствий для работы машины ЩОМ-4М: с подбивкой деревянных шпал с подбивкой железобетонных шпал без подбивки	м	160,3 129,7 77,3	—
33. Подъемка пути ЭЛБ с обрушением балласта в шпальных ящиках	км	—	21,63
34. Зарядка машины ЩОМ-4М	зарядка	60,4	15,1
35. Очистка щебня машиной ЩОМ-4М	км	158,40	39,6
36. Разрядка машины ЩОМ-4М	разрядка	52,8	13,1
37. Расшивка деревянных стыковых шпал	костыль	0,224	—
38. Разболчивание стыков с применением ЭК-1	болт	0,83	—

39. Разборка пути краном УК25/9-18: деревянные шпалы железобетонные шпалы	звено	20,88 32,48	1,74 2,32
40. Закрепление пакетов рельсовых звеньев	пакет	8,3	—
41. Срезка и планировка балласта с образованием валов по торцам шпал землеройной техникой	км	—	86
42. Срезка части щебеночного слоя землеройной техникой с отвалкой балласта за пределы обочины	км	—	68
43. Планировка балластного слоя планировщиком	км	—	35,9
44. Срезка слоя балластной призмы землеройной техникой на глубину более 30 см	км	—	100
45. Уплотнение основания балластной призмы виброкатками	м ³	—	0,111
46. Укладка вручную разделительного слоя из геотекстиля	рулон	24,5	67
47. Укладка плит из пенополистирола	упаковка	2,56	—
48. Раскрепление пакетов рельсовых звеньев	пакет	8,3	—
49. Укладка пути краном УК25/9-18: деревянные шпалы железобетонные шпалы	звено	24,36 28,84	1,74 2,06
50. Установка нормальных стыковых зазоров: деревянные шпалы железобетонные шпалы	стык пути	3,8 3,4	—
51. Регулировка стыковых зазоров гидравлическими приборами: деревянные шпалы железобетонные шпалы	стык пути	5,96 7,36	—
52. Расшивка деревянных стыковых шпал	костыль	0,3	—
53. Постановка накладок и болтов с наживлением гаек: 4-дырные накладки 6-дырные накладки	стык нити	4,62 5,38	—
54. Завинчивание гаек стыковых болтов ЭК-1	болт	0,72	—
55. Пришивка новых деревянных стыковых шпал	костыль	0,61	—
56. Поправка шпал по меткам: деревянные шпалы и щебеночный балласт деревянные шпалы и асбестовый балласт железобетонные шпалы и щебеночный балласт железобетонные шпалы и асбестовый балласт	шпала	3,82 3,00 4,78 4,03	—
57. Рихтовка пути РГУ-1 с постановкой на ось: деревянные шпалы железобетонные шпалы	м	0,892 1,15	—
58. Заготовка и укладка рельсовых рубок: деревянные шпалы железобетонные шпалы, скрепление КБ железобетонные шпалы, скрепление ЖБР	рубка	50,65 183,88 182,40	—
59. Укладка плит из пенополистерола с подъемкой пути ЭЛБ	км	90,82	45,42
60. Выгрузка балласта из хоппер-дозаторов: асбестовый балласт щебеночный балласт	м ³	0,24 0,28	0,12 0,14
61. Подъемка пути ЭЛБ-3	км	—	21,5
62. Выправка пути машиной ВПО-3000: асбестовый балласт щебеночный балласт	км	—	42,7 33,9
63. Приведение машины ВПР-02 в рабочее положение	привед.	—	5,46
64. Выправка пути машиной ВПР-02 в местах зарядки, разрядки машины ВПО-3000, в местах отступлений по уровню после ее прохода и препятствий для ее работы	шпала	—	0,0427

65. Рихтовка пути машиной ВПР-02	м	—	0,0313
66. Сплошная выправка пути машиной ВПР-02	шпала	—	0,0693
67. Приведение машины ВПР-02 в транспортное положение	привед.	—	4,14
68. Приведение машины ДСП в рабочее положение	привед.	—	7,82
69. Стабилизация пути динамическим стабилизатором	км	—	33,9
70. Приведение машины ДСП в транспортное положение	привед.	—	4,4
71. Приведение машины ПБ-01 в рабочее положение	привед.	—	6,6
72. Планировка пути быстроходным планировщиком ПБ-01	км	—	48
73. Приведение машины ПБ-01 в транспортное положение	привед.	—	5,34
74. Оправка балластной призмы машиной РБ-1	км	—	13
75. Оборудование изолирующего стыка АпАТЭК: деревянные шпалы железобетонные шпалы	стык пути	27,86 27,8	—
76. Установка заземлителей опор контактной сети	заземл.	4,45	—
77. Приварка рельсовых соединителей	ст. пути	—	1,59
78. Перестановка 50 % пружинных противоугонов по схеме	противоугон	0,33	—
79. Поправка 50 % пружинных противоугонов	противоугон	0,15	—
80. Выправка пути подбивкой шпал ЭШП: деревянные шпалы и щебеночный балласт деревянные шпалы и асбестовый балласт железобетонные шпалы и щебеночный балласт железобетонные шпалы и асбестовый балласт	шпала	3,19 2,96 4,09 3,79	—
81. Выправка пути в местах отступлений по уровню после обкатки пути поездами с подбивкой шпал ЭШП: деревянные шпалы и щебеночный балласт деревянные шпалы и асбестовый балласт железобетонные шпалы и щебеночный балласт железобетонные шпалы и асбестовый балласт	шпала	8,47 6,15 11,0 7,24	—
82. Рихтовка пути гидравлическими приборами: деревянные шпалы и щебеночный балласт деревянные шпалы и асбестовый балласт железобетонные шпалы и щебеночный балласт железобетонные шпалы и асбестовый балласт	м	1,82 1,29 2,24 1,57	—
83. Подтягивание ослабших стыковых болтов	болт	0,614	—
84. Засыпка шпальных ящиков балластом в местах препятствий для работы машин: щебеночный балласт асбестовый балласт	м	6,3 2,76	—
85. Довинчивание гаек клеммных и накладных болтов	болт	0,22	—
86. Укладка временного переездного настила	м ²	13	—
87. Подготовка места для зарядки машины: СЧ-600, СЧ-601, ЩОМ-6БМ РМ-80, СЧУ-800, ЩОМ-6У ЩОМ-1200, СЧ-1200 РМ-2002	место	512 312 85 78	—
88. Подготовка места для зарядки машины	место	516	—

PM-80 на стрелочном переводе			
89. Зарядка машины: СЧ-600, СЧ-601 PM-80 СЧУ-800 ЩОМ-6У, ЩОМ-6БМ, ЩОМ-1200 СЧ-1200 RM-2002	зарядка	— — 80 160 96	30 30,42 22,98 20 40 24
90. Очистка балласта машиной: СЧ-600 СЧ-601 PM-80 СЧУ-800 при глубине очистки: до 60 см > 60 см СЧ-1200 ЩОМ-1200 RM-2002 ЩОМ-6У, ЩОМ-6БМ	м ³	0,636 0,556 0,312 2,0 2,4 0,292 0,192 0,2 0,548	0,159 0,139 0,156 0,5 0,6 0,073 0,048 0,05 0,137
91. Разрядка машины: СЧ-600, СЧ-601 PM-80 СЧУ-800 СЧ-1200 RM-2002 ЩОМ-6У, ЩОМ-1200 ЩОМ-6БМ	разрядка	— — — 160 128 80 64	28,92 28,5 21,6 40 32 20 16
92. Разборка временного переездного настила с укладкой его в конце дня	м ²	20,2	—
93. Рихтовка кривых по расчету приборами ГР-12Б: деревянные шпалы и щебеночный балласт деревянные шпалы и асбестовый балласт железобетонные шпалы и щебеночный балласт железобетонные шпалы и асбестовый балласт	м	3,32 3,58 4,63 4,43	—
94. Рихтовка кривых по расчету РГУ-1М: деревянные шпалы и щебеночный балласт железобетонные шпалы и щебеночный балласт	м	1,74 2,01	—
95. Перешивка пути: без стяжного прибора со стяжным прибором	конец шпалы	4,67 5,18	—
96. Регулировка зазоров гидравлическими приборами: деревянные шпалы и 4-дырные накладки деревянные шпалы и 6-дырные накладки железобетонные шпалы и 4-дырные накладки железобетонные шпалы и 6-дырные накладки	м	1,62 1,89 5,83 6,10	—
97. Приведение машины Р-2000 в рабочее положение	привед.	—	4,7
98. Рихтовка пути машиной Р-2000	м	—	0,0497
99. Приведение машины Р-2000 в транспортное положение	привед.	—	3,65
100. Приведение машины ПРБ в рабочее положение	привед.	—	3
101. Рихтовка пути машиной ПРБ	м	—	0,0075
102. Приведение машины ПРБ в транспортное положение	привед.	—	1
103. Приведение машины «Дуоматик 09-32» в рабочее положение	привед.	—	3,84
104. Выправка пути в плане и профиле по программе машиной «Дуоматик 09-32»	шпала	—	0,0267
105. Приведение машины «Дуоматик 09-32» в транспортное положение	привед.	—	4,38

106. Сплошная добивка костылей	костыль	0,05	—
107. Приведение машины ПМГ в рабочее положение	привед.	—	4,4
108. Довинчивание гаек клеммных болтов ПМГ	болт	—	0,011
109. Приведение машины ПМГ в транспортное положение	привед.	—	2,9
110. Довинчивание гаек клеммных болтов вручную	болт	0,215	—
111. Довинчивание гаек клеммных болтов СДГ-4	км	—	84
112. Рихтовка прямых участков пути РГУ-1М: деревянные шпалы железобетонные шпалы	м	1,40 1,56	—
113. Рихтовка кривых РГУ-1М: деревянные шпалы железобетонные шпалы	м	1,74 2,01	—
114. Очистка кюветов стругом	км	—	92
115. Очистка кюветов вручную	м	3,66	—
116. Планировка кюветов путевым стругом	км	—	40,17
117. Уборка лишнего балласта машиной СЗП-600	м ³	—	0,19
118. Очистка кюветов машиной СЗП-600	м	—	0,5
119. Планировка кюветов машиной СЗП-600	км	—	354
120. Срезка обочины в местах препятствий для работы струга	м ³	16,2	—
121. Устройство выходов из кюветов после струга	м ³	32,26	—
122. Нарезка кюветов в местах препятствий для работы струга	м ³	86,3	—
123. Планировка кюветов вручную	м	1,75	—
124. Уборка из выемок грунта в местах препятствий для работы струга: вывозкой перекидкой	м ³ м ³	80 32,26	—
125. Уборка загрязнителей с откосов выемок	м ³	61,9	—
126. Уборка и планировка балласта у опор контактной сети	м ³	67,05	—
127. Уборка балласта с погрузкой на платформы кранами КДЭ	м ³	—	1,41
128. Уборка лишнего балласта автотрисой АГД в комплекте с прицепом УП-4	м ³	—	4,74
129. Очистка закрытых водоотводных железобетонных лотков	м лотка	10,67	—
130. Восстановление закрытых водоотводных железобетонных лотков	м лотка	272,8	—
131. Очистка нагорных канав	м	8,44	—
132. Уборка загрязнителей после очистки нагорных канав	м ³	71,8	—
133. Установка путевых знаков: больших малых	знак	58,2 26,39	—
134. Окраска путевых знаков: больших малых	знак	14,83 11,51	—
135. Приведение машины БУМ в рабочее положение	привед.	—	4,96
136. Уплотнение балласта в шпальных ящиках и на откосах балластной призмы машиной БУМ	шпала	—	0,0637
137. Приведение машины БУМ в транспортное положение	привед.	—	3,61
138. Отделка балластной призмы вручную с планировкой обочины: однопутный участок и щебеночный балласт однопутный участок и асбестовый балласт	м	13,27 10,39 8,11	—

двухпутный участок и щебеночный балласт		6,99	
двухпутный участок и асбестовый балласт			
139. Нумерация рельсовых звеньев	звено	2,31	—
140. Планировка междупутья: асбестовый балласт щебеночный балласт	м	2,51 4,08	—
141. Отделка балластной призмы машиной УБРМ-1 с планировкой обочины	км	—	75
142. Отделка балластной призмы РБ-1	км	—	50
143. Отделка балластной призмы на стрелочном переводе	ящик	4,26	—
144. Монтаж стеллажей для хранения километрового запаса	стеллаж	147,48	—
145. Ремонт переезда с укладкой настила из железобетонных плит с применением автокрана	м ²	44,25	1,81
146. Подрезка балласта из-под подошвы рельса	м нити	1,93	—
147. Вырезка лишнего балласта внутри колеи для размещения плетей	м	8,8	—
148. Шлифовка рельсов шлифовальным поездом	км	—	60

2.3. Проектирование графиков выполнения работ при капитальном ремонте пути

2.3.1. Проектирование графика производства основных работ в «окно»

Проектирование технологического процесса ремонта пути начинается с основных работ в «окно», которые выполняются поточным способом.

Основой для составления графика производства основных работ в «окно» и после него являются рассчитанные интервалы между выполнением отдельных операций при определении продолжительности «окна».

График вычерчивается в координатных осях в определенном масштабе. По оси абсцисс откладывают фронт работ в «окно» в метрах, а по оси ординат — время работы в часах и минутах (продолжительность рабочей смены).

Горизонтальный масштаб принимается в зависимости от протяженности фронта работ в «окно» (обычно в 1 см 100 м), рекомендуемый вертикальный масштаб — 1 мин в 1 мм.

Справа от графика показываются типовые условные обозначения работ.

Данные для составления графика берутся из ведомости затрат труда, и работы «наносятся» на график в последовательности их выполнения. Если работа производится с передвижением по фронту работ, то на графике отмечаются точки начала и конца работы, расстояние между точками по вертикали должно соответствовать продолжительности выполнения работы. Эти точки соединяются прямой линией с принятым условным обозначением. Наклон каждой линии на графике, условно показывающий выполнение той или иной операции, определяется рабочей скоростью ведущих машин. Если работа выполняется на одном месте (подготовка места зарядки машин, разборка переездного настила, оборудование изолирующих стыков и др.), то она изображается на графике столбиком с соответствующим условным обозначением. Высота столбика должна соответствовать длительности работы, по горизонтали столбики безмасштабны.

Расчет количества монтеров пути, необходимых для выполнения отдельных работ, и продолжительности этих работ, а также определение времени работы машин и механизмов производится с заполнением соответствующих граф (8–10) ведомости затрат труда и машинного времени (см. табл. 2.11).

Сначала делается расчет работ, выполняемых до вступления в работу ведущей машины. При этом необходимо обеспечить наиболее эффективную работу машин и как можно более быстрое вступление в работу ведущей машины (так, например, снятие рельсовых соединителей не должно задерживать работу электробалластера, а темп разболчивания стыков не должен быть меньше темпа разборки пути путеразборочным краном). Работы, выполняемые за ведущей машиной, организуются в едином с ней темпе.

Над линией или около столбика, обозначающих работу, подписываются количество монтеров пути и машинистов, выполняющих ее, а после распределения монтеров пути по бригадам — номера бригад.

Количество монтеров пути, необходимое для производства любой работы или ее части, определяют исходя из темпа ведущих машин по следующей формуле:

$$k = \frac{Q}{t}, \quad (2.87)$$

где Q — затраты труда на выполнение работы на заданном участке, чел.-мин; t — время работы ведущей машины на заданном участке, мин.

Обычно результат деления затрат труда на время работы ведущей машины получается дробный, поэтому полученное количество рабочих округляется в большую сторону до ближайшего целого числа. Необходимо учитывать рациональный состав групп, требующихся по условиям выполнения данной работы, для чего пересчитывают время их работы. При поточном методе выполнения и параллельном графике работ допускается отклонение в продолжительности осуществления данной операции от ведущей в пределах $\pm 5\%$.

Для работ, выполняемых не в темпе рабочей скорости ведущих машин, количество рабочих принимается согласно ТНК [3], а время их работы определяется по формуле

$$t = \frac{Q}{k}. \quad (2.88)$$

Для работ, выполняемых механизированным инструментом или с применением специальных приборов, недостаточно определения только количества рабочих, одновременно необходимо установить и количество средств механизации, так как это влияет на организацию работы.

После составления графика производства работ в «окно» устанавливается количество рабочих ПМС, участвующих в производстве основных работ в «окно».

Для определения количества монтеров пути, занятых на основных работах в «окно», целесообразно пользоваться при построении графика методом сечений: проводится несколько сечений (обычно в момент полного развертывания работ) для выявления максимального количества монтеров пути, занятых одновременно на основных работах. В «условном сечении» суммируется численность всех групп рабочих (только монтеры пути). Кроме этого, определяется общее количество машинистов, занятых на всех работах в «окно».

Следует иметь в виду, что общее количество рабочих, занятых в период «окна» на основных работах $K_{\text{сеч}}$, всегда оказывается больше количества, подсчитанного по следующей формуле:

$$K_o = \frac{\sum Q_i}{T_o}, \quad (2.89)$$

где $\sum Q_i$ — суммарные затраты труда, чел.-мин.

Это несовпадение объясняется неодновременным началом и окончанием работ в потоке, потерями на переходы с одной работы на другую.

Следует стремиться к сокращению указанного разрыва, рационально распределяя рабочих по отдельным работам.

Бригады или группы рабочих, последовательно вступившие в работу до начала потока и соответственно освобождающиеся после окончания его, во избежание простоев необходимо использовать на отделочных или подготовительных работах.

Фактические затраты труда при выполнении основных работ в «окно» определяются по формуле

$$Q_o = K_{\text{сеч}} T_o, \quad (2.90)$$

где $K_{\text{сеч}}$ — количество монтеров пути в «условном сечении»; T_o — фактическая продолжительность «окна», мин.

2.3.2. Проектирование организации основных работ после открытия перегона

После выполнения комплекса основных работ в «окно» в течение одного часа производится обкатка пути поездами для выявления мест отступлений пути в профиле и плане.

В настоящий момент ремонты пути (усиленный капитальный, капитальный, усиленный средний и средний) выполняются с применением выправочно-подбивочно-рихтовочных машин и динамических стабилизаторов, которые позволяют ускорить стабилизацию пути, поэтому после выполнения комплекса работ в «окно» состояние пути обеспечивает пропуск одного-двух поездов сразу после «окна» со скоростью 25 км/ч, а последующих — не менее 60 км/ч (табл. 2.14).

**Скорость пропуска поездов по месту проведения
ремонтных работ, км/ч**

При создании слоя чистого балласта до 25 см, с применением ВПО	При создании слоя чистого балласта более 25 см, с применением		
	ВПО или ВПР	ВПО плюс ВПР	ВПО плюс ВПР плюс ДСП
60	50	60	70

Примечание. ВПО — выправочно-подбивочно-отделочная машина непрерывного действия (ВПО-3000, ВПО-3-3000); ВПР — выправочно-подбивочно-рихтовочная машина циклического действия (ВПР-02); ДСП — динамический стабилизатор пути (ДСП-С, ДСП-4С, DGS-62N).

При отсутствии выправочно-подбивочных и других уплотнительно-стабилизирующих машин первые один-два поезда должны пропускаться со скоростью 15 км/ч, последующие в течение 3 ч — не менее 25 км/ч, затем — до 50 км/ч [4].

При выполнении усиленного капитального и капитального ремонтов пути с укладкой железобетонных шпал с инвентарными рельсами установленная приказом начальника дороги скорость, если она не превышает 100 км/ч, восстанавливается после укладки рельсовых плетей бесстыкового пути. При этом до укладки плетей путь должен быть установлен в проектное положение в плане и профиле, балластный слой уплотнен не менее, чем тремя проходами выправочно-подбивочных машин (ВПО+ВПР на основных работах, + ВПР при отделке или ВПР+ВПР на основных работах, +ВПР на отделке) и двумя проходами динамических стабилизаторов.

Скорость более 100 км/ч по отремонтированному участку устанавливается не ранее пропуска по нему 350 тыс. т груза брутто после укладки плетей, окончательной выправки и стабилизации ДСП.

При укладке звеньев пути на деревянных шпалах при выполнении усиленного капитального и капитального ремонтов пути, а также при усиленном среднем и среднем ремонтах установленная скорость (но не более 100 км/ч) восстанавливается на данном участке после трехкратной выправки пути машинным способом и не менее одного прохода ДСП, а более 100 км/ч — после дополнительного пропуска 700 тыс. т брутто, окончательной выправки и стабилизации ДСП.

После работ на закрытом перегоне без обкатки поездами путь должен обеспечивать скорость их движения после открытия 100 км/ч (при этом первые один-два поезда пропускаются со скоростью не менее 40 км/ч). Для этого должны быть уложены плети бесстыкового пути и путь окончательно выправлен и стабилизирован ДСП. До укладки плетей балластный слой должен быть уплотнен не менее чем тремя проходами выправочно-подбивочных машин (ВПО + ВПР на основных работах, + ВПР при отделке или ВПР + ВПР на основных работах, + ВПР на отделке) и двумя проходами динамических стабилизаторов.

Скорость более 100 км/ч устанавливается после пропуска 700 тыс. т брутто и (при необходимости) окончательной выправки и стабилизации ДСП.

При проектировании организации работ после открытия перегона необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Весь фронт работ делится на участки в пропорциональной зависимости от количественного состава бригад и групп, так как при таком способе производства работ сокращаются непроизводительные проходы бригад и время на развертывание и свертывание работ. В некоторых случаях работы можно выполнять единым потоком на протяжении всего фронта.

2. Все работы после открытия перегона делятся на два типа:

– рихтовка пути;

– работы, для выполнения которых не требуется группа рационального состава.

3. Работы по рихтовке пути выполняются группами рационального состава.

Численность группы зависит от трудоемкости операций, обусловленной родом шпал, лежащих в пути, типом рельсов и планом пути (табл. 2.15).

Таблица 2.15

**Состав бригады, выполняющей рихтовку пути
(при использовании гидравлических приборов ГР-12Б)**

Состав бригады	5	7/8	9/10
Количество приборов	3–4	5	7

Примечание. В числителе — для прямых участков пути; в знаменателе — для кривых.

При выполнении усиленного капитального или капитального ремонтов пути бригада, занимающаяся рихтовкой пути с использованием ГР-12Б, должна состоять из 7 чел. [3].

Проектирование работ после открытия перегона начинается с определения количества рабочих $K_{i,j}$, которые выполняют все работы после «окна» в оставшееся до конца рабочего дня время, по формуле

$$K_{п.о} = \frac{Q_{п.о}}{T_{раб} - T_о}, \quad (2.91)$$

где $Q_{п.о}$ — затраты труда на производство работ после «окна» (итог гр. 7 расчетной ведомости), чел.-мин; $T_о$ — продолжительность «окна», мин; $T_{раб}$ — продолжительность рабочего дня (при $T_о \leq 7$ ч принимается 480 мин, при $T_о > 7$ ч — 720 мин).

При этом могут иметь место случаи, когда

– $K_{сеч} = K_{п.о}$, тогда все монтеры пути, работающие на основных работах в период «окна», переключаются на выполнение основных работ после «окна»;

– $K_{сеч} > K_{п.о}$. При этом условия монтеры пути в количестве $K_{сеч} - K_{п.о}$ переходят на выполнение подготовительных или отделочных работ (предпочтительнее направлять на отделочные работы);

– $K_{сеч} < K_{п.о}$. В данном случае для выполнения работ после «окна» привлекаются монтеры пути со звеносборочной базы или дистанции пути. Такой вариант организации работ нежелателен.

В современных технологических процессах чаще встречается второй случай.

Самой трудоемкой и наиболее ответственной работой после «окна» является рихтовка пути. Эту работу необходимо планировать в первую очередь.

Количество рабочих для рихтовки пути определяется по формуле

$$k'_{рихт} = \frac{Q_{рихт}}{T_{п.о}}, \quad (2.92)$$

где $Q_{рихт}$ — затраты труда на рихтовку пути, чел.-мин; $T_{п.о}$ — время на выполнение всех работ после «окна», мин.

Полученное значение округляется до целого числа и сравнивается с группой рационального состава бригады, занимающейся рихтовкой пути ($k_{рац.рихт} = 7$ чел.), если $k'_{рихт} > k_{рац.рихт}$, то определяется количество групп, необходимых для выполнения работ по рихтовке пути, посредством формулы

$$N'_{рихт} = \frac{k'_{рихт}}{k_{рац.рихт}}. \quad (2.93)$$

Полученное значение округляется до целого числа $N_{рихт}$ в большую сторону. Затем определяется фактическое количество рабочих, требуемое для проведения рихтовки пути:

$$k_{рихт} = N_{рихт} k_{рац.рихт}. \quad (2.94)$$

Число рабочих $K_{п.о}$, полученное в результате расчета по формуле (2.91), сравнивается с фактическим количеством монтеров пути, занятых на рихтовке. Здесь также могут быть три варианта:

$$K_{п.о} < k_{рихт};$$

$$K_{п.о} = k_{рихт};$$

$$K_{п.о} > k_{рихт}.$$

В первом случае принимается необходимое для производства рихтовки пути число рабочих $k_{рихт}$ и рассчитывается время на выполнение этой работы:

$$t_{рихт} = \frac{Q_{рихт}}{k_{рихт}}. \quad (2.95)$$

Потом определяется количество рабочих, необходимых для выполнения прочих работ (перестановка противоугонов, засыпка шпальных ящиков и т.д.):

$$k_{проч} = \frac{Q_{п.о} - Q_{рихт}}{t_{ост}}, \quad (2.96)$$

где $t_{ост}$ — время оставшееся до конца рабочего дня, мин;

$$t_{ост} = T_{п.о} - t_{рихт}. \quad (2.97)$$

Полученное значение $k_{\text{проч}}$ округляется до целого числа $k'_{\text{проч}}$ и определяется время работы $t_{\text{проч}}$:

$$t_{\text{проч}} = \frac{Q_{\text{проч}}}{k'_{\text{проч}}}, \quad (2.98)$$

где $Q_{\text{проч}}$ — затраты труда на выполнение прочих работ, чел.-мин.

Далее определяется значение Δt :

$$\Delta t = T_{\text{п.о}} - t_{\text{рихт}} - t_{\text{проч}}. \quad (2.99)$$

Если значение Δt окажется меньше ± 15 мин, то проектирование выполнено правильно. Если значение Δt будет больше ± 15 мин, то необходимо изменить $k_{\text{проч}}$.

Результаты расчетов наносятся на график. Выполнение работ после «окна» схематично представлено на рис. 2.5 (при $N_{\text{рихт}} = 1$).

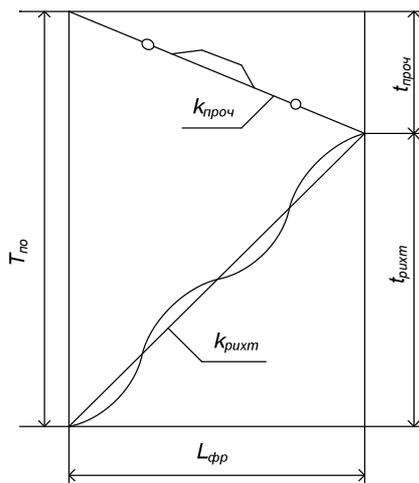


Рис. 2.5. Схема выполнения работ после «окна» (первый вариант, $N_{\text{рихт}} = 1$)

Если рихтовкой занято несколько бригад, то каждая из них выполняет работу на своем участке (рис. 2.6).

При $K_{\text{п.о}} = k_{\text{рихт}}$ сначала все монтеры пути ставятся на рихтовку, а затем они же выполняют прочие работы.

Время на выполнение работ определяется аналогично первому случаю.

Если $K_{\text{п.о}} > k_{\text{рихт}}$, то принимается одна или несколько групп рационального состава на рихтовку пути и определяется время выполнения данной операции.

Если $T_{\text{п.о}} - t_{\text{рихт}} \leq \pm 15$ мин, то рабочий день у рабочих, выполняющих рихтовку пути, заканчивается, и к выполнению прочих работ они не привлекаются. Оставшиеся рабочие $k_{\text{ост}} = K_{\text{п.о}} - k_{\text{рихт}}$ выполняют прочие работы (рис. 2.7, 2.8).

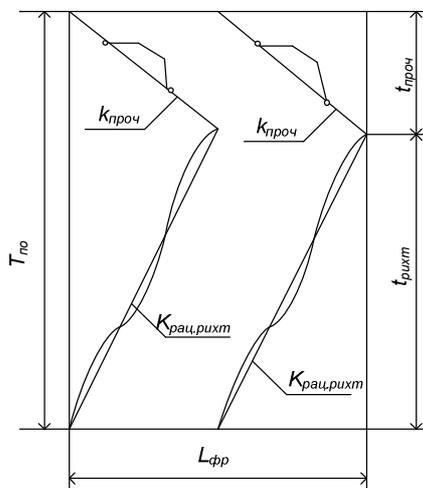


Рис. 2.6. Схема выполнения работ после «окна» (первый вариант, $N_{\text{рихт}} = 2$)

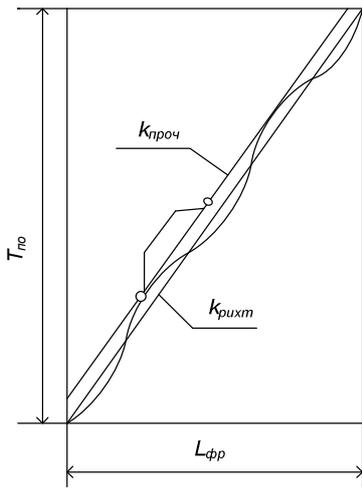


Рис. 2.7. Схема выполнения работ после «окна» (третий вариант, $N_{\text{рихт}} = 1$)

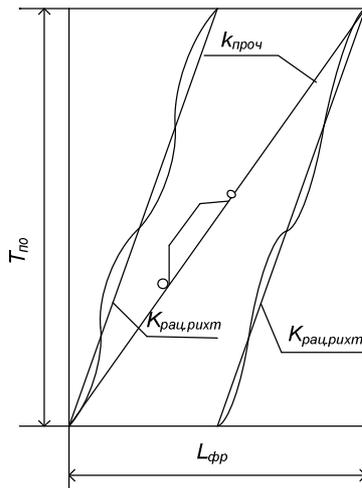


Рис. 2.8. Схема выполнения работ после «окна» (третий вариант, $N_{\text{рихт}} = 2$)

Если $T_{\text{п.о}} - t_{\text{рихт}} > 15$ мин, то группа рихтовщиков до конца рабочего дня переключается на выполнение прочих работ на время $t_{\text{ост}} = T_{\text{п.о}} - t_{\text{рихт}}$.

За это время группа рихтовщиков выполнит следующий объем прочих работ:

$$Q'_{\text{проч}} = k_{\text{рихт}} t_{\text{ост}} \cdot \quad (2.100)$$

Участок пути X_1 , на котором группа рихтовщиков выполнит прочие работы, определяется по формуле

$$X_1 = \frac{Q'_{\text{проч}} l_{\text{фр}}}{Q_{\text{проч}}} \cdot \quad (2.101)$$

Оставшиеся рабочие $k_{\text{ост}}$ в течение всего времени $T_{\text{п.о}}$ выполняют прочие работы в объеме

$$Q^*_{\text{проч}} = Q_{\text{проч}} - Q'_{\text{проч}} \cdot \quad (2.102)$$

Результаты расчетов схематично приведены на рис. 2.9.

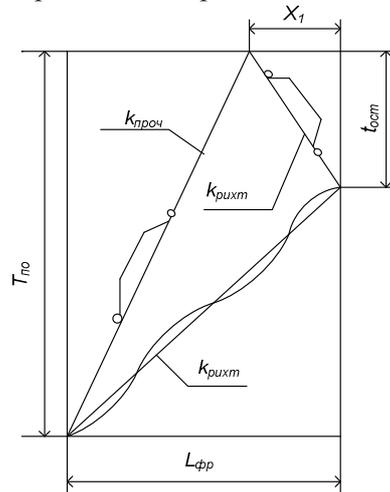


Рис. 2.9. Схема выполнения работ после «окна» ($T_{\text{п.о}} - t_{\text{рихт}} > 15$ мин)

График производства основных работ в «окно» представлен на рис. 2.10.

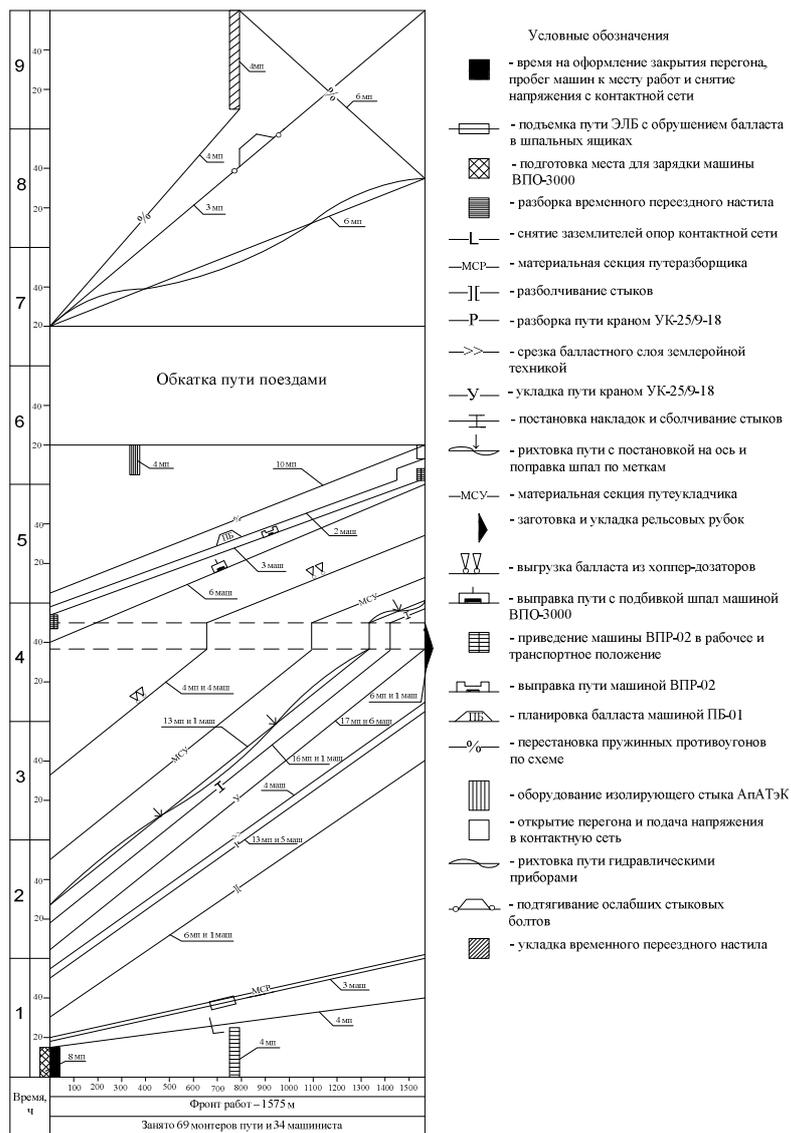


Рис. 2.10. График производства основных работ в «окно»

2.3.3. Проектирование графика производства основных работ по глубокой очистке балласта в технологическое «окно»

График производства основных работ по глубокой очистке балласта строится аналогично графику производства основных работ в «окно», только по оси абсцисс откладывают фронт работ по очистке балласта $l_{оч}$, а по оси ординат — продолжительность технологического «окна» (рис. 2.11).

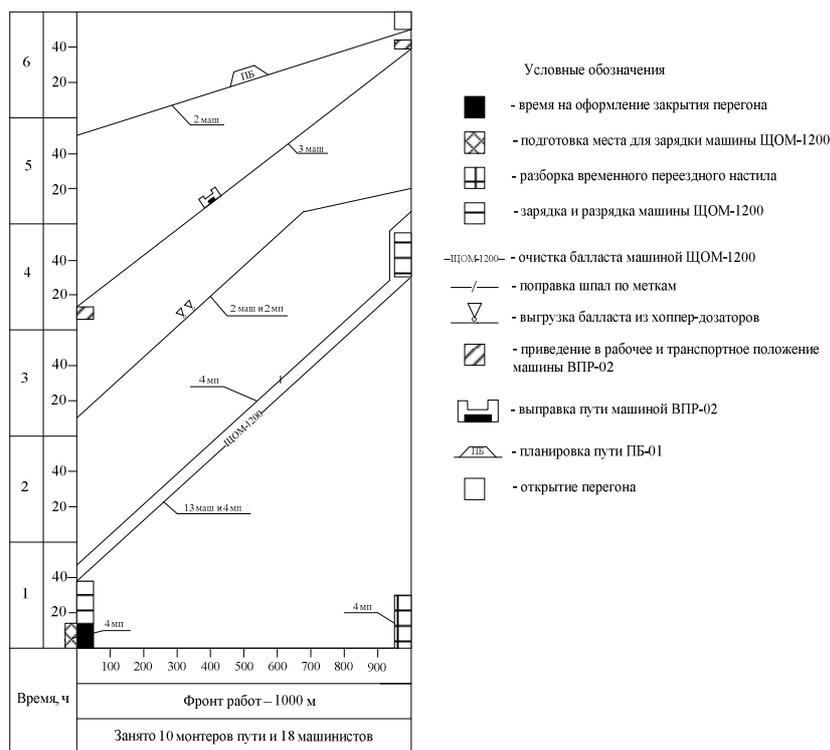


Рис. 2.11. График производства работ по глубокой очистке балласта

2.3.4. Проектирование графика распределения работ по дням цикла

При составлении графика работ по дням необходимо учитывать следующее:

- график должен иллюстрировать максимальное количество участков, ежедневно находящихся в работе;
- один участок показывается полностью, остальные — частично;
- работы подготовительного и отделочного циклов, связанные с закрытием перегона, должны производиться под прикрытием «окна» для выполнения основных работ и в исключительных случаях в другие дни с предоставлением технологического «окна»;
- состав бригады должен обуславливаться технологией работы (соответствовать группе рационального состава) и в любом случае работы выполняются не менее чем двумя человеками;
- необходимо строгое соблюдение технологической последовательности выполнения работ;
- требуется обеспечивать равномерный выход монтеров пути по дням (отклонения не должны превышать 1–2 чел.) за исключением дня основного «окна».

График работ по дням цикла составляется на основании укрупненной ведомости затрат труда (табл. 2.16).

Таблица 2.16

Укрупненная ведомость трудозатрат

Наименование работ	Трудозатраты, чел.-дн.	Условные обозначения
1	2	3
Подготовительные работы:		
– разборка проездного настила. Демонтаж стеллажей для хранения покилометрового запаса;	0,36	
– опробование и смазка стыковых болтов. Регулировка стыковых зазоров гидравлическими приборами	4,85	
–		
Основные работы в «окно»		
Основные работы после «окна»		
Отделочные работы:		
–		
–		

Графы в табл. 2.16 заполняются в следующей последовательности:

– графа 1 — вписываются наименования работ, объединенные условным знаком, из ведомости затрат труда по техническим нормам (см. табл. 2.11) (работы в «окно» и после «окна» расшифровывать не следует);

– графа 2 — затраты труда переводятся из чел.-мин в чел.-дн. (при 8 ч рабочей смене затраты труда в чел.-мин делятся на 480 мин, при 12 ч смене — на 720 мин), а работа путевых машин записывается в минутах;

– графа 3 — вычерчиваются условные обозначения работ (на основании обозначений типовых технологических процессов).

Проектирование производства подготовительных и отделочных работ с распределением их выполнения по дням начинается с установления периодичности производства основных работ (задается заданием) и количества участков пути, одновременно находящихся в работе.

Количество участков, одновременно находящихся в работе, определяется зависимостью

$$n_{\text{уч}} = \frac{N_p}{t_{\text{пер}}}, \quad (2.103)$$

где N_p — количество дней нахождения каждого участка пути в работе (обычно 6–7 дней при укладке звеньев пути и 10–12 дней при укладке бесстыкового пути с заменой инвентарных рельсов на рельсовые плети); $t_{\text{пер}}$ — период предоставления «окон».

Полученное значение округляется в большую сторону до целого числа.

Необходимо всегда стремиться занимать как можно меньше участков, так как большой фронт работ затрудняет руководство работами и движение поездов, а также замедляет сдачу объекта в эксплуатацию. Однако чрезмерно сжатый фронт работ снижает их качество и производительность, ибо приходится иногда выполнять на одном и том же участке несовместимые работы. Необходимо также избегать большой концентрации рабочих на одном участке, так как это ухудшает условия работы и может нарушить требования техники безопасности.

После установления количества участков $n_{\text{уч}}$ выполняется распределение подготовительных и отделочных работ по дням цикла. Для этого вычерчивается в произвольном масштабе схема распределения трудозатрат, на которой по вертикали откладываются дни цикла, а по горизонтали — количество участков, одновременно находящихся в работе. На эту схему наносятся в условных обозначениях выполняемые работы на основании данных укрупненной ведомости трудозатрат.

Подготовительные работы включают в себя достаточно обширный перечень разнообразных работ. Сосредоточить их производство на коротком участке, длина которого равна длине фронта проведения основных работ, только в один день, как правило, не представляется возможным, поэтому на выполнение подготовительных работ для данного участка отводится несколько дней. В то же время продолжительность подготовительных работ, производимых на одном участке, должна быть возможно наименьшей при условии правильной их организации и обеспечения высокого качества.

На рис. 2.12 приведена схема распределения трудозатрат до уравнивания («окно» предоставляется один раз в три дня, т.е. $t_{\text{пер}} = 3$).

3	 2,09 0,58 5,51 1,46 4,43 1,16	 7,71	 6,37 2,73	$Q_3 = 32,04$ чел.-дн.
2	 (120 мин) (109 мин) 0,34 (82 мин) 0,64	 4,2 60,38	 (95 мин) (80 мин)	$Q_2 = 65,56$ чел.-дн.
1	 15,03 7,91 37,39		 0,95 2,26	$Q_1 = 63,54$ чел.-дн.
Дни	Участок 1 $l_{\text{фр}} = 1575$ м	Участок 2 $l_{\text{фр}} = 1575$ м	Участок 3 $l_{\text{фр}} = 1575$ м	

Рис. 2.12. Схема распределения трудозатрат до уравнивания

После предварительного распределения трудозатрат определяется численный состав монтеров пути в «колонне» подготовительных, основных и отделочных работ $K_{\text{пмс}}$.

$$K_{\text{пмс}} = \frac{Q_{\text{под}} + K_{\text{сеч}} T_o + Q_{\text{п.о}} + Q_{\text{отд}}}{T_{\text{раб}} t_{\text{пер}}}, \quad (2.104)$$

где $Q_{\text{под}}$, $Q_{\text{п.о}}$, $Q_{\text{отд}}$ — затраты труда, необходимые для выполнения соответственно подготовительных работ, работ после «окна» и отделочных работ, чел.-мин.

Если усиленный капитальный ремонт выполняется с предоставлением технологических «окон» для осуществления глубокой очистки балласта, то $K_{\text{пмс}}$ определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{пмс}} = \frac{Q_{\text{под}} + K_{\text{сеч}} T_o + K_{\text{сеч}}^{т.о} T_{т.о} N_{т.о} + Q_{\text{отд}}}{T_{\text{раб}} t_{\text{пер}}}, \quad (2.105)$$

где $K_{\text{сеч}}^{т.о}$ — максимальное количество монтеров пути, занятых на работах в технологическое «окно»; $T_{т.о}$ — фактическая продолжительность технологического «окна», мин.

Для контроля правильности подсчетов определяется $K'_{\text{пмс}}$ путем деления суммарной трудоемкости всех работ, выраженной в человеко-днях, на число дней периодичности предоставления «окна».

При $t_{\text{пер}} = 2$

$$K'_{\text{пмс}} = \frac{Q_1 + Q_2}{2}. \quad (2.106)$$

При $t_{\text{пер}} = 3$

$$K'_{\text{пмс}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}. \quad (2.107)$$

При $t_{\text{пер}} = 4$

$$K'_{\text{пмс}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{4}. \quad (2.108)$$

Расхождение $K_{\text{пмс}}$ и $K'_{\text{пмс}}$ может составлять ± 1 чел. Если разница больше, то необходимо пересчитать перевод трудозатрат из чел.-мин в чел.-дн. (см. табл. 2.16).

Далее выполняется сравнение $K_{\text{пмс}}$ с $K_{\text{сеч}}$. При этом к $K_{\text{сеч}}$ добавляется число монтеров пути, необходимое для выполнения работ по разборке временного переездного настила, подготовке места для зарядки ВПО-3-3000 на участке проведения отделочных работ в день предоставления «окна» (обычно принимают 2, 4 или 6 монтеров пути).

При $K_{\text{пмс}} \geq K_{\text{сеч}}$ обеспечивается равномерность распределения трудозатрат по дням цикла (каждый день работает «колонна» по производству подготовительных, основных и отделочных работ).

Если $K_{\text{пмс}} < K_{\text{сеч}}$, то на период выполнения основных работ потребуется привлечение рабочих с производственной базы ПМС или дистанции пути.

Ввиду того, что выход монтеров пути на работу должен быть стабильным, нельзя допускать разницу в количестве ежедневно работающих более 2 чел. Для соблюдения этого условия производится регулировка выполнения первоначально намеченных работ: переносятся отдельные из них из плана дня, имеющего перегрузку по трудовым затратам, на день, менее загруженный. Однако следует помнить, что регулированию не подлежат основные работы, поэтому в день предоставления «окна» количество монтеров пути, занятых выполнением работ, может оказаться значительно большим, чем в другие дни.

При распределении работ по дням цикла необходимо иметь в виду, что некоторые работы должны быть выполнены в определенный день и в полном объеме (например, в период производства отделочных работ рихтовка кривых по расчету и регулировка зазоров выполняются на следующий день после «окна»). Такие работы нельзя переносить на другой день. Распределять объемы работ и, следовательно, количество монтеров пути в каждый день цикла следует за счет работ, которые не влияют на скорость движения поездов (очистка кюветов и нагорных канав, планировка обочин и т.д.).

На рис. 2.13 проиллюстрирован пример уравнивания трудозатрат.

График распределения работ по дням составляется в произвольном масштабе. По горизонтали откладываются участки, равные фронту работ в «окно» (обычно принимают 4–5 см на участок), по вер-

тикали — календарные дни (величину деления, принимаемую за один день, удобнее брать в масштабе 1 мм — 10 мин). Обеденные часы на графике не показываются.

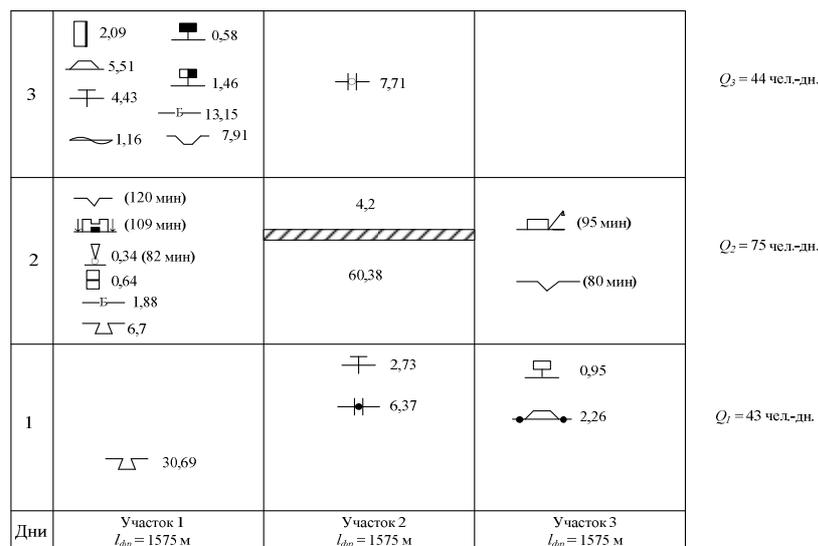


Рис. 2.13. Схема распределения трудозатрат после уравнивания

Очередность выполнения отдельных подготовительных и отделочных работ устанавливается с соблюдением следующих условий:

- фронт работ с ограничением скорости движения поездов должен быть минимальным;
- очередность выполнения работ должна способствовать быстрейшему восстановлению расчетной скорости на ремонтируемом участке;
- ход предшествующей работы не должен создавать дополнительных трудностей для выполнения последующих работ;
- проведение последующих работ не должно снижать качество предшествующих работ.

В ходе отделочных работ необходимо соблюдать следующую очередность выполнения отдельных работ:

- выправка кривых в плане по расчету;
- перешивка пути в местах отступлений;
- выправка пути в профиле с подбивкой шпал;
- добивка костылей или довинчивание гаек клеммных и закладных болтов;
- окончательная рихтовка пути с корректировкой стрел прогиба в кривых участках;
- отделка балластной призмы с планировкой междупутья;
- очистка кюветов;
- установка и окраска путевых знаков;
- ремонт переезда.

При определении количества монтеров пути, необходимых для выполнения каждой операции, следует учитывать, что эти работы ведутся в течение полного рабочего дня. В том случае, когда количество монтеров пути оказывается меньшим, чем требуется для производства рассматриваемой работы по сложившейся технологии (количество рабочих должно быть равным или кратным оптимальному составу группы), принимают минимально необходимое количество рабочих и по завершении этой работы переводят бригаду на выполнение ближайшей операции.

Количество переключений рабочих с одной работы на другую в течение смены должно быть минимальным (обычно не более трех), при этом следует обеспечить наибольшую возможную специализацию труда.

Взаимосвязанные работы должны быть организованы по поточному способу с одним темпом работ, включаемых в поток.

В соответствии с составом группы определяется продолжительность работы.

При построении графика производства работ по дням цикла необходимо учитывать следующее: переработка не должна превышать 10 % от трудоемкости работы, а недоработка — 5 %.

Распределив работы по дням и участкам и установив требуемое количество монтеров пути для производства каждой работы, следует выполнить контроль расчета. Для чего необходимо суммировать количество монтеров пути по каждому дню цикла (эти значения показаны по горизонтали с

учетом переходов рабочих на рис. 2.15) и сравнить с ежедневным выходом монтеров пути (условно — МП).

По спроектированным графикам производства работ выполняется описание организации работ и технологического процесса.

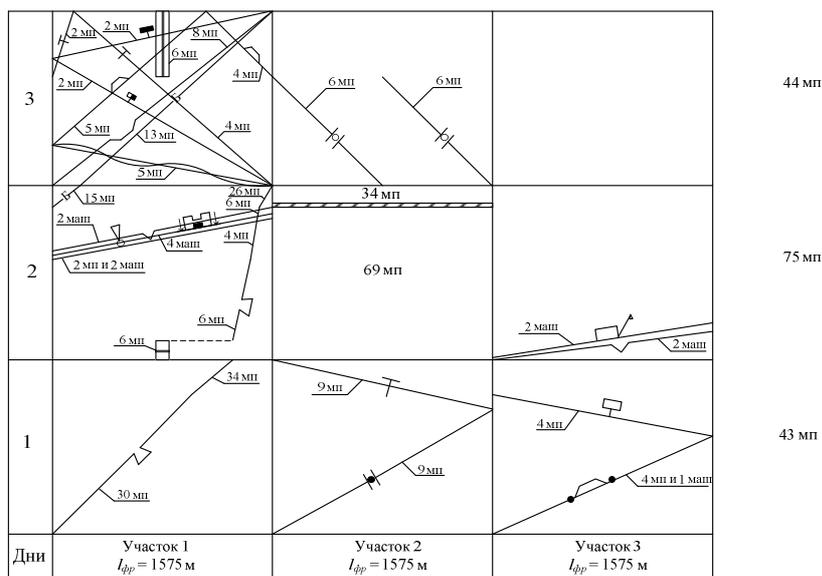


Рис. 2.15. График производства работ по дням цикла

2.4. Содержание технологического процесса

В текст, описывающий технологический процесс, входят следующие разделы:

- условия производства работ;
- объем работ, подлежащих выполнению на 1 км пути;
- производственный состав путевой машинной станции;
- организация и производство работ;
- перечень потребных машин, механизмов и путевого инструмента.

2.4.1. Условия производства работ

В этом разделе указываются:

- продолжительность «окна»;
- фронт работ в «окно»;
- порядок предоставления «окон»;
- порядок производства работ по лечению земляного полотна;
- организация работы звеносборочной базы;
- организация доставки щебня к месту работы;
- применение на работах машин и оборудования;
- прочие условия, характеризующие составленный технологический процесс.

2.4.2. Объем работ, подлежащих выполнению на 1 км пути

Дается усредненный объем работ:

- количество укладываемого в путь балласта;
- протяженность участков пути, на которых требуется выправка продольного профиля.

2.4.3. Производственный состав путевой машинной станции

При современной организационной структуре ПМС и полном оснащении путевыми машинами, предусмотренными табелем, в производственный состав ПМС входят:

- «колонна» по производству подготовительных, основных и отделочных работ (определялась ранее — $K_{пмс}$);
- механизированная колонна производственной базы (определяется расчетом);
- цех или бригада по лечению земляного полотна (определяется расчетом);
- цех по замене инвентарных рельсов сварными плетями (определяется расчетом);
- цех по обслуживанию машин и механизмов основного производства (принимается в зависимости от количества используемых машин и механизмов, с учетом работ на производственной базе);

– командный и обслуживающий персонал.

Численность бригады по лечению земляного полотна определяется по формуле

$$N_{з.п} = \frac{Q_{з.п}}{480t_{пер}}, \quad (2.109)$$

где $Q_{з.п}$ — затраты труда на лечение земляного полотна (принимаются в размере 10 % от суммы затрат труда на подготовительные, основные и отделочные работы, но не менее 20 чел.-дн. на 1 км), чел.-мин; $t_{пер}$ — периодичность предоставления «окон»; 480 — продолжительность рабочего дня, мин.

Численность цеха по замене инвентарных рельсов сварными плетями определяется по формуле

$$N_{инв} = \frac{Q_{инв}}{480t_{пер}}, \quad (2.110)$$

где $Q_{инв}$ — затраты труда на замену инвентарных рельсов сварными рельсовыми плетями (принимается 17 090 чел.-мин/км), чел.-мин.

Численность механизированной колонны производственной базы составляет:

$$N_{базы} = \frac{Q_{базы}}{480t_{пер}}, \quad (2.111)$$

где $Q_{базы}$ — затраты труда на сборку новых и разборку старых звеньев на производственной базе (табл. 2.17), чел.-мин.

Продолжительность рабочего дня в исключительных случаях можно принимать 720 мин.

Таблица 2.17

Затраты труда на сборку новых и разборку старых звеньев

Тип шпал		Затраты труда на 1 км, чел.-мин
разбираемого звена	собираемого звена	
Деревянные	Железобетонные	30 491
Железобетонные	Железобетонные	100 234
Деревянные	Железобетонные	46 637
Железобетонные	Деревянные	91 013

Средняя численность цеха обычно составляет 24–36 чел., поэтому количество дорожных мастеров и бригадиров пути определяется из расчета: один дорожный мастер на три бригады, один бригадир на одну бригаду численностью от 8 до 12 монтеров пути, в отдельных случаях бригада может состоять из 13–14 монтеров пути.

ПМС имеет несколько цехов, выполняющих в основном определенный вид работ. Несколько цехов, объединяясь, образуют колонны в составе 70–100 чел., возглавляемые прорабами.

Требуемое количество сигналистов и телефонистов устанавливаются в соответствии с графиком выполнения основных работ и графиком распределения работ по дням, руководствуясь Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ [4].

Для обслуживания бригад во время производства работ (например, подноска воды) назначают подсобных рабочих, количество которых зависит от местных условий.

2.4.4. Организация и производство работ

Описывается организация работ в целом в день «окна» и в дни между «окнами».

Описание производства подготовительных, основных и отделочных работ дается отдельно. В описании производства основных работ по каждой работе дается расстановка рабочих по операциям. В описании организации и производства подготовительных и отделочных работ указывается оптимальное число рабочих, требуемое для выполнения каждой работы. При производстве работы несколькими группами дается порядок расстановки групп и выполнения ими работы.

В описании производства работ, которые могут выполняться различными приборами или инструментами, следует указывать, какими приборами или инструментами выполняется работа.

При выполнении работы электроинструментами надлежит показать источники энергоснабжения (автономные электростанции, постоянная силовая линия или др.).

Описание производства основных работ начинается с изложения порядка формирования, следования на перегон, работы на перегоне и ухода на станцию всех рабочих поездов.

2.4.5. Перечень потребных машин, механизмов и путевого инструмента

В перечне для проектируемого процесса указывается число четырехосных платформ и хоппер-дозаторов, определенных расчетом. Число и типы остальных машин принимаются в соответствии с заданием.

В перечне обязательно указывается марка, присвоенная машине или станку, например укладочный кран УК-25/9-18.

Количество механизмов и путевого инструмента принимается в соответствии с запроектированными работами.

2.5. Технологический процесс капитального ремонта звеньевого пути

2.5.1. Характеристика пути

Участок дороги двухпутный, оборудованный автоблокировкой. В плане линия имеет 90 % прямых и 10 % кривых участков с радиусом 800 м.

Верхнее строение пути до капитального ремонта:

- рельсы типа Р50 длиной 25 м;
- накладки шестидырные;
- подкладки двухреборчатые;
- шпалы деревянные с эпюрой — 1840 шт. на 1 км пути;
- балласт асбестовый;
- противоугоны пружинные — 2880 шт. на 1 км пути.

Верхнее строение пути после капитального ремонта:

- рельсы типа Р65 длиной 25 м;
- скрепление костыльное;
- шпалы деревянные с эпюрой — 1840 шт. на 1 км пути в прямых и 2000 шт. на 1 км пути в кривых радиусом 1200 м и менее;
- балласт щебеночный, толщина слоя под шпалой 40 см, ширина плеча балластной призмы 45 см.

2.5.2. Условия производства работ

Объем основных работ, подлежащих выполнению на 1 км пути, принят следующий:

- смена рельсошпальной решетки — 1000 м;
- укладка в путь нового щебеночного балласта — 2420 м³.

На лечение и оздоровление земляного полотна в данном технологическом процессе предусмотрены затраты труда в размере 20 чел.-дн. общих затрат на 1 км капитального ремонта пути.

Сборка новых и разборка старых звеньев, постановка меток осей шпал на шейке рельсов производятся на звеносборочной базе.

Собранные на звеносборочной базе звенья доставляются на перегон путеукладочным поездом.

Для обеспечения нормальной работы балластировочной машины при подготовке участка предусматривается:

- регулировка всех стыковых зазоров на участке;
- закрепление шпал добивкой 50 % костылей, а также закрепление шпал забивкой дополнительных костылей на 15 % шпал.

Срезка обочины земляного полотна выполняется стругом СС-1М, с уборкой грунта от опор грейфером.

Рельсошпальная решетка разбирается краном УК-25/9-18. Балластный слой после разборки рельсошпальной решетки срезается землеройной техникой. Планировка балластного слоя производится планировщиком.

Частичная рихтовка пути в «окно», после «окна» и в период проведения отделочных работ выполняется гидравлическими приборами.

Выгрузка балласта производится из хоппер-дозаторов.

Выправка пути в «окно» со сплошной подбивкой шпал производится выправочно-подбивочно-отделочной машиной ВПО-3000.

Выправка пути в местах зарядки и разрядки машин ВПО-3000, в местах препятствий и отступлений по уровню, а также сплошная рихтовка производятся машиной ВПР-02.

Оправка балластной призмы в «окно» производится быстросходным планировщиком ПБ-01.

Выправка пути в плане и профиле по программе выполняется в период производства отделочных работ машиной «Дуоматик 09-32».

Перед открытием перегона путь приводится в состояние, обеспечивающее безопасный пропуск первых одного-двух поездов по участку производства работ со скоростью 25 км/ч, и последующих — со скоростью 60 км/ч.

К концу рабочего дня предупреждение отменяется и восстанавливается скорость движения поездов, установленная для данного участка, но не более 100 км/ч.

Скорость более 100 км/ч устанавливается после окончания стабилизации пути и проверки его состояния лично начальником дистанции.

2.5.3. Производственный состав ПМС

В состав ПМС входят две колонны и три цеха:

– «колонна» по производству подготовительных, основных и отделочных работ — 54 чел.;

– механизированная колонна звеносборочной базы — 39 чел.;

– цех по лечению и оздоровлению земляного полотна — 7 чел.;

– цех по обслуживанию машин и механизмов основного производства — 52 чел.

Итого — 152 чел.

В колонну по производству подготовительных, основных и отделочных работ входят 5 бригад.

Командный и обслуживающий персонал:

– начальники колонн — 2 чел., в том числе на звеносборочной базе 1 чел.;

– мастер по эксплуатации машин — 1 чел., в том числе на звеносборочной базе 1 чел.;

– дорожные мастера — 5 чел.;

– бригадиры пути — 15 чел.;

– сигналисты — 17 чел.;

– телефонисты — 2 чел.;

– подсобные рабочие — 4 чел., в том числе на звеносборочной базе 2 чел.

Итого — 46 чел.

Всего по ПМС — 198 чел.

2.5.4. Организация и производство работ

Работы по капитальному ремонту с постановкой пути на щебень, укладкой звеньев пути на деревянных шпалах делятся на четыре вида:

– подготовительные;

– основные;

– отделочные;

– сборка и разборка звеньев на базе.

2.5.4.1. Подготовительные работы

Подготовительные работы на участке протяженностью 1575 м выполняются в течение трех дней.

В первый день 4 монтера пути разбирают железобетонный переездный настил с укладкой временного и применением автокрана, выполняют демонтаж стеллажей для хранения покилометрового запаса, затем они же снимают путевые знаки.

На второй день под прикрытием основного «окна» производится срезка обочины земляного полотна стругом СС-1М (2 машиниста) с уборкой грунта от опор контактной сети грейфером (2 машиниста).

В третий день 9 монтеров пути регулируют стыковые зазоры гидравлическими приборами РН-01, опробывают и смазывают стыковые болты.

После регулировки эти же 9 чел. закрепляют шпалы добивкой 50 % костылей, а также забивкой дополнительных костылей на 15 % шпал.

На этом работы подготовительного периода заканчиваются.

2.5.4.2. Основные работы

Основные работы производятся на участке протяженностью 1575 м во время закрытия перегона на 5 ч 20 мин и заканчиваются в течение 2 ч 40 мин после обкатки пути поездами.

Во время закрытия перегона основные работы выполняют 34 машиниста, обслуживающие машины, и 69 монтеров пути колонны подготовительных, основных и отделочных работ.

После обеденного перерыва основные работы выполняют 13 монтеров пути.

Работы, выполняемые в «окно»

Работы в «окно» выполняются поточным способом в темпе ведущей машины УК-25/9-18.

Путевые машины, путеукладочный и путеразборочный поезда, груженные щебнем вертушки хоппер-дозаторов сосредотачивают на станции, ограничивающей ремонтируемый перегон по ходу работ.

На перегон путевые машины и рабочие поезда отправляют, руководствуясь действующей инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах. На участках, оборудованных автоблокировкой, в соответствии с этой же инструкцией разрешается по соглашению с дежурным поездным диспетчером отправлять путевые машины и рабочие поезда до места производства работ на перегон по сигналам автоблокировки вслед за последним графиковым поездом, не ожидая закрытия перегона.

Первым на перегон отправляют путеразборочный поезд, в состав которого входят: локомотив (в голове поезда), электробалластер ЭЛБ-3М, четырехосные платформы, оборудованные унифицированным съемным оборудованием (УСО), и путеукладочный кран УК-25/9-18; вторым — путеукладочный поезд, в голове которого находится путеукладочный кран УК-25/9-18, затем четырехосные платформы, оборудованные УСО и загруженные пакетами звеньев, и локомотив; третий рабочий поезд — хоппер-дозаторная вертушка, загруженная щебнем, с отдельным локомотивом; после нее выпускают выправочно-подбивочно-отделочную машину ВПО-3000 с тепловозом, следом — ВПР-02 и ПБ-01.

До прибытия путеразборочного поезда к месту работы 4 монтера пути разбирают временный переездный настил и 4 чел. снимают заземлители опор контактной сети. Место для зарядки машин ВПО-3000 подготавливают 8 чел.

По прибытии путеразборочного поезда к началу участка и ограждений места работ сигналами остановки отцепляют локомотив с электробалластером и приступают к вырыванию рельсошпальной решетки с одновременным обрушением балласта в шпальных ящиках.

Далее 6 монтеров пути и 1 машинист с применением ЭКГ разболчивают стыки. После разболчивания стыков на длину рабочей секции путеразборочного поезда вступает в работу кран УК-25/9-18. Обслуживают путеразборочный поезд 13 монтеров пути и 5 машинистов.

После снятия первых звеньев производится срезка балластного слоя землеройной техникой и планировка основной площадки. Вслед за ними укладывают звенья с железобетонными шпалами путеукладочным краном УК-25/9-18. Путеукладочный поезд обслуживают 6 машинистов и 17 монтеров пути.

Одновременно с укладкой звеньев устанавливают нормальные стыковые зазоры.

Постановку накладок, сболчивание стыков с применением ЭКГ и регулировку зазоров выполняют 16 монтеров пути и 1 механик; 13 чел. делают поправку шпал по меткам и рихтовку пути РГУ-1М с постановкой на ось, а 6 чел. и 1 механик заготавливают и укладывают рельсовые рубки.

Выгрузку балласта из хоппер-дозаторов осуществляют 4 машиниста и 4 монтера пути.

Выправляют путь со сплошной подбивкой шпал выправочно-подбивочно-отделочной машиной ВПО-3000, которую обслуживают 6 машинистов.

Выправка пути в местах зарядки и в местах разрядки машин ВПО-3000, в местах отступлений по уровню после прохода машин ВПО-3000 и препятствий для ее работы, а также сплошная рихтовка производится машиной ВПР-02, управляемой 3 машинистами.

Далее производится оправка балластной призмы планировщиком ПБ-01 (2 машиниста).

Следом 10 монтеров пути выполняют перестановку 50 % пружинных противоугонов по схеме.

2 работника СЦБ и 2 монтера пути производят оборудование изолирующего клееболтового стыка.

После окончания указанных работ и проверки состояния пути на всем участке перегон открывают для движения поездов с ограничением скорости по месту работ для первых одного-двух поездов 25 км/ч и для последующих 60 км/ч.

Работы, выполняемые после «окна»

После обкатки пути поездами 6 монтеров пути рихтуют путь гидравлическими приборами ГР-12Б, 3 человека занимаются подтягиванием ослабших стыков болтов и засыпкой шпальных ящиков балластом в местах препятствий для работы машин, а 4 монтера пути производят перестановку 50 % пружинных противоугонов.

После окончания рихтовки эту же работу выполняют еще 6 чел.

Укладкой временного переездного настила занимаются 4 монтера пути.

На этом выполнение основных работ заканчивается. После проверки состояния пути предупреждение отменяется и восстанавливается скорость движения поездов.

2.5.4.3. Отделочные работы

Отделочные работы на участке протяженностью 1575 м выполняет «колонна» по производству подготовительных, основных и отделочных работ в течение 4 дней.

В первый день 2 бригады по 6 чел. производят регулировку стыковых зазоров гидравлическими приборами РН-01А.

Во второй день сначала 30 монтеров пути, а затем 34 выполняют очистку закрытых водоотводных железобетонных лотков, их восстановление и очистку нагорных канав с уборкой загрязнителей после очистки.

В третий день под прикрытием «окна» производится разборка временного переездного настила 6 монтерами пути, которые далее до конца рабочего дня занимаются очисткой нагорных канав.

2 монтера пути и 2 машиниста выгружают балласт из хоппер-дозаторов.

Здесь же машина «Дуоматик 09-32», обслуживаемая 4 машинистами, производит выправку пути по программе.

Далее стругом СС-1М убирается балласт с обочины и выполняется очистка кюветов.

После окончания «окна» 15 монтеров пути планируют обочину у опор контактной сети, а 26 рабочих ремонтируют закрытые водоотводные лотки.

В четвертый день 13 монтеров пути продолжают работы по планировке обочины земляного полотна у опор контактной сети. Рихтовку пути РГУ-1 в прямых и кривых выполняют 5 чел.

Планировку кюветов производят 8 монтеров пути.

Отделку балластной призмы с планировкой междупутья и нумерацией рельсовых звеньев производят сначала 5 монтеров пути, а далее 9.

Устанавливают большие и малые путевые знаки 2 монтера пути, они же красят эти знаки.

Сначала 4 монтера пути, а затем 6 рабочих производят добивку костылей.

В конце рабочего дня 6 монтеров пути занимаются монтажом стеллажей для хранения километрового запаса и ремонтом переезда с укладкой настила из железобетонных плит.

2.5.4.4. Перечень потребных машин, механизмов и путевого инструмента

Машины и механизмы:

- электробалластер ЭЛБ-3М — 1 шт.;
- путеукладочные краны УК-25/9-18 — 2 шт.;
- моторные платформы МДП — 5 шт.;
- железнодорожные четырехосные платформы, оборудованные унифицированным съемным оборудованием, — 32 шт.;
- выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПО-3-3000 — 1 шт.;
- хоппер-дозаторы — 56 шт.;
- бульдозеры — 2 шт.;
- автогрейдеры — 2 шт.;
- выправочно-подбивочно-рихтовочная машина ВПР-02 — 1 шт.;
- выправочно-подбивочно-рихтовочная машина «Дуоматик 09-32» — 1 шт.;
- планировщик балласта ПБ-01 — 1 шт.;
- автокран — 1 шт.;
- струг СС-1М — 2 шт.;
- грейфер — 1 шт.;
- электростанции передвижные — 2 шт.;
- электрогаечные ключи — 8 шт.;
- рельсорезные станки — 1 шт.;
- рельсосверлильные станки — 2 шт.;
- разгонные приборы гидравлические РН-01А — 4 шт.;
- рихтовочные приборы ГР-12Б — 5 шт.;
- моторный гидравлический рихтовщик РГУ-1М — 1 шт.;
- домкраты гидравлические — 8 шт.

Путевые инструменты:

- ломы лапчатые — 12 шт.;
- ломы остроконечные — 18 шт.;
- путевые гаечные ключи — 8 шт.;
- вилы железные — 9 шт.;

- лопаты железные — 44 шт.;
- молотки костыльные — 10 шт.;
- когти для щебня — 4 шт.;
- клещи рельсовые — 4 шт.;
- клещи шпальные — 6 шт.;
- шаблоны путевые рабочие — 4 шт.;
- шаблоны универсальные — 4 шт.;
- шаблоны для междупутья — 3 шт.;
- угольники путевые — 2 шт.;
- скобы для перегонки шпал — 8 шт.;
- вкладыши рельсовые (комплект) — 4 шт.;
- визирки или оптические приборы (комплект) — 1 шт.;
- зубила кузнечные — 2 шт.;
- тележки однорельсовые — 3 шт.;
- термометры — 2 шт.;
- бачки для воды — 6 шт.;
- рулетки мерные стальные — 4 шт.;
- мегафоны — 4 шт.;
- аппаратура радиосвязи и оповещения (комплект) — 2 шт.;
- полевой телефон — 1 шт.

2.6. Рациональная продолжительность «окна» для выполнения ремонтов пути

Продолжительность «окна» для производства капитального ремонта пути существенно сказывается на эффективности работы и производительности ПМС. Если «окно» сравнительно невелико, то значительная часть его времени уходит на развертывание и завершение работ.

При расчете оптимальной продолжительности «окна» должны обеспечиваться максимальная выработка в «окно» с учетом гарантированного выполнения годового объема работ, снижение расходов на производство работ и затрат, связанных с задержками поездов за весь период ремонта.

Необходимая продолжительность «окна» $T_{o(n)}$ сравнивается с возможной продолжительностью «окна» $T_{o(b)}$ по условиям обеспечения пропуска графических поездов.

Для однопутных участков

$$T_{o(b)} = 1440 - N_{\phi} T_{\text{пер}}, \quad (2.112)$$

где 1440 — количество минут в сутках; N_{ϕ} — число пар поездов, проходящих по участку в сутки; $T_{\text{пер}}$ — период для пропуска графических поездов по однопутному участку, мин.

Для двухпутного участка при условии одностороннего пропуска графических поездов по незакрытому пути

$$T_{o(b)} = 1440 - t' - (N - 1)I, \quad (2.113)$$

где t' — время хода поезда от станции до станции на участке ремонта, мин; N — количество проходящих в сутки поездов по ремонтируемому участку; I — минимальный интервал между поездами, мин.

Для двустороннего движения по незакрытому пути

$$T_{o(b)} = \frac{(2880 - N'I' - N''I'')I_{\text{пер}}}{2T_{\text{пер}}I'I''}, \quad (2.114)$$

где N' , N'' — соответственно количество проходящих за сутки поездов по первому и второму путям; I' , I'' — соответственно минимальный интервал между поездами по первому и второму путям.

Здесь могут быть следующие варианты:

$$T_{o(n)} < T_{o(b)}; \quad T_{o(n)} = T_{o(b)}; \quad T_{o(n)} > T_{o(b)}. \quad (2.115)$$

В первом случае создаются наилучшие условия для выполнения заданного объема работ в «окно», так как в графике движения поездов имеется некоторый резерв времени на всевозможные непредвиденные обстоятельства. Во втором случае в связи с отсутствием резерва времени в графике движения поездов малейшие сбои в темпе работ приводят к дополнительным задержкам поездов. В третьем случае необходимо разработать организационно-технические мероприятия, позволяю-

щие обеспечить условие $T_{o(n)} < T_{o(b)}$, или, приняв $T_{o(n)} = T_{o(b)}$, пересчитать фронт работ в «окно» и весь годовой объем работ перераспределить между несколькими ПМС.

Перерыв движения поездов на грузонапряженных линиях вызывает значительные простои. Суммарные простои поездов за все время, пока не будет закончен капитальный ремонт, например между участковыми станциями при «окнах», близких по длительности к времени, затраченному на развертывание работ, оказываются очень большими, и такое решение экономически также невыгодно. При малых «окнах» весьма велики затраты на путевые работы, отнесенные к 1 км отремонтированного пути, с чем всегда необходимо считаться.

Очевидно, существует оптимальная продолжительность «окна» T_{opt} , при которой суммарные расходы дороги, связанные с выполнением работ по ремонту пути, будут наименьшими.

В то же время величина T_{opt} при определенном количестве предоставляемых «окон» должна быть достаточной в плане обеспечения выполнения годового объема работ на данном участке. Соответствующая проверка производится после установления величины T_{opt} .

Затраты и потери дороги P , вызванные предоставлением «окна», определяются выражением

$$P = \Pi + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3, \quad (2.116)$$

где Π — затраты путейцев (без стоимости материалов верхнего строения пути) на выполнение объема работ на фронте $l_{фр}$ в «окно»; \mathcal{E}_1 — потери, вызываемые простоем поездов в связи с закрытием перегона; \mathcal{E}_2 — простои и задержки, возникающие из-за наличия ограничения скорости движения поездов после «окна» (обычно не менее чем в течение суток); \mathcal{E}_3 — другие виды эксплуатационных расходов, в том числе связанные с необходимостью иметь добавочный парк локомотивов и вагонов.

Путейские затраты могут быть подсчитаны по формуле

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3, \quad (2.117)$$

где Π_1 — стоимость эксплуатации машин и механизмов (включая локомотивы, их обслуживающие); Π_2 — заработная плата рабочих, не учтенная в стоимости машиноосмен; Π_3 — строительство и содержание баз, временных блок-постов, съездов, аренда подвижного состава и др.

В общем случае

$$\Pi = \Pi_0 + \kappa T_0, \quad (2.118)$$

где Π_0 — затраты, связанные с развертыванием работ; κ — расходы рабочей силы путейцев, зависящие от длительности «окна».

При уменьшении «окна» расходы путейцев, отнесенные к одному километру, быстро возрастают.

Величина \mathcal{E}_1 зависит от грузонапряженности, способа поездных сношений и имеющихся размеров пропускной способности.

В общем случае

$$\mathcal{E}_1 = AT_0^2 + Bt_0, \quad (2.119)$$

где A и B — коэффициенты, отражающие параметры данной линии.

Как видно, величина \mathcal{E}_1 находится в квадратной зависимости от размеров «окна» T_0 . Особенно быстро потери возрастают при «окнах» большой продолжительности.

Величина \mathcal{E}_2 зависит от скоростей движения поездов после открытия перегона. Обычно с открытия перегона до конца рабочего дня имело место ограничение скорости до 25 км/ч. На ночь и до конца следующих суток устанавливалась скорость 40 или 60 км/ч.

В общем

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_2^0 + \kappa_2 \frac{l_{фр} + l_{п}}{v_r - v_y}, \quad (2.120)$$

где \mathcal{E}_2^0 — расходы, связанные с торможением поезда на одном участке и ускорением на другом участке; v_r — скорость поездов по графику; v_y — скорость на участке работ; κ_2 — стоимость одного поездочаса простоя (задержки).

Другие виды эксплуатационных затрат включают расходы, связанные с необходимостью иметь в парке добавочные локомотивы, вагоны и специальные устройства, потери на участковых станциях оборота и т.д.

В первом приближении их можно принять в линейной зависимости от размеров «окна»:

$$\mathcal{E}_3 = \kappa_3 T_o. \quad (2.121)$$

Суммарная величина потерь (расходов) $\sum P$, вызываемых работами по капитальному ремонту на участке, например, между участковыми станциями, будет следующей:

$$\sum P = nP, \quad (2.123)$$

где n — число «окон», которое равно:

$$n = \frac{L}{l_{\text{фр}}}.$$

Отсюда

$$\sum P = \frac{L}{l_{\text{фр}}} (\Pi + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3). \quad (2.124)$$

Имея технологическую схему основных работ, эту величину можно выразить через размеры «окна»:

$$T_o = t_p + ml_{\text{фр}}, \quad (2.125)$$

откуда

$$l_{\text{фр}} = \frac{T_o - t_p}{m}, \quad (2.126)$$

где t_p — время разворачивания работ; m — коэффициент, определяющий темп работ, равный $\text{tg}\alpha$.

Подставляя в формулу (2.124) значения $l_{\text{фр}}$, Π , \mathcal{E}_1 , \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}_3 , получим в развернутом виде зависимость для установления величины переменной части затрат дороги

$$\sum P = \frac{Lm}{t_o - t_p} \times \left[\Pi_o + \kappa t_o + At_o^2 + Bt_o + \mathcal{E}_2^o + \kappa_2 \frac{t_o - t_p}{m(v_r - v_y)} + \kappa_3 t_o \right]. \quad (2.127)$$

Зависимость, выраженная формулой (2.127), графически представляет собой кривую, изображенную на рис. 2.16.

Таким образом, кривая, показывающая изменения переменной части затрат дороги в связи с ремонтами пути, имеет минимум. Величина «окна», при которой суммарные затраты $\sum P$ оказываются наименьшими, и будет представлять собой $T_{\text{опт}}$.

Исследование выражения (2.127) на экстремум (см. рис. 2.16) показывает, что величина оптимального «окна» по времени всегда больше двух периодов разворачивания работ, т.е. $T_{\text{опт}} > 2t_p$.

При технико-экономическом сравнении вариантов строятся кривые $\sum P = f(t_o)$ для нескольких случаев. При этом минимум затрат графически показывает размеры оптимального «окна».

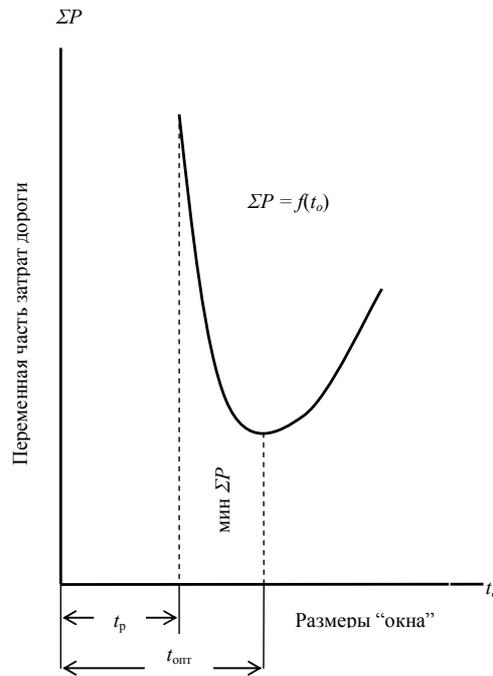


Рис. 2.16. Кривая изменения переменной части затрат дороги $\Sigma P = f(t_o)$

3. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА ПУТИ

3.1. Методы оценки надежности технологических систем

Обычно технологические системы (ТС) являются многофазными, т.е. их работа организована так, что продукт последовательно обрабатывается в первом, втором и т.д. технологических устройствах (агрегатах).

Вся система считается работоспособной, если выходное устройство выдает продукцию. В многофазных системах при отказе любого из агрегатов и отсутствии резервных все работоспособные агрегаты немедленно останавливаются и простаивают до окончания ремонта неработоспособного агрегата.

Надежность таких систем является низкой. При различных производительностях последовательно работающих агрегатов производительность всей ТС равна производительности наиболее медленно работающего агрегата. Поэтому обычно стараются применять агрегаты с приблизительно равной производительностью.

В технологических процессах ремонта пути медленно работающие щебнеочистительные машины выводят из технологической цепочки и организуют их работу в отдельные «окна».

3.2. Оценка надежности объектов, восстанавливаемых в процессе эксплуатации

Показатели надежности объектов, восстанавливаемых в процессе эксплуатации, вычисляются лишь в календарном времени. Эти объекты можно разделить на две группы.

К первой группе относятся объекты, для которых в течение заданного времени функционирования допускаются отказы и вызванные ими кратковременные перерывы в работе. Для объектов этой группы большое значение имеет свойство готовности — способности находиться в процессе эксплуатации значительную долю времени в работоспособном и готовом к применению состоянии.

Ко второй группе относятся объекты, отказы которых в течение заданного времени недопустимы. Если в этих объектах (системах) имеются избыточные элементы, то при отказах некоторых из них объект остается работоспособным и можно проводить ремонт отказавших элементов во время выполнения задачи.

Один и тот же объект может быть отнесен к разным группам в зависимости от режима его применения.

Рассмотрим процесс эксплуатации объектов первой группы.

На рис. 3.1 обозначено: $t^{(1)}, \dots, t^{(n)}$ — значения времени работы между отказами; $t_a^{(1)}, \dots, t_a^{(n)}$ — значения времени восстановления; $t_0^{(i)}$ — значение времени между $(i-1)$ -м и i -м восстановлениями; t_1, \dots, t_n — моменты времени появления отказов (обозначены крестиками); t'_1, \dots, t'_n — моменты времени окончания восстановления (обозначены кружками).

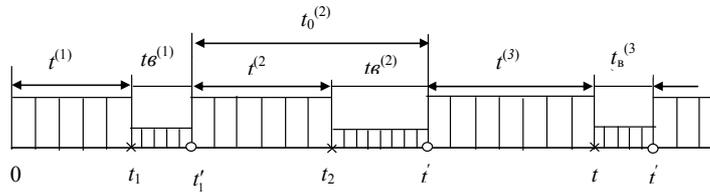


Рис. 3.1. Реализация случайного процесса эксплуатации, восстанавливаемого в ходе применения объекта первой группы

После отказа объект некоторое время находится в неработоспособном состоянии, т.е. восстанавливается. В результате ремонта объект приводят в работоспособное состояние. Периоды выключения объекта, когда он не отказывает и не восстанавливается, исключаются из рассмотрения.

Таким образом, для первой группы объектов в процессе эксплуатации чередуются случайные периоды времени безотказной работы $T^{(i)}$ и времени восстановления (ремонта) $T_a^{(i)}$. Обычно полагают, что случайные величины $T^{(i)}$ имеют одинаковые распределения (аналогично $T_a^{(i)}$). Случайное время работы между очередными восстановлениями (обозначены кружками) равно:

$$T_0^i = T^{(i)} + T_a^{(i)}. \quad (3.1)$$

Если случайные величины T и T_a независимы, то плотность распределения их суммы T_0 по известному из теории вероятностей правилу о композиции распределений равна:

$$f_0(t) = \int_0^t f(x)g(t-x)dx, \quad (3.2)$$

где $f_0(t)$ — плотность распределения времени безотказной работы; $g(t)$ — плотность распределения времени восстановления объекта.

По аналогии с объектами, восстанавливаемыми вне процесса применения, можно рассматривать поток восстановлений с параметром

$$\omega_0(t) = f_0(t) + \int_0^t \omega_0(\tau)f_0(t-\tau)d\tau, \quad (3.3)$$

где $f_0(t)$ — плотность распределения времени между очередными восстановлениями.

Параметр потока восстановлений $\omega_0(t)$ и плотность $f_{0n}(t)$ распределения времени до появления n -го восстановления (это время равно сумме $T_0^{(i)}$) связаны соотношением

$$\omega_0(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_{0n}(t). \quad (3.4)$$

Надежность объектов первой группы может быть оценена при помощи мгновенных и числовых показателей. Одним из мгновенных показателей является параметр потока восстановлений $\omega_0(t)$. Однако обычно применяют вероятность $\Gamma(t_1)$ заставить объект работоспособным (готовым к применению) в момент времени t_1 либо вероятность $\Pi(t_1) = 1 - \Gamma(t_1)$ того, что объект в момент времени t_1 будет неработоспособным (будет находиться в состоянии вынужденного простоя). Зависимость $\Gamma(t)$ называется функцией готовности.

Как $\Gamma(t_1)$, так и $\Pi(t_1)$ определяется в предположении, что при $t = 0$ объект работоспособен, т.е. $\Gamma(0) = 1, \Pi(0) = 0$.

Объект может находиться в момент времени t в работоспособном состоянии при осуществлении одного из двух несовместных событий:

- 1) объект в течение времени $(0, t)$ не отказал;
- 2) объект отказывал и восстанавливался и после последнего восстановления больше не отказывал.

Функция готовности $\Gamma(t)$ равна сумме вероятностей появления указанных событий. Вероятность появления первого события равна вероятности безотказной работы $p(t)$ объекта в течение времени $(0, t)$.

Для определения вероятности появления второго события рассмотрим малый интервал $(\tau, \tau + d\tau)$, предшествующий t . Вероятность того, что на этом интервале закончится последнее, n -е восстановление и объект больше не откажет за оставшееся время $(t - \tau)$, равна:

$$f_{0n}(\tau)d\tau p(t - \tau). \quad (3.5)$$

Суммируя по всем восстановлениям $n = 1, 2, \dots$, получаем

$$\sum_{n=1}^{\infty} f_{0n}(\tau)d\tau p(t - \tau) = \omega_0(\tau)d\tau p(t - \tau), \quad (3.6)$$

где $\omega_0(\tau)$ — параметр потока восстановлений.

Интегрируя по τ от 0 до t , находим

$$\int_0^t p(t - \tau)\omega_0(\tau)d\tau. \quad (3.7)$$

Таким образом, функция готовности

$$\Gamma(t) = p(t) + \int_0^t p(t - \tau)\omega_0(\tau)d\tau. \quad (3.8)$$

Применим к (3.8) узловую теорему восстановления (теорему Смита), согласно которой

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t Q(t - x)d\Omega(x) = \frac{1}{m_{t_0}} \int_0^{\infty} Q(x)dx, \quad (3.9)$$

где $\Omega(x)$ — математическое ожидание числа отказов на интервале $(0, x)$; m_{t_0} — математическое ожидание времени между очередными событиями потока; $Q(x)$ — невозрастающая интегрируемая на интервале $(0, \infty)$ функция.

Математическое ожидание случайной величины $T_0 = T + T_B$ равно $m_t + m_{t_B}$ и

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p(t) = 0; \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \omega_0(t) = -\frac{1}{(m_t + m_{t_B})}.$$

С учетом этого получим

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Gamma(t) = \frac{1}{m_t + m_{t_B}} \int_0^{\infty} p(t)dt = \frac{m_t}{m_t + m_{t_B}} = k_r. \quad (3.10)$$

Таким образом, вероятность $\Gamma(t)$ при $t \rightarrow \infty$ стремится к установившемуся значению k_r , не зависящему от законов распределения случайных величин T и T_B . Величина k_r часто отождествляется с коэффициентом готовности, который в ГОСТ 27.002–93 определяется как вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

Согласно (3.10) коэффициент готовности можно понимать также как долю времени, в течение которого объект работоспособен, от общего времени эксплуатации объекта.

Учитывая общие свойства процесса восстановления, можно отметить особенность процесса приближения $\Gamma(t)$ к установившемуся значению k_r : при фиксированных значениях m_t и m_{t_B} стационарный режим наступает тем медленнее, чем меньше дисперсия случайной величины $T_0 = T + T_B$.

Часто используют среднее за срок службы t_{cl} значение коэффициента готовности:

$$\bar{k}_r = \frac{1}{t_{\text{сл}}} \int_0^{t_{\text{сл}}} \Gamma(t) dt. \quad (3.11)$$

При этом

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \bar{k}_r = k_r. \quad (3.12)$$

Произведя расчеты, аналогичные приведенным выше и позволившие сделать вывод (3.8), можно получить выражение для определения вероятности $\Gamma(t, t + \tau)$ того, что объект не только окажется работоспособным в момент времени t , но и профункционирует безотказно на заданном интервале $(t, t + \tau)$ (иногда эту вероятность называют готовностью на промежутке $(t, t + \tau)$ или оперативной готовностью):

$$\Gamma(t, t + \tau) = p(t + \tau) + \int_0^t p(t + \tau - x) \omega_0(x) dx. \quad (3.13)$$

Функцию готовности $\Gamma(t)$ можно рассматривать как частный случай функции $\Gamma(t, t + \tau)$ при $\tau = 0$. При $\tau \rightarrow \infty$ функция $\Gamma(t, t + \tau)$ превращается в условную вероятность безотказной работы объекта, найденную в предположении, что в момент времени t объект работоспособен.

Установившееся значение будет:

$$\begin{aligned} \Gamma_{\text{уст}}(\tau) &= \lim_{t \rightarrow \infty} \Gamma(t, t + \tau) = \\ &= \frac{1}{m_t + m_{\text{в}}} \int_0^{\infty} p(x) dx = k_r = \frac{1}{m_t} \int_0^{\infty} p(x) dx. \end{aligned} \quad (3.14)$$

При произвольных законах распределения времени между отказами и времени восстановления для решения уравнений (3.13) и (3.14) могут быть использованы численные методы, иногда оказывается удобным операционный метод.

Наибольшее практическое применение находит вариант, когда время между отказами и время восстановления имеют показательные распределения:

$$\left. \begin{aligned} F(t) &= 1 - e^{-\lambda t}; & f(t) &= F'(t) = \lambda e^{-\lambda t} \\ G(t) &= 1 - e^{-\mu t}; & g(t) &= G'(t) = \mu e^{-\mu t} \end{aligned} \right\}, \quad (3.15)$$

где μ — интенсивность восстановления.

Решив уравнения (3.8) – (3.14), получим:

$$\Gamma(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t]; \quad (3.16)$$

$$k_r = \lim_{t \rightarrow \infty} \Gamma(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{m_t}{m_t + m_{\text{в}}}; \quad (3.17)$$

$$\Gamma(t, t + \tau) = \left\{ \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t] \right\} \exp(-\lambda\tau); \quad (3.18)$$

$$\Gamma_{\text{уст}}(\tau) = k_r \exp(-\lambda\tau) = k_{\text{о.г}}(\tau), \quad (3.19)$$

где $k_{\text{о.г}}(t)$ — коэффициент оперативной готовности — вероятность того, что объект профункционирует безотказно в течение заданного времени работы τ (начиная с произвольного, достаточно удаленного от начала эксплуатации времени t).

Формулы (3.16) – (3.19) в основном и используются при практических расчетах. Чтобы полнее и нагляднее раскрыть смысл коэффициента готовности, обращаемся к выражению (3.16), применяя приемы теории массового обслуживания.

При допущениях отказов (3.15) процесс изменения состояний объекта будет Марковским процессом с непрерывным временем действия и конечным множеством состояний: 0 — объект работоспособен; 1 — объект неработоспособен, проводится его восстановление.

Найдем сначала вероятность того, что объект окажется работоспособным в момент времени $t + \Delta t$. Вероятность нахождения объекта в определенных состояниях в момент t обозначим $P(t)$ в отличие от $p(t)$ — вероятности безотказной работы в течение времени от 0 до t . Объект будет работоспособен в момент времени $t + \Delta t$ при следующих возможных несовместных событиях: 1) работоспособный к моменту времени t объект останется работоспособным в течение интервала времени $(t, t + \Delta t)$; 2) неработоспособный к моменту времени t объект будет восстановлен в течение интервала времени $(t, t + \Delta t)$.

Все остальные возможности имеют вероятность более высокого порядка малости, чем Δt .

Вероятность того, что к моменту времени $(t + \Delta t)$ объект окажется работоспособным, будет:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t)(1 - \lambda \Delta t) + [1 - P_0(t)]\mu \Delta t + O(\Delta t). \quad (3.20)$$

Отсюда

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = -(\lambda + \mu)P_0(t) + \mu + O(\Delta t). \quad (3.21)$$

При $\Delta t \rightarrow 0$ имеем:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda + \mu)P_0(t) + \mu. \quad (3.22)$$

Решив (3.22) для $P_0(t) = \Gamma(t)$ при $\Gamma(0) = P_0(0) = 1$, получим (3.16).

Если обозначить

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{m_{t_a}}{m_t}, \quad (3.23)$$

то формулу (3.17) можно записать в виде:

$$k_r = \frac{1}{1 + \rho}; \quad k_n = 1 - k_r = \frac{\rho}{1 + \rho}. \quad (3.24)$$

Когда $m_t \gg m_{t_a}$, что обычно и бывает на практике, $k_n \approx \rho$.

При увеличении ρ готовность объекта снижается, но стационарный режим устанавливается быстрее. Если формулу (3.16) переписать в виде:

$$\Gamma(t) = \frac{1}{1 + \rho} \{1 + \rho \exp[-\mu(1 + \rho)t]\}, \quad (3.25)$$

то наглядно видно, что продолжительность переходного процесса определяется также величиной μ : чем больше μ , тем быстрее наступает стационарное значение.

При $\rho \ll 1$ и значительных μ (системы с высоким уровнем безотказности и ремонтпригодности) продолжительность переходного процесса для $\Gamma(t)$ определяется в основном значением μ .

С учетом того, что $\lambda = \frac{1}{m_t}$; $\mu = \frac{1}{m_{t_a}}$ и значение k_r определяется по (3.17), формулу (3.16) можно привести к виду:

$$\Gamma(t) = k_r + (1 - k_r) \exp\left(-\frac{t}{k_r m_{t_a}}\right). \quad (3.26)$$

При $\lambda = \text{const}$, $\mu = \text{const}$ в начальный период эксплуатации объекта значения $\Gamma(t)$ приближенно равны значениям вероятности безотказной работы $p(t)$ в интервале $(0, t)$. В этом можно убедиться, если в формулах для определения $\Gamma(t)$ и $p(t)$ разложить экспоненты в ряды, в которых оставить лишь линейные члены.

Получим, что при малых t

$$\Gamma(t) \approx p(t) \approx 1 - t/m_t. \quad (3.27)$$

Чтобы избежать трудоемких вычислений значений $\Gamma(t)$ в нестационарный период, предложено считать, что до некоторого момента времени t_1 , при котором вероятность безотказной работы

$p(t_1) = k_r$, значения $\Gamma(t)$ совпадают с $p(t)$, а при $t > t_1$ равны k_r . При этом максимальная погрешность будет в точке t_1 . Эту погрешность найдем из условия: $\exp(-\frac{t_1}{m_t}) = \frac{m_t}{m_t + m_{t_b}}$, откуда $t_1 = -m_t \ln k_r$.

Подставив это значение t_1 в (3.26), получим после преобразований

$$\Gamma(t_1) = k_r + (1 - k_r)k_r^{1/(1-k_r)}. \quad (3.28)$$

При этом максимальная относительная погрешность вычислений составит:

$$\Delta\Gamma(t_1) = \frac{\Gamma(t_1) - k_r}{\Gamma(t_1)} \cdot 100\% = \frac{(1 - k_r)k_r^{1/(1-k_r)}}{k_r + (1 - k_r)k_r^{1/(1-k_r)}} \cdot 100\%. \quad (3.29)$$

Так как обычно значение $k_r > 0,9$ и близко к единице, то:

$$k_r \gg (1 - k_r)k_r^{1/(1-k_r)};$$

$$\Delta\Gamma(t_1) \approx (1 - k_r)k_r^{1/(1-k_r)} \cdot 100\%. \quad (3.30)$$

Для $k_r \geq 0,9$ погрешность невелика (менее 4%) и быстро уменьшается с ростом k_r .

Приведенные на рис. 3.2 зависимости имеют место при $\lambda = const$, $\mu = const$.

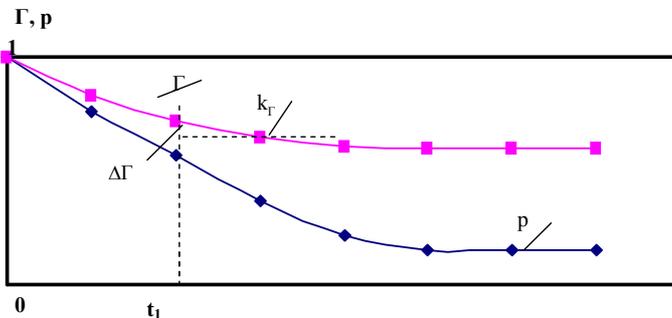


Рис. 3.2. Зависимости $\Gamma(t)$ и $p(t)$

При распределениях времени безотказной работы, отличающихся от показательного, часто существует провал функции готовности на начальном участке, когда $\Gamma(t)$ имеет вид, показанный на рис. 3.3. На этой кривой можно выделить три характерные точки: t_1, t_2, t_3 .

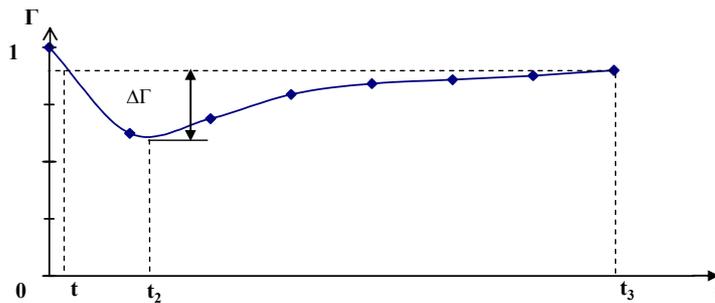


Рис. 3.3. Нестационарный участок функции готовности системы

На участке $(0, t_1)$ функция готовности незначительно отличается от вероятности безотказной работы объекта за время $(0, t_1)$. В тех случаях, когда удастся найти границу допустимого приближения, можно считать $\Gamma(t) \approx p(t)$.

В точке t_2 функция $\Gamma(t)$ достигает минимального значения. Величина провала $\Delta\Gamma = k_r - \Gamma(t_2)$ функции готовности зависит от законов распределения времени безотказной работы и времени восстановления. Задача определения $\Gamma(t_2)$ решена аналитически лишь для случая, когда закон распределения времени безотказной работы может быть описан суперпозицией показательных распределений (при этом учитывается наличие периода приработки) и время восстановления распределено по показательному закону. При этом установлено, что более крутому спаду начального

участка $\lambda(t)$ соответствует более глубокий провал функции $\Gamma(t)$. Кроме того, значение провала и его длительность увеличиваются при увеличении безотказности системы. Поэтому отрицательное влияние процесса приработки на функцию готовности наиболее сильно проявляется в высоконадежных системах.

При нормальном законе распределения времени безотказной работы провал функции готовности увеличивается при уменьшении среднего квадратического отклонения времени безотказной работы. Значение провала функции готовности может быть большим, и необходимо предусмотреть специальные мероприятия по его устранению при проектировании и изготовлении объектов. В частности, необходимо тщательно проводить технологические прогоны объектов, чтобы обеспечить стационарность интенсивности отказов в начальный период эксплуатации.

Наряду с коэффициентом готовности часто применяют коэффициент технического использования $k_{т.и}$ — отношение математического ожидания интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и состояниях простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и ремонтов за тот же период эксплуатации. Очевидно, что всегда $k_{т.и} \leq k_g$.

Надежность восстанавливаемых объектов второй группы (отказы недопустимы, возможно восстановление некоторых элементов во время выполнения задачи) чаще всего оценивают с помощью условной вероятности безотказной работы $\hat{p}(t_i, t_j)$ в течение заданного интервала времени (t_i, t_j) при условии, что в начальный момент времени все элементы работоспособны. Слово «условная» обычно опускают. Отличие $\hat{p}(t_i, t_j)$ от соответствующего показателя для невозстанавливаемого объекта состоит в том, что при вычислении $\hat{p}(t_i, t_j)$ учитывается восстановление отказавших элементов при работоспособном объекте (системе).

Обычно оценка $\hat{p}(t_i, t_j)$ для проектируемых объектов производится при допущении использования показательных распределений времени безотказной работы и времени восстановления элементов. Для объектов второй группы могут в качестве показателей надежности использоваться также параметр потока отказов, средняя наработка на отказ и другие характеристики.

Все рассмотренные в этой главе показатели надежности объектов можно разделить на три группы:

- 1) интервальные, относящиеся к заданному интервалу наработки или времени (t_1, t_2) ;
- 2) мгновенные, соответствующие заданному значению времени или наработки t ;
- 3) числовые, не связанные с расположением заданного интервала или момента времени (наработки).

Основные показатели надежности сведены в таблицу, в которую не включены показатели, связанные с условными распределениями наработки между отказами объектов, восстанавливаемых вне процесса применения. Эти показатели аналогичны показателям надежности невозстанавливаемых объектов.

Для полной характеристики надежности свойств целесообразно дополнительно оценивать моменты связи или коэффициенты корреляции наработки между отказами.

Рассмотрим примеры влияния принципов организации эксплуатационного обеспечения на конструкцию объектов.

Существуют следующие правила замены и ремонта отдельных блоков технических объектов:

- 1) по календарным срокам независимо от наработки объекта;
- 2) по выработке установленных заранее межремонтных ресурсов;
- 3) по техническому состоянию.

Основные показатели надежности

Тип показателя	Вид объектов			
	Невосстанавливаемые	Восстанавливаемые		
		вне процесса применения	в процессе применения	
			Первая группа	Вторая группа
Интегральные	$p(t)$ $p(t_i, t_j)$	$\tilde{p}(t, t + \Delta t)$ $\tilde{p}(t_i, t_j)$	—	$\hat{p}(t_i, t_j)$

Мгновенные	$f(t), \lambda(t)$	$\omega(t)$	$\Gamma(t)$	$\omega(t)$
Числовые	m_i, λ_{cp}, t_H	\tilde{m}_i, ω_{cp}	$\tilde{m}_i, m_{ib}, k_r, \bar{k}_r$	\tilde{m}_i, ω_{cp}

Замена или ремонт по календарным срокам, когда не учитывается использовался объект или нет, оправданы лишь при наличии в конструкции стареющих элементов.

При замене или ремонте по выработке ресурса незначительно усложняется конструкция объекта (могут устанавливаться измерители наработки). Организация технического обслуживания остается сравнительно простой, но возможности экономии сил и средств используются не полностью.

При замене по техническому состоянию периодически контролируется определяющий параметр блока, характеризующий его приближение к отказу или границе допуска.

Решение о замене, ремонте или более подробной проверке блока принимается по результатам контроля. При этом значительно сокращаются трудозатраты на обслуживание, расход дорогостоящих агрегатов и деталей и одновременно повышается надежность.

Сказанное выше о замене и ремонте агрегатов можно отнести к их разборке, проверке и другим работам по техническому обслуживанию.

Замена и ремонт агрегатов по техническому состоянию возможны лишь для объектов, которые специально конструируются с учетом такой особенности технического обслуживания. Необходимо заранее найти определяющие параметры агрегатов, предусмотреть применение встроенных датчиков для их измерения, места подсоединения передвижных средств контроля и пр. Кроме того, для полной гарантии безотказной работы объекта целесообразно предусмотреть возможные последствия отказов, с тем чтобы случайный отказ элемента, агрегата, системы по возможности не привел к чрезвычайному происшествию.

Еще один такой пример — зонный метод технического обслуживания, при котором обслуживание объектов производится по определенным зонам (отсекам), в каждой из них размещаются агрегаты одной-двух систем объекта, по возможности сходные по принципам действия. К соответствующим зонам обеспечивается свободный доступ.

Для применения метода необходимо предусмотреть определенную конструкцию объекта еще на ранних стадиях проектирования. Поэтому также необходимы соответствующие требования к объекту.

Таким образом, техническое задание на проектируемый объект должно предусматривать реализацию передовой системы эксплуатационного обеспечения. При формулировании соответствующих требований часто приходится преодолевать стихийное стремление применять для будущих конструкций существующие в настоящий момент, ставшие привычными методы технического обслуживания и ремонта.

3.3. Принципы выбора основных показателей надежности

Показатель надежности, включаемый в техническое задание на проектируемый объект, должен соответствовать режиму его использования и конструкции, должны учитываться последствия отказов. Кроме того, должна обеспечиваться возможность проверки этого показателя при испытаниях и эксплуатации объекта.

Показатели надежности в ряде случаев неравнозначны, что проявляется при сравнении объектов. Рассмотрим в качестве примера две модификации объекта, имеющие разные функции надежности (рис. 3.4). В течение реализации технического ресурса $(0, t_p)$ вероятность безотказной работы первой (кривая 1) модификации объекта $p_1(t_p)$ больше соответствующей вероятности $p_2(t_p)$ второй модификации объекта (кривая 2). Однако значение средней наработки m_1 [равное площади под кривой $p_1(t)$] первой модификации объекта меньше соответствующего значения m_2 второй модификации.

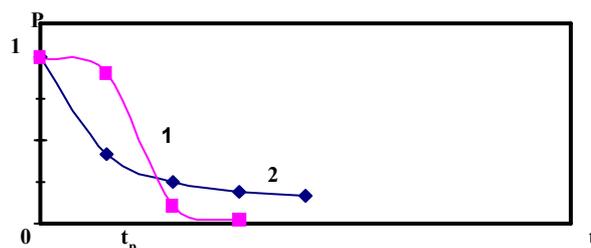


Рис. 3.4. Графики функции надежности

Если в качестве показателя надежности принять вероятность безотказной работы, то более надежным будет считаться первый объект; если в качестве показателя надежности принять среднюю наработку до отказа, то более надежным будет второй объект. Такие ситуации часто встречаются при решении вопроса о целесообразности применения резервирования.

При выборе нормируемых показателей надежности целесообразно вначале собрать сведения о системе, в которую входит рассматриваемый объект. Далее необходимо проанализировать назначение объекта. При этом все объекты можно разделить на три группы:

- 1) объекты, предназначенные для работы в системах, эффективность функционирования которых может быть оценена экономическими критериями;
- 2) объекты, функционирование которых связано с обеспечением безопасности;
- 3) объекты, для которых нельзя указать заранее технологические системы, в которых они будут использоваться.

Для объектов первой группы выбор возможных показателей надежности определен режимом применения объектов. Поэтому на первом этапе выбора показателей надежности необходимо конкретизировать режим применения объекта, отнести его к одному из четырех классов, перечисленных в таблице (невосстанавливаемые объекты; восстанавливаемые вне процесса применения объекты; восстанавливаемые в процессе применения объекты с допустимыми перерывами в работе и такие же объекты, но для которых перерывы в работе при отказах недопустимы).

На втором этапе для определенного класса объектов выбирается один из типов показателей надежности: интервальный, мгновенный, числовой. При этом учитываются экономические соображения: тип показателя экономической эффективности и вид зависимости этого показателя от режима применения объекта.

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА ПУТИ

Во втором разделе было рассмотрено определение фактической продолжительности «окна» для производства основных работ капитального ремонта пути.

Выбрав продолжительность закрытия перегона («окна») близкую к оптимальной, получаем возможность установить фронт основных работ, который будет приближен к своему оптимальному значению. Дальнейшие исследования в области отыскания лучшего варианта организации производства основных работ должны вестись в направлении выбора комплекта используемых машин и механизмов, а также в определенной степени в направлении выбора последовательности выполняемых операций.

Определение эффективности технологического процесса капитального ремонта пути производится на основании анализа технико-экономических показателей.

Главным показателем обычно является себестоимость работ, отнесенная к 1 км пути, с учетом затрат на временные мероприятия по увеличению пропускной способности и дополнительные эксплуатационные потери, вызванные производством работ. Однако этот показатель не может считаться достаточным. Так, например, вариант с более высоким уровнем механизации может оказаться более дорогим, но все же предпочтительным, поскольку, обеспечивая высокую производительность, снижает затраты труда, повышает качество работы, уменьшает расходы на текущее содержание и ремонт пути, облегчает труд работающих. К натуральным показателям относятся:

- качество работ;
- производительность труда;
- уровень механизации;
- энерговооруженность;
- механовооруженность;
- выработка по укладке путевой решетки за 1 ч «окна»;
- суммарная длительность «окна», рассчитанная на ремонт 1 км пути;
- длительность действия предупреждений об уменьшении скорости движения поездов за время нахождения 1 км пути в работе.

Оценка технологического процесса и проекта производства работ в целом осуществляется посредством системы показателей, к числу которых относятся следующие:

- трудоемкость производственного процесса A , чел.-дн./км;
- производительность труда P , м/чел.-дн.;
- численность работающих $K_{пр}$, чел.

Эти показатели определяются по формулам:

$$A = \frac{\sum Q_i}{T_{\text{см}} l_{\text{фр}}}, \quad (4.1)$$

где $\sum Q_i$ — трудоемкость работ на фронте протяженностью $l_{\text{фр}}$, чел.-мин; $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены (рабочего дня), мин;

$$П = \frac{1000}{A}; \quad (4.2)$$

$$K_{\text{пр}} = \frac{\varphi \sum Q_i}{T_{\text{см}} t_{\text{пер}}}, \quad (4.3)$$

где φ — коэффициент, учитывающий управленческий и обслуживающий персонал; $t_{\text{пер}}$ — период предоставления «окон», дн.

При наличии затрат ручного и механизированного труда уровень механизации производственного процесса обусловлен отношением:

$$У = \frac{(A_p - a_p) \cdot 100}{A_p}, \quad (4.4)$$

где A_p — затраты труда на весь производственный процесс, если бы его выполнение осуществлялось вручную, чел.-мин; a_p — затраты труда на работы, которые после внедрения механизации все же выполняются вручную, чел.-мин.

Таким образом ориентировочно определяется степень повышения уровня механизации работ. Более точно величина уровня механизации работ определяется по методике ВНИИЖТа:

$$У = \frac{(A_{\text{м.р.}} + a_{\text{о.р.}}) \cdot 100}{(A_{\text{в.}} - A_{\text{м.}} + A_{\text{м.р.}})}, \quad (4.5)$$

где $A_{\text{м.р.}}$ — затраты труда на работы группы $A_{\text{м}}$ при ручном их исполнении ($A_{\text{м.р.}} = kA_{\text{м}}$, здесь k — коэффициент перехода к затратам труда, произведенного вручную по соответствующей технологической нормировочной карте), чел.-мин; $a_{\text{о.р.}}$ — остаток труда, осуществленного вручную в механизированных работах [$a_{\text{о.р.}} = (1 - 0,01V_{\text{т-н}}) A_{\text{м.р.}}$, здесь $V_{\text{т-н}}$ — уровень механизации работы по технологической нормировочной карте, %], чел.-мин; $A_{\text{в.}}$ — затраты труда на производственный процесс по ведомости, чел.-мин; $A_{\text{м.}}$ — затраты труда по ведомости на работы, выполняемые машинами и механизмами, чел.-мин.

Механовооруженность M , р./чел., и энерговооруженность \mathcal{E} , кВт/чел., труда или доли основных фондов и мощностей силовых установок, приходящиеся на одного работающего, определяются отношениями:

$$M = \frac{\sum \mathcal{U}_i}{K_{\text{пр}}}, \quad (4.6)$$

где $\sum \mathcal{U}_i$ — стоимость основных фондов (машин и механизмов), р.

$$\mathcal{E} = \frac{\sum N_i}{K_{\text{пр}}}, \quad (4.7)$$

где $\sum N_i$ — суммарная мощность машин и механизмов, кВт.

Себестоимость работ, отнесенная на 1 км пути, определяется суммированием расходов:

$$C = C_{\text{з.п.}} + C_{\text{т.р.}} + C_{\text{эн.}} + C_{\text{т.}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{п.п.}}, \quad (4.8)$$

где $C_{\text{з.п.}}$ — заработная плата; $C_{\text{т.р.}}$ — расходы на техническое обслуживание и ремонт техники; $C_{\text{эн.}}$ — энергетические затраты (расходы на топливо, смазку и обтирочные материалы); $C_{\text{т.}}$ — транспортные расходы на перевозку работающих, техники и материалов; $C_{\text{ам.}}$ — амортизационные отчисления; $C_{\text{п.п.}}$ — потери дороги от простоя поездов и ограничения скорости их движения по месту проведения ремонтных работ.

Расходы на заработную плату вычисляются по формуле

$$C_{\text{з.п.}} = AP_3 k_p, \quad (4.9)$$

где A — трудоемкость производственного процесса, чел.-дн./км; P_3 — средняя заработная плата, р./чел.-дн.; k_p — коэффициент, учитывающий начисления на зарплату (социальный налог, фонд материального поощрения, работа в выходные и праздничные дни, разъездной характер и др.).

Расходы на техническое обслуживание, ремонт техники и амортизационные отчисления составляют:

$$C_{т.р} + C_{ам} = 0,01 \frac{\sum C_i (a_i + \delta_i) \Psi}{L_r}, \quad (4.10)$$

где $\sum C_i$ — суммарная стоимость машин и оборудования, р.; a_i — норма амортизационных отчислений; δ_i — доля расходов на техническое обслуживание и ремонты от стоимости машины или оборудования; Ψ — доля расходов на капитальный ремонт; L_r — планируемый на год объем работ, км/год.

Энергетические затраты

$$C_{эн} = \frac{k_3 \sum N_i T_o P_3}{l_{фр}}, \quad (4.11)$$

где $\sum N_i$ — суммарная мощность машин и оборудования, кВт·ч; k_3 — коэффициент, учитывающий расходы на смазку; P_3 — стоимость топлива, р./кг; $l_{фр}$ — фронт работ в «окно», км.

Транспортные расходы

$$C_{т} = \frac{n_l P_l [(2l_y + l_{фр})(V + T_o + t_s)]}{l_{фр}}, \quad (4.12)$$

где n_l — число арендуемых локомотивов; P_l — арендная плата за локомотив, р./ч; l_y — удаленность ремонтируемого участка от базы ПМС, км; V — скорость движения хозяйственных поездов, км/ч; t_s — время пребывания локомотивов на базе ПМС, ч.

Потери от простоя поездов во время «окна» $C_{п.п}$ и дополнительные эксплуатационные затраты в связи с ограничениями скорости движения поездов по месту производства работ $C_{пр.орг}$ составят:

$$C_{п.п} = \frac{b_{ч.п} \sum t_{пр}}{l_{фр}}, \quad (4.13)$$

где $b_{ч.п}$ — стоимость 1 ч простоя поездов, р.; $\sum t_{пр}$ — простои поездов во время «окон», предоставляемых для выполнения путевых работ, ч.

Простой поездов во время «окна» можно определить по формулам:

– для однопутных участков

$$t_{пр} = \frac{m_{п}}{1 - m_{п} T_{пер}} T_o^2 + \frac{m_{п} T_{пер} (1 - \frac{2\tau}{T_{пер}})}{1 - m_{п} T_{пер}} T_o; \quad (4.14)$$

– для двухпутных участков

а) с сохранением одностороннего движения по пути, свободному от производства работ,

$$t_{пр} = \frac{0,5}{1 - n_{п} j} T_o^2; \quad (4.15)$$

б) с использованием свободного пути для двустороннего движения во время «окна»

$$t_{пр} = \frac{T_o^2}{T_{пер}^2} (T_{пер} - j_{ср}) (1 + \frac{T_{пер} - j}{j_{ср} - j}). \quad (4.16)$$

В этих формулах обозначены:

$T_{пер}$ — период графика на однопутном перегоне:

$$T_{пер} = t_r + t_{обр} + \tau_1 + \tau_2,$$

где t_r , $t_{обр}$ — время хода поезда в четном и нечетном направлениях, мин; τ_1 , τ_2 — станционные интервалы поездных скрещений, мин.

Период графика на временно однопутном перегоне при двустороннем пакетном движении

$$T_{\text{пер. пак}} = T_{\text{пер}} + 2(k-1)j,$$

где k — число поездов в пакете; $m_{\text{п}}$ — число пар поездов, следующих по однопутному перегону в час; $n_{\text{п}}$ — число поездов, следующих по двухпутному перегону в час; $j, j_{\text{ср}}$ — соответственно наименьший и средний интервалы между поездами. При этом

$$j = 8 \dots 10 \text{ мин}, j_{\text{ср}} = \frac{1440}{n_{\text{п}}},$$

где $n_{\text{пр}}$ — число приведенных поездов, обращающихся на участке в сутки.

$$C_{\text{пр.огр}} = \frac{N_{\text{п.огр}}(C_{\text{эн}} + C_3)}{l_{\text{фр}}}, \quad (4.17)$$

где $N_{\text{п.огр}}$ — число грузовых поездов, проследовавших по участку за время действия ограничения (предупреждения); $C_{\text{эн}}$ — стоимость потерь энергии от торможения при снижении ходовой скорости $V_{\text{ход}}$ до установленной ограничением $V_{\text{огр}}$ для одного грузового поезда, р.; C_3 — стоимость задержки одного грузового поезда, р.

$C_{\text{эн}}$ и C_3 рекомендуется определять по формулам:

$$C_{\text{эн}} = \varphi(P + Q)(V_{\text{ход}}^2 - V_{\text{огр}}^2)10^{-6}, \quad (4.18)$$

где P — масса локомотива, т; Q — масса состава брутто, т; φ — коэффициент, равный для тепловозной тяги 0,10, для электровозной — 0,14;

$$C_3 = b_{\text{ч.п}} \left(\frac{1}{V_{\text{огр}}} - \frac{1}{V_{\text{ход}}} \right) l_{\text{огр}}, \quad (4.19)$$

где $l_{\text{огр}}$ — протяжение участка, на котором действует ограничение скоростей.

Интегральный эффект или чистый дисконтированный доход

Этот обобщающий показатель представляет собой сумму приведенных к начальному году результатов и инвестиционных затрат за расчетный период:

$$\mathcal{E}_t = \sum_t^T (P_t - Z_t) \eta_t, \quad (4.20)$$

где P_t — результативность механизации на t -м шаге (в качестве шага можно принять год), р.; Z_t — затраты на приобретение и эксплуатацию новой техники, р.; η_t — коэффициент дисконтирования, определяемый дробью $\eta_t = 1/(1 + E_t)$, здесь E_t — норма дисконта на t -м шаге (учитывающая уровень инфляции, кредитную ставку и др.); T — расчетный период или горизонт расчета, принимаемый не более нормативного срока службы используемой техники, год.

Обращаясь к примеру включения в комплекс дополнительной техники, можно представить результативность нового варианта:

$$\sum P_t = k_3 (A_1 - A_2) p_3 L_{\text{ук}} \eta_t. \quad (4.21)$$

Из этого уравнения следует, что результативность второго варианта тем выше, чем больше затрат живого труда вытесняет дополнительная техника: $A_1 - A_2$. Затратную составляющую при переходе от первого варианта ко второму можно выразить уравнением

$$\begin{aligned} \sum Z_t = & \sum (C_{2i} - C_{1i}) \psi_{ji} + \\ & + \left\{ \sum (C_{2i} - C_{1i}) \delta_{ji} \psi_{ji} + k_3 \sum (N_{2i} T_{o2} - N_{1i} T_{o1}) q p_3 \frac{L_{\text{ук}}}{l_o} + \right. \\ & \left. + (n_{\text{п}2} - n_{\text{п}1}) p_{\text{л}} \left[\left(\frac{2L_y - L_{\text{ук}}}{v} \right) + T_o + t_o \right] \frac{L_{\text{ук}}}{l_o} \right\} \eta_t. \end{aligned} \quad (4.22)$$

Здесь $L_{\text{ук}}$ — планируемый на год объем работ по укладке пути; L_y — удаленность ремонтируемого участка от базы ПМС.

В этом уравнении разность $C_{2i} - C_{1i}$ означает инвестиции или дополнительные затраты денежных средств на новую технику при условии одновременного их вложения в производство в первом

году. Если приобретение новых машин производится поэтапно, то инвестиции в них должны распределяться по соответствующим годам с учетом коэффициента дисконтирования.

Численные значения всех составляющих, входящих в эти уравнения, использовались при определении себестоимости работ C .

При расчетах учитываются также уровень инфляции и кредитная ставка.

На начальном этапе интегральный эффект обычно имеет отрицательное значение, поскольку инвестиции в новую технику не компенсируются накапливаемой от снижения затрат труда экономией. Время, когда интегральный эффект приобретает положительное значение, означает наступление окупаемости инвестиций.

Рассмотренные выше технико-экономические и натуральные показатели позволяют с достаточным основанием судить о каждом из предложенных вариантов организации работ и выбрать лучший из них.

Вполне очевидно, что лучшим вариантом будет тот, у которого окажутся наименьшими: себестоимость и трудоемкость работ, механовооруженность, время, в течение которого проводятся работы на данном километре, суммарная длительность «окон», приходящаяся на 1 км отремонтированного пути, длительность действия предупреждений об ограничении скорости движения поездов; и наибольшими: выработка в метрах отремонтированного пути на одного рабочего основного производства, уровень механизации, энерговооруженность и выработка за один час «окна» по укладке путевой решетки.

Выработка, приходящаяся на 1 ч «окна», определяется из выражения

$$d_o = \frac{l_{\text{фр}}}{T_o}. \quad (4.23)$$

Продолжительность ремонта 1 км пути определяется из зависимости

$$t_{\text{дн}}^{\text{км}} = \frac{t_{\text{дн}}}{l_{\text{фр}}}, \quad (4.24)$$

где $t_{\text{дн}}$ — продолжительность ремонта в днях.

Суммарная длительность «окон», приходящаяся на 1 км отремонтированного пути, составит:

$$T_o^{\text{км}} = \frac{\sum T_o}{l_{\text{фр}}}. \quad (4.25)$$

Выработка в метрах отремонтированного пути, приходящаяся на одного рабочего производственного состава, рассчитывается следующим образом:

$$d_1 = \frac{l_{\text{фр}}}{K_{\text{пр}}}. \quad (4.26)$$

К числу наиболее распространенных мер по повышению производительности труда и снижению себестоимости производства работ относятся:

- использование наиболее совершенных путевых машин;
- использование более совершенной технологии производства работ;
- комплектование технологической цепочки путевыми машинами с почти одинаковой производительностью;
- сокращение времени развертывания основных работ за счет использования машин многоцелевого назначения;
- обкатка вновь уложенного верхнего строения рабочими поездами с последующим открытием движения со скоростью 60 км/ч;
- оборудование ремонтируемого двухпутного участка двусторонней автоблокировкой с устройством временных блокпостов и проведение ряда других организационно-технических мер.

С принятием тех или иных организационно-технических мер указывается их эффективность в плане повышения производительности труда и снижения себестоимости производства работ.

5. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТОВ ПУТИ

При безусловном выполнении плановых заданий по объему организацией ремонтно-путевых работ должно предусматриваться повышение их качества за счет поэтапного внедрения системы обеспечения

качества, широкого использования прогрессивных комплексов технических средств и ресурсосберегающих технологий, повышения уровня проектных работ, укрепления трудовой и технологической дисциплины.

Система поэтапного обеспечения качества ремонта пути должна включать в себя следующие основные организационно-технические мероприятия:

1) перспективное (на 3–5 лет) планирование работ по ремонту пути и выдачу технических заданий на проектирование за 1,5–2 года до начала ремонтных работ;

2) разработку проектов по ремонтам пути только после выполнения полного комплекса исследовательских и изыскательских работ;

3) разработку директивного адресного календарного плана.

При реализации этих мероприятий следует:

– для усиленного капитального ремонта пути предусматривать протяженность участков фронта работ не менее перегона с примыкающими станциями;

– в проектах ремонта пути обеспечить максимально возможное сохранение асбестового балласта для повышения теплоизоляционных свойств грунтов подшпального основания и сокращения расходов на материалы;

– в целях исключения перемешивания оставленного слоя асбеста с укладываемым щебнем твердых пород устраивать разделительный слой из геотекстиля, а на участках с пучинами укладывать плиты пенополистирола;

4) безусловное выполнение всего ремонтного комплекса работ, предусмотренного проектом и калькуляциями, включая работы по земляному полотну, очистке и ремонту водоотводных сооружений, ремонту и замене стрелочных переводов, ремонту переездов, качественной очистке щебня (особенно при глубокой очистке), постановке шпал по эпюре, нормативному закреплению промежуточных скреплений, тщательной отделке балластной призмы, уборке материалов верхнего строения пути, в том числе и шлейфов загрязненного щебня (асбеста) в места их захоронения;

5) проведение авторского надзора за выполнением проектных решений и соблюдением технологии ремонтно-путевых работ силами проектных организаций (с возложением на них ответственности за разработанные проекты).

Одна из составляющих этой системы — обеспечение на путеремонтных предприятиях и в процессе производства работ реализации:

– разработки на основе типовых технологических процессов проектов производства работ на каждый участок ремонта (и утверждение их руководителями служб пути);

– внедрения входного контроля качества материалов верхнего строения пути, поступающих на звеносборочные базы, и обеспечить строгое соблюдение нормативов по качеству сборки рельсошпальной решетки;

– выполнения требований по закреплению проектного положения пути в плане и профиле до начала работ по его ремонту;

– соблюдения поперечных уклонов основной площадки земляного полотна со срезкой обочин и обязательной инструментальной проверкой указанных планировочных работ при ремонтах пути.

Управление качеством ремонта пути осуществляют по вышеизложенной схеме и за счет систематического контроля, начиная с контроля сборки звеньев на производственных базах путевых машинных станций и завершая контролем отделочных работ.

В процессе производства работ необходимо постоянно контролировать реализуемые параметры рельсовой колеи и пути в целом в соответствии с [2]. Результаты контроля учитываются при приемке пути.

Для обеспечения высокого качества ремонтов пути разработана система технических, технологических и организационных мероприятий, структура которых представлена на рис. 5.1.

На Департамент пути и сооружений возлагается координирующая, нормотворческая и инспекционная роль.

Внедрять систему должны службы пути и отделения дорог.

Система состоит из шести основных блоков, которые, с одной стороны, реализуются последовательно, с другой — между элементами системы существует взаимосвязь.

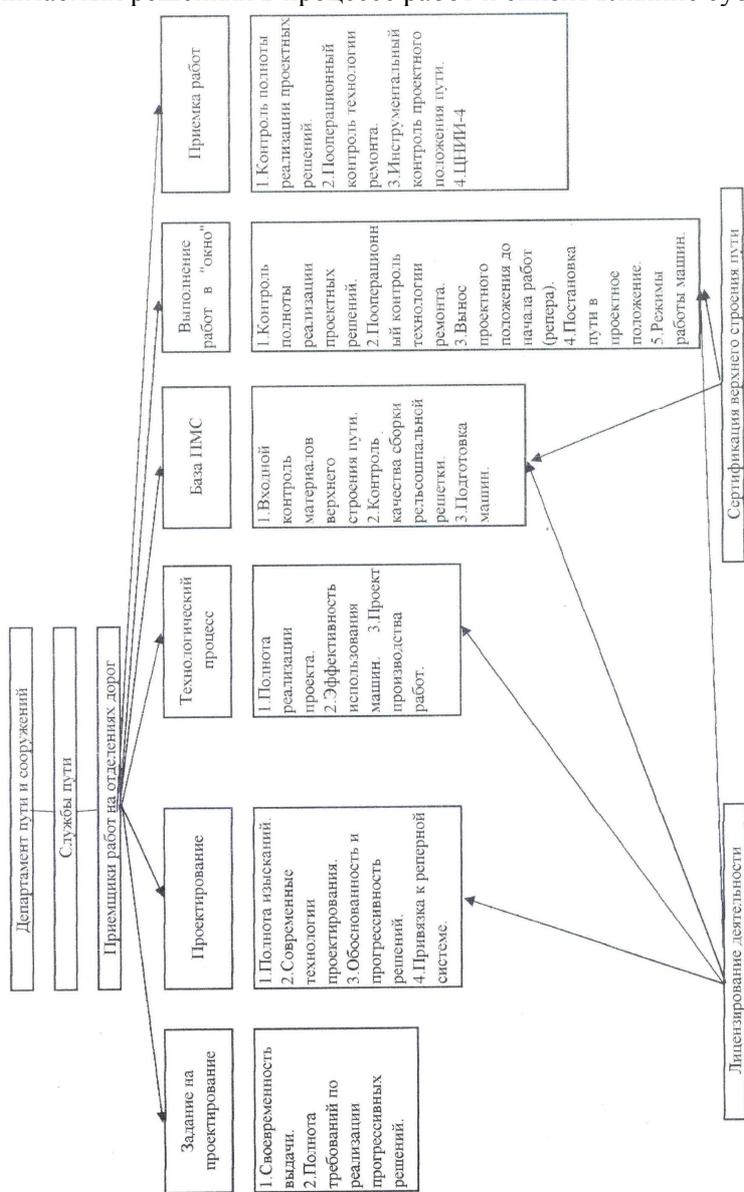
Первый блок — выдача службами пути заданий на проектирование ремонтов пути. Несовершенство системы назначения участков для ремонта пути, хроническая нехватка средств на закупку материалов и на финансирование проектных работ приводят к тому, что задания на проектирование ремонтов пути выдаются с нарушением нормативных сроков осенью-зимой, предшествующим году ремонта,

когда выполнить полноценные изыскательские, в том числе геологические обследования невозможно. Это является принципиально важным обстоятельством в обеспечении качества ремонта. В задании должны быть четко оговорены требования к конструкции и качеству отремонтированного пути. В первую очередь это касается параметров балластного слоя, земляного полотна, водоотводов. При этом должны быть запроектированы наиболее прогрессивные решения, например, сварка плетей бесстыкового пути длиной до блок-участка, перегона.

При оценке проектирования ключевыми критериями являются полнота изыскательских, в том числе геологических работ, и обоснованность проектных решений.

Зарубежный опыт ремонтов и эксплуатации пути свидетельствует о том, что эффективным мероприятием для обеспечения устройства и содержания пути в проектном положении является создание реперных систем. На российских железных дорогах это направление также принято на вооружение.

Разработка специалистами ПМС конкретных технологических процессов на базе типовых для реализации заложенных в проект решений должна обеспечивать полноту их осуществления и качество выполнения. Представляется целесообразным ввести практику разработки проекта производства работ на каждое «окно», что исключит значительный объем ошибок при спонтанно принимаемых решениях в процессе работ и снизит влияние субъективного фактора.



Эффективность производства работ в «окно» закладывается на базе ПМС. Ранее при централизованном планировании (Госплане) и низких ценах основным было получение лимитов на производство материалов верхнего строения пути. В современных экономических условиях появилось значительное количество новых поставщиков материалов для верхнего строения пути. Поэтому одной из важнейших позиций обеспечения качества ремонта при ограниченных денежных ресурсах становится введенная сертификация, а также система входного контроля получаемых материалов для верхнего строения пути, в том числе с использованием соответствующего инструментария. Так, изношенность оборудования на щебеночных заводах и отсутствие контроля со стороны работников путевого хозяйства привели в последнее время к резкому снижению качества поставляемого щебня.

Предусматривается оснащение баз ПМС простейшими устройствами, обеспечивающими контроль гранулометрического состава щебня.

Заложенный на базе ПМС уровень качества сборки рельсошпальной решетки в существенной степени определяет эффективность работы пути в будущем. Например, укладка в путь деревянных шпал, не укрепленных винтами, обвязкой торцов, скобами, или с костылями, забитыми без сверления отверстий, или без антисептирования этих отверстий, безусловно, снижает срок их службы. Другой пример — степень затяжки гаек закладных болтов (клеммные на перегоне отворачиваются при смене плетей), которая практически не контролируется, и в большинстве случаев нормативные требования не соблюдаются из-за отсутствия контрольного инструмента для наладки гайковертов. Отступления в расстояниях между шпалами создают проблемы при работе выправочных машин в автоматическом, наиболее эффективном, режиме.

Приведенные примеры нарушений, имеющие место в подавляющем большинстве случаев, требуют исследования объективных причин такого положения и создания условий для их недопущения.

Эффективность повторного использования рельсошпальной решетки с железобетонными шпалами в определяющей степени зависит от качества ее переборки на базе ПМС.

Наиболее капиталоемкой частью комплекса проектирования и ремонта пути является выполнение работ в «окно». Следует констатировать повсеместную практику укладки рельсошпальной решетки «от соседнего пути», который за десятилетия эксплуатации и вследствие некачественных ремонтов давно потерял проектное положение, особенно в кривых участках. Поэтому на участках, не оборудованных реперной системой, должно, безусловно, выполняться требование закрепления на обочине плано-высотного проектного положения пути.

Эффективность комплекса работ по ремонту пути складывается из полноты и правильности выполнения каждой операции, особенно при глубокой очистке щебня. Важнейшими позициями здесь являются глубина очистки щебня, срезка обочины, качество очистки щебня. Именно на этой стадии закладываются условия для обеспечения долговременной стабильности пути по геометрическим параметрам. Именно здесь крайне важен пооперационный контроль выполняемых работ.

В новых условиях при появившихся возможностях работы в «окна» большей продолжительности необходима оптимизация режимов работы путевых машин с целью обеспечения качества результатов. Например, увеличение скорости подачи щебнеочистительной машины снижает качество очистки. Или стремление повысить выработку (в километрах) подбивочных машин циклического действия приводит к уменьшению времени обжатия щебня и снижению степени его уплотнения.

Поэтому ВНИИЖТом и ПТКБ ЦП разработаны технологические процессы с фиксацией оптимальных режимов работы машин.

Заключительным блоком системы обеспечения и контроля качества ремонтов пути являются мероприятия, реализуемые при приемке работ. В основу их разработки и осуществления положен принцип объективности данных, взятых для оценки качества. Основная часть этих данных должна быть сформулирована при контроле выполнения всех предыдущих этапов ремонта пути, потому что отдельные слагаемые, обеспечивающие последующую стабильную работу пути, выявить после завершения работ крайне сложно.

Главным критерием, определяемым на этом этапе, является соответствие исполненного плана и профиля пути проектному, которое в обязательном порядке должно инструментально проверяться (путеизмерителем ЦНИИ-4).

6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕМОНТОВ ПУТИ

Работы на пути и сооружениях должны выполняться под руководством должностных лиц согласно п. 3.8 Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ [4].

Руководитель работ обеспечивает постоянный контроль за соблюдением правил производства работ и несет ответственность за безопасность движения поездов.

При производстве путевых работ на участках, оборудованных автоблокировкой и электрической централизацией или другими устройствами, включенными в зависимость с сигналами (рельсовые цепи, ПОНАБ, ДИСК, САУТ, УКСПС, КГУ и др.), руководитель должен контролировать правильность применения работниками приемов труда с целью исключения возможности разрыва или закорачивания цепи и последующего перекрытия сигнала. Такие работы должны согласовываться с дистанцией сигнализации и связи.

При производстве работ на электрифицированных участках руководитель работ обязан принимать меры, обеспечивающие сохранность от повреждений контактной подвески, воздушных линий и опор контактной сети. Работы на таких участках должны согласовываться с дистанцией электроснабжения или районом контактной сети.

Места производства работ, вызывающих нарушение целостности или прочности и устойчивости пути и сооружений, а также препятствия на пути или около него в пределах габарита приближения строений должны ограждаться соответствующими переносными сигналами и сигнальными знаками установленного типа в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации и Инструкции по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации. При этом запрещается: приступать к работам до ограждения сигналами места производства или препятствия, опасного для движения; снимать сигналы, ограждающие препятствия или место производства работ до полного окончания работ, проверки состояния пути, сооружений и контактной сети, соблюдения габарита.

Ограждение мест производства работ в зависимости от фронта работ и места производства работ должно выполняться в соответствии с Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ и Инструкцией по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации.

Перед производством работ о местах, ограждаемых сигналами остановки, или знаках уменьшения скорости поездам должны выдаваться предупреждения. Порядок выдачи предупреждений должен соответствовать требованиям Инструкции ЦП-485 и Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации.

Закрытие перегона для выполнения работ производится на основании телеграфного распоряжения зам. начальника или начальника железной дороги. В телефонограмме указываются время, на которое закрывается перегон или отдельный путь, фамилия лица, осуществляющего единое руководство этими работами. В день производства работ распоряжение о закрытии и открытии перегона оформляется приказом поездного диспетчера.

Запрещается приступать к работам до получения руководителем работ приказа поездного диспетчера о закрытии перегона, а на электрифицированных участках дополнительно приказа энергодиспетчера о снятии напряжения в контактной сети и последующей установке заземляющих штанг.

Порядок отправления рабочих поездов на закрытый перегон и их работа на перегоне должны соответствовать требованиям Инструкции ЦП-485 и Инструкции ЦД-790.

При работе на закрытом перегоне комплексов путевых машин должны соблюдаться требования, изложенные в Инструкции по эксплуатации конкретных путевых машин и специального подвижного состава.

Ко времени окончания установленного перерыва в движении поездов работы по ремонту должны быть полностью закончены, путь, сооружения и устройства приведены в состояние, обеспечивающее безопасное движение поездов, сигналы остановки сняты с оставлением, если это необходимо, сигналов уменьшения скорости и соответствующих сигнальных знаков.

Отправление рабочих поездов, машин и агрегатов с перегона производится по указанию руководителя работ, предварительно согласованному с поездным диспетчером. Порядок возвращения

рабочих поездов и машин должен соответствовать требованиям Инструкции ЦП-485 и Инструкции ЦД-790.

Открытие движения поездов на перегоне производится приказом поездного диспетчера только после получения уведомления от руководителя работ, назначенного телеграфным распоряжением зам. начальника или начальника железной дороги, об окончании путевых работ, отсутствии на перегоне рабочих поездов, машин и агрегатов, а также об отсутствии других препятствий для безопасного движения поездов. Восстановление действия существующих устройств СЦБ и связи или электроснабжения (если их работа нарушалась) производится после установки и подключения всех перемычек и соединителей к рельсам и по получении уведомления от электромеханика СЦБ и связи и энергодиспетчера в соответствии с требованиями Инструкции ЦД-790 и Инструкции ЦП-485.

Перед выходом на работу руководитель работ (мастер, бригадир) обязан:

- провести целевой инструктаж о маршрутах прохода к месту работ, безопасных приемах выполнения работ, порядке пропуска поездов;
- проверить наличие сигнальных принадлежностей и защитных приспособлений;
- убедиться лично по телефону у дежурного по станции, ограничивающей перегон, в том, что заявка о выдаче предупреждений на поезда принята к исполнению.

Порядок прохода и перевозки рабочих к месту работ и обратно, перевозки инструментов и материалов на путевых вагончиках должен соблюдаться в соответствии с требованиями Правил по охране труда при содержании и ремонте железнодорожного пути и сооружений ПОТ РО–32-ЦП-652-99 (далее — ЦП-652).

При производстве работ в условиях плохой видимости, при работах с электрическим, пневматическим и другим инструментом, ухудшающим слышимость, или работах в стесненных местах, если работа не требует ограждения сигналами остановки, руководитель работ обязан для предупреждения рабочих о приближении поездов установить автоматические средства оповещения. В случае отсутствия таких средств произвести ограждение места работ в соответствии с требованиями Правил ЦП-652.

При ремонте рельсовой колеи с применением путевых механизмов, ручного и механизированного инструмента и приспособлений руководитель работ разрешает приступать к работе только после ограждения места работ в установленном порядке сигналами или сигнальными знаками, после назначения сигналистов, выдержавших установленные испытания и имеющих удостоверение сигналистов.

Во время работ руководитель обязан следить за расстановкой рабочих, их своевременном уходе с пути, исправностью инструмента, правильностью приемов выполнения работ ручным и механизированным электроинструментом, соблюдением Правил охраны труда и техники безопасности на участках со скоростями движения более 140 км/ч в соответствии с требованиями Правил ЦП-652.

К работе должны допускаться машины и механизмы, освидетельствованные и испытанные в установленном порядке, грузоподъемные краны всех типов должны быть зарегистрированы в территориальных органах Госгортехнадзора. К управлению путевыми машинами и их обслуживанию допускаются только лица, прошедшие соответствующую подготовку и имеющие специальное удостоверение в соблюдении требований Правил ЦП-652.

При работе путевых машин по очистке и вырезке балласта, путеукладочных кранов, хоппердозаторных вертушек, электробалластеров, балластораспределительных, землеборочных, выправочно-подбивочно-отделочных, рихтовочных, балластоуплотнительных машин, динамических стабилизаторов, спецсоставов для погрузки, перевозки и выгрузки длинномерных рельсовых плетей, устройств для замены рельсовых плетей должны выполняться требования безопасности в соответствии с инструкциями по их эксплуатации и Правилами ЦП-652.

Ремонт земляного полотна и его элементов: кюветов, откосов выемок и насыпей, водоотводных канав, дренажей и других устройств, — следует выполнять по типовым или индивидуальным проектам производства работ, в которых предусматриваются конкретные меры безопасности с соблюдением требований мер безопасности в соответствии с Правилами ЦП-652.

При ремонте пути на электрифицированных участках должны соблюдаться Правила электробезопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных железных дорогах ЦЭ-346.

Все работы на электрифицированных участках требуется организовать так, чтобы исключить возможность приближения людей и используемых ими ручных инструментов к находящимся под

напряжением и неогражденным проводам или частям контактной сети и воздушных линий на расстоянии ближе 2 м, а также прикосновение к электрооборудованию как непосредственно, так и через какие-либо предметы.

При работе путевых машин (путьекладчиков, щебнеочистительных, выправочно-подбивочно-рихтовочных, электробалластеров, стреловых кранов) на участках постоянного и переменного тока напряжение в контактной сети должно быть снято на весь период работ, а контактная сеть заземлена.

Путевые машины, агрегаты, оборудование и инструменты, применяемые при выполнении работ в соответствии с технологическим процессом, должны отвечать требованиям Правил ЦП-652.

Литература

1. *Инструкция* о порядке предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительного-монтажных работ на железных дорогах Российской Федерации. ЦД-862. М., 2001. 48 с.
2. *Технические условия* на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути. ЦПТ-53. М., 2004. 182 с.
3. *Отраслевые нормы времени* на работы по ремонту верхнего строения пути (Технологическо-нормировочные карты). М., 2004. 320 с.
4. *Инструкция* по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ. ЦП-485. М., 1999. 184 с.

Оглавление

Введение.....	3	
1. Система ведения путевого хозяйства и технологии ремонтов пути	3	
1.1. Развитие системы ведения путевого хозяйства отечественных железных дорог	3	
1.2. Классификация путевых работ. Основные виды ремонтов пути и межремонтные сроки	7	
1.3. Основные разновидности усиленного капитального и капитального ремонтов пути	11	
2. Основные принципы проектирования технологии усиленного капитального ремонта пути	13	
2.1. Определение основных параметров технологического процесса.....	15	
2.2. Трудоемкость и продолжительность технологических операций	36	
2.3. Проектирование графиков выполнения работ при капитальном ремонте пути.....	44	
2.4. Содержание технологического процесса.....	55	
2.5. Технологический процесс капитального ремонта звеньев пути	57	
2.6. Рациональная продолжительность «окна» для выполнения ремонтов пути	61	
3. Оценка надежности технологических процессов ремонта пути.....	64	
3.1. Методы оценки надежности технологических систем	64	
3.2. Оценка надежности объектов, восстанавливаемых в процессе эксплуатации	64	
3.3. Принципы выбора основных показателей надежности	71	
4. Техничко-экономическая эффективность технологических процессов ремонта пути	72	
5. Система обеспечения и контроля качества ремонтов пути.....	76	
6. Мероприятия по обеспечению безопасности движения поездов и техника безопасности при производстве ремонтов пути.....	80	
Литература	83	

Учебное издание

Карпущенко Николай Иванович

Гербер Александр Робертович

Юдин Олег Геннадьевич

Проектирование технологии ремонтв пути

Учебное пособие по курсовому
и дипломному проектированию по дисциплине
«Технология, механизация и автоматизация путевых работ»

Редактор *Н.П. Клубкова*

Компьютерная верстка *А.С. Петренко*

Изд. лиц. ЛР № 021277 от 06.04.98

Подписано в печать 18.03.2009

9,75 печ. л., 10,5 уч.-изд. л. Тираж 200 экз. Заказ № 2016

Издательство Сибирского государственного
университета путей сообщения
630049, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191
Тел./факс: (383) 328-03-81. E-mail: press@stu.ru