**Узловский железнодорожный техникум –**

**филиал ПГУПС**

**Конспект лекций**

**по дисциплине**

**Механизация путевых и строительных работ**

**Преподаватель Н.Б.Ананьева**

**ГЛАВА 1. МАШИНЫ ДЛЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА**

* 1. **Виды путевых работ и их периодичность**

Для каждого класса путей, согласно «Положения», регламентируется конструкция пути, технические условия, виды работ по ремонту пути и планово-предупредительной выправке и критерии их назначения (табл. 1.2). Определены организация и планирование путевых работ, среднесетевые нормы периодичности ремонтов, включая работы по земляному полотну, искусственным сооружениям, программа оснащения дорог путевыми машинами и средствами контроля состояния пути, методика определения классов путей и нормативной потребности путевых работ.

Виды технического обслуживания железнодорожных путей. Таблица 1.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Виды основных путевых работ | | Критерии назначения | |
| До 1994 г. | Новая система | Основные | Дополнительные |
| Капитальный ремонт пути (К) | **Усиленный капитальный ремонт**  **пути (УК)** | Пропущенный тоннаж или срок службы в годах. Одиночный выход рельсов за срок службы (4-8 шт.) | Дефектность шпал и скреплений, загряз-ненность призмы, выплески |
| **Капитальный**  **ремонт пути (К)** |
| Средний  ремонт  пути (С) | **Усиленный**  **средний ремонт**  **пути (УС)** | Потребность в замене балласта или очистке имеется | Ширина обочин менее 40 см, наличие пучин |
| **Средний ремонт**  **пути (С)** | Загрязненность щебня более 30% по массе, наличие выплесков | Дефектность шпал и  скреплений |
| Подъемочный ремонт  пути (П) | **Подъемочный**  **Ремонт пути (П)** | Количество отступлений 11 степени - 25-40 шт./км. Загрязненность щебня менее 30% по массе | Дефектность шпал,  скреплений,  наличие  выплесков |
| Текущее  Содержание  пути (Т) | **Планово-предупредитель-**  **ные работы по**  **текущему содер-**  **жанию пути (В)** | Количество отступлений пути 11 степени -  20-30 шт./км. Загрязненность щебня менее 30% по массе | Дефектность  шпал и скреплений, наличие выплесков |
| **Текущее**  **содержание**  **пути (Т)** | Инструкция по текущему  содержанию пути | |

*Усиленный капитальный ремонт пути* (УК) предназначен для комплексного обновления верхнего строения на путях 1 и 2 (стрелочных переводов 1–3) классов с повышением несущей способности балластной призмы и земляного полотна. Выполняются основные работы: замена РШР, стрелочных переводов, очистка балластной призмы, уположение кривых, ремонт водоотводных сооружений и др. Между усиленными ремонтами пути выполняется сплошная смена рельсов (РС).

*Капитальный ремонт пути* (К) предназначен для замены верхнего строения на путях 3, 4, 5 классов (стрелочных переводов 4, 5 классов) на более мощное или менее изношенное, в том числе смонтированное из старогодных материалов. При капитальном ремонте на участках 3-5 классов выполняются те же работы, что и при УК, кроме уположения кривых.

*Усиленный средний ремонт* (УС) предназначен для очистки балластной призмы, опускания продольной линии пути на электрифицированных участках, повышения несущей способности и восстановления нормального сечения балластной призмы и основной площадки земляного полотна.

*Средний ремонт пути* (С) предназначен для оздоровления балластной призмы за счёт её сплошной очистки на глубину не менее 25 см без понижения профильной линии пути, замены дефектных элементов верхнего строения пути, регулировка бесстыкового пути и др.

*Подъёмочный ремонт пути* (П) предназначен для восстановления *равноупругости подшпального основания* сплошной подъемной и выправкой пути с подбивкой шпал, а также для замены негодных элементов верхнего строения и частичного восстановления дренирующих свойств балласта. Выполняются работы: сплошная выправка пути в плане и профиле с подъемкой на 5-6 см с добавлением и подбивкой балласта, локальная очистка балласта в шпальных ящиках в местах появления выплесков.

*Планово-предупредительная выправка пути* (В). Планово-предупредительная выправка пути и стрелочных переводов комплексов машин предназначена для восстановления *равноупругости подшпального основания* и уменьшения степени неравномерности отступлений по уровню, в плане и просадок пути. Выполняются работы: сплошная выправка по компьютерным программам с подбавкой, планировкой и стабилизацией пути, частичная замена элементов РШР.

*Текущее содержание пути* (Т). Включает систематический надзор за состоянием комплексом сооружений пути и путевых устройств и содержание их в состоянии, гарантирующее безопасное движение поездов. Текущее содержание пути осуществляется круглогодично и на всем протяжении пути. Оно включает в себя изучение причин появления неисправностей, их анализ и предупреждение. Работы по текущему содержанию пути делятся на *неотложные и первоочередные*, связанные с устранением неисправностей, угрожающих безопасности движения поездов, и *планово-предупредительные*, выполняемые с целью предупреждения появления неисправностей пути машинизированным способом.

Планирование путевых работ осуществляется двух видов: *перспективное* на 5-6 лет на основе нормативов (наработки тоннажа или сроков службы) и динамики изменения технического состояния пути и *текущее* – на предстоящий год исходя из *фактического состояния* верхнего строения.

**1.2 Классификация путевых машин и предъявляемые**

**к ним требования**

Путевые работы являются сложными, трудоемкими (мало привлекательными) и многооперационными. На ремонтных работах требуется выполнить до 80 технологических операций, а при текущем его содержании их насчитывается до 120. Для комплексной механизации и автоматизация путевых работ созданы одно- и многооперационные машины. В путевом комплексе уже насчитывается 40 типов путевых машин и 55 типов путевого механизированного инструмента. Для изучения применяемых методов и эффективных способов выполнения путевых работ, тенденций развития путевых машин и их анализа, используются приемы классификации. Классифицировать, означает разделение множества объектов по общим для них *признакам* (или различиям) на классы (группы). Основные признаки, по которым классифицируют путевые машины: назначение, способ выполнения работ, тип привода, вид ходового оборудования, наличие энергетической базы, способ передвижения, системы управления, вид и состав выполняемых работ, конструктивные отличия, универсальность и др. По назначению путевые машины и механизмы делятся на группы для: ремонта земляного полотна (путевые струги, землеуборочные машины); балластировки и подъемки пути (электробалластеры, путеподъёмники, планировщики, дозировщики); хоппер-дозаторы; очистки путевого щебня (щебнеочистительные машины); укладки пути и стрелочных переводов (путеукладчики, рельсоукладчики); сварки и шлифовки рельсов (машины ПРСМ, РШП-48); звеносборочных баз (звеносборочные и звеноразборочные линии); выправки пути, уплотнения и стабилизации балластного слоя (выправочно-подбивочно-рихтовочные, путерихтовочные, отделочные); диагностики состояния пути (путеизмерительные и дефектоскопные вагоны, автомотрисы, тележки); очистки и уборки снега (плуговые и роторные снегоочистители, снегоуборочные машины), а также транспортные, тягово-энергетические и погрузочно-разгрузочные средства для путевых работ (составы для засорителей, саморазгружающиеся вагоны, автомотрисы, дрезины, мотовозы); путевой механизированный инструмент.

По способу выполнения работ машины различают: циклического (путеукладчики, выправочно-подбивочно-рихтовочные и др.), непрерывно-циклического (Duomatic 09-32, ПМА-1) и непрерывного действия (струги, щебнеочистительные, снегоуборочные машины и др.). Машины тяжелого типа несъемные с пути; путеизмерительные тележки, путевой инструмент и др. относятся к легким и могут быть сняты с пути.

Для привода в действие рабочих органов и передвижения самоходных путевых машин используются механические, гидравлические, пневматические, комбинированные передачи. По виду ходового оборудования машины бывают: на железнодорожном ходу, гусеничном и комбинированном пневможелезнодорожном ходу. Гусеничный и комбинированный ход применяется на путевых машинах транспортного строительства. Путевые машины в путевом хозяйстве имеют железнодорожный ход.

В зависимости от наличия энергетической установки путевые машины делятся на автономные и неавтономные. Первые оснащены собственной энергетической базой (дизельный агрегат), к которой подключают все двигатели. Многие путевые машины автономные (путеукладчики, дрезины, автомотрисы, выправочно-подбивочно-рихтовочные и т.п.). Неавтономные машины подключаются к локомотивам (путевые струги, плуговые снегоочистители, роторные снегоочистители и т.п.).

При создании путевых машин к ним предъявляются как общие, так и специфические требования: Общие требования: к показателям назначения (производительность и др.), унификация узлов и деталей, повышение надежности, снижение стоимости, метало- и энергоемкости, универсальность машин, легкость управления, ремонтопригодность (простота изготовления деталей, возможность демонтажа и ремонта узлов и агрегатов), обеспечение безопасности при обслуживании машин и их работе, создание благоприятных условий для работы машинистов, автоматизация управления и т.п.

Специфические требования обусловлены тем, что путевые машины имеют железнодорожный ход и относятся к специальному подвижному составу (СПС). Они должны вписываться в габарит подвижного состава по ГОСТ 9238-83; не превышать допустимых нагрузок 230 кН на ось; обладать плавностью хода; оснащаться ходовым, сцепным и тормозным оборудованием, совместимым с подобным оборудованием на подвижном составе; обеспечивать быстрый перевод рабочих органов из транспортного положения в рабочее и обратно, вписываться в кривые и обеспечивать требуемую устойчивость, иными словами, отвечать требованиям, предъявляемым к подвижному составу.

*Историческая справка о путевых машинах.* В начале Х1Х века транспорт в России стал самостоятельной отраслью хозяйства, в результате возникла необходимость в централизованном управлении его работой и техническим обеспечением. С этой целью в 1809 году в России были учреждены Ведомство Путей Сообщения и Корпус инженеров путей сообщения (впоследствии ЛИИЖТ, в настоящее время Петербургский государственный университет путей сообщения). Первая ж.-д. с паровой тягой была построена в 1834 г. отцом и сыном Е.А. и М.Е.Черепановыми – крепостными механиками горнозаводчиков Демидовых в Нижнем Тагиле на Урале. Первая ж.-д. общего пользования протяженностью 26 км от Петербурга до Царского Села открыта в ноябре 1837 года. В 1851 году открылась Николаевская, ныне Октябрьская железная дорога протяженностью 600 верст (650 км) между Санкт-Петербургом и Москвой.

В 1865 году учреждено Министерство путей сообщения России. Первый министр МПС и строитель был – Павел Петрович Мельников (1804–1880). В 2003 г. МПС реорганизован в ОАО «РЖД» (Постановление правительства № 585 от 18.09.2003 г.). Первый президент «ОАО «РЖД» (он же последний министр МПС) – Фадеев Геннадий Матвеевич

С появлением железных дорог были начаты поиски механизации путевых работ. Инженеры, ученые и конструктора России и СССР внесли достойный вклад в развитие путевой машинной техники, многие образцы этой техники являются уникальными и сегодня.В 1879 г. С.С.Гендель создает первый плуговой снегоочиститель к паровозу. В 1885 г. создан роторный снегоочиститель Лобачевского. В 1897 г. И.Н.Левчак создает первый вагон-путеизмеритель, а в 1910 г. А.Н.Шумиловым создана первая снегоуборочная машина (прообраз современных снегоуборочных машин СМ-2).

В 1934 г. создается знаменитый путеукладчик (УК-12,5/4) В.И.Платова. В 1934 г. созданы балластеры Б-3, Б-5 (авторы: П.Г.Белогорцев, В.А.Алешин, Ф.Д.Барыкин, М.Г.Девьякович), с 1946 г. – электробалластеры. В 1946 г. создан хоппер-дозатор для перевозки и выгрузки балластных материалов типа ЦНИИ (авторы: М.А.Плохоцкий и др.).

В 1959 г. инженером А.М.Драгавцевым создана высокопроизводительная щебнеочистительная машина с центробежным способом очистки путевого щебня от засорителей – ЩОД-Д и др.

В 1963 г. создана впервые в мире (по авторскому свидетельству П.Л.Клауза и Л.П.Федорова от 1939 г.), уплотнительная выправочно-подбивочно-отделочная путевая машина ВПО-3000 непрерывного действия высокой производительности (авторы: М.А.Плохоцкий, А.Н.Горбачев, Е.Р.Иванов, Г.В.Солонов).

В 1982 г. отец Д.М. и сын М.Д.Матвиенко впервые создают путевой механизированный гайковерт ПМГ.

В 1994 году разработаны по предложению Ю.В.Гапеенко (ПТКБ ЦП) щебнеочистительная машина нового поколения ЩОМ-6 (Р, Б), оборудованные плоскими грохотами.

В 1989 г. создан отечественный динамический стабилизатор пути ДСП (авторы: М.В.Попович, Б.Г.Волковойнов, В.И.Стеблецов, А.А.Константинов).

В 2006 г. в НПЦ ИНФОТРАНС под руководством академика С.В.Архангельского создан отечественный путеизмерительный компьютеризированный вагон-лаборатория КВЛ-3П, а в 2002 г. ЗАО «ПИК Прогресс» под руководством П.Н.Кулешова создает скоростную путеобследовательскую станцию ЦНИИ-4МД (более 20 параметров), не уступающую зарубежным образцам.

В 2004 г. на заводе «Ремпутьмаш» г. Калуга создана под руководством В.А.Дубровина подбивочная машина автомат ПМА-1 непрерывно-циклического действия, а в 2007 г. – ПМА-С для уплотнения балластного слоя под стрелочными переводами.

*Периоды развития путевых машин.* В развитии путевой машинной техники можно выделить несколько периодов, связанных со сменой поколений машин.

К первому поколению можно отнести машины, созданные отдельными изобретателями и предприятиями железных дорог: снегоочистители, путеизмерители, простейшие средства механизации путевых работ.

Второй период начался в 1930 г., когда при МПС было создано специализированное конструкторское бюро по проектированию машин для путевого хозяйства под руководством Ф.Д.Барыкина. С 1930 по 1940 г. были созданы машины: плетевые и звеньевые путеукладчики, путевые струги, машины для балластировки и подъемки пути, саморазгружающиеся вагоны.

Третий период – от послевоенного времени до 1970 года. Были созданы (или модернизированы) все основные машины путевого комплекса (выправочно-подбивочные, щебнеочистительные, путеукладочные, путеизмерительные и др.), составляющие на долгие годы основу машинного парка путевого хозяйства. Эти машины позволили обеспечить достаточно высокий уровень механизации работ по ремонту пути, ввести индустриальный способ производства путевых работ, однако работы по текущему содержанию пути были механизированы слабо.

Четвертый период охватывает 1971–1988 гг., когда отечественной промышленностью был налажен выпуск лицензионных машин (ВПР, ВПРС, Р, ПБ, УБРМ), отечественных (ПМГ, ЩОМ, ВПО, ПРСМ, БУМ), ориентированных в первую очередь на механизацию текущего содержания пути и для ремонта пути.

Пятый период (текущий) характеризуется широким внедрением на путевых машинах средств микропроцессорного управления с использованием бортовых вычислительных систем для управления сложными технологическими процессами выправки пути, управления энергосистемами и др.

Отличительная особенность текущего периода – внедрение путевых машин с более высокими техническими показателями (СЧ-601, МОБ-1Г, ЩОМ-6У, ВПР-02М, ВПРС-02, ДСП-С, МДС, КОМ-300, МНК, РШП-48, МДС, Duomatic 09-32 CSM, Duomatic 09-3X, 08-275 Unimat 3S и др.). Выпуск части машин производится совместно с зарубежными фирмами "Plasser & Theurer" (Австрия), MTX PRAHA a.s. (Чехия), COMPEL (Словакия), "Speno" (Швейцария) и др. На Калужском заводе "Ремпутьмаш" ОАО «РЖД» выпускаются машины нового поколения – ЩОМ-1200, ПРСМ-6, на ЗАО «Тулажелдормаш» – ЩОМ-1200ПУ и др. Выпускаемые путевые машины формируются в машинные комплексы и эксплуатируются предприятиями (ПЧМ, ПМС, ПЧ) путевого хозяйства.

*Нумерация путевых машин.* Нумерация специального подвижного состава (СПС) путевого хозяйства ОАО «РЖД» № ЦПО-22/100 предусматривает нумерацию с кодовой защитой достоверности считывания номера СПС и 4-осных платформ, используемых в путевом хозяйстве, и имеющих право выхода на пути общего пользования.

Под системой кодирования информации понимают совокупность правил, определяющих систему знаков и порядок их использования для представления, передачи, обработки и хранения информации. В процессе кодирования объекту присваивается кодовое обозначение. В качестве алфавита кодирования используются десятичные цифры, что обеспечивает удобство для машинной обработки.

Номер путевой машины состоит из 8 цифр: - первая и вторая цифры определяют вид и тип СПС, они постоянны и равны 19; – третья и четвертая цифры определяют основную характеристику – тип машины и наименование СПС; – пятая, шестая и седьмая цифры определяют заводской номер машины (изменяется от 001 до 999); – восьмая цифра является контрольной, по которой определяется достоверность номера СПС.

Кодирование подвижного состава на железнодорожном транспорте введено с 1984 года и предусматривает обозначение для первой цифры кода: 0 – пассажирские вагоны, 1 – локомотивы, путевые машины и краны, 2 – крытые грузовые вагоны, 4 – платформы, 6 – полувагоны, 7 – цистерны, 8 – изотермические вагоны, 3, 5 и 9 – прочие вагоны. Для путевых машин присвоена цифра – 9.

Контрольный знак рассчитывается из первых семи цифр номера машины, полученного после сложения нижней границы диапазона (№ ЦПО-22/100) и заводского номера машины. Подсчитывается следующим образом. Каждая цифра номера машины, стоящая на нечетном, считая слева, месте, умножается на 2, а на четном – на 1. Находят поразрядное произведение. Затем выполняется поразрядное суммирование всех цифр полученного ряда. Контрольным знаком будет цифра, дополняющая полученную сумму до ближайшего целого числа, кратного 10.

Пример. Для номера 1952083, соответствующего машине ВПР-02, требуется определить контрольный знак:

Номер машины 1 9 5 2 0 8 3

Множитель 2 1 2 1 2 1 2

Поразрядное произведение 2 9 10 2 0 8 6

Поразрядная сумма 2 + 9 + 1 + 0 +2 + 0 + 8 + 6 = 28

Числом, дополняющим до 30, или контрольной восьмой цифрой номера будет 2 (30 – 28 = 2). Поэтому полное кодовое обозначение машины будет **19520832.** Если полученная сумма кратна 10, то контрольный знак будет равен 0. Номер наносится на борт (слева, справа) машины белой краской на черном фоне прямоугольника 1300х300 мм.

**1.3 Технологические комплексы путевых машин и**

**показатели эффективности их применения**

На эффективность применения путевых машин в производственном процессе оказывают влияние следующие факторы: – *среда* в которой работает машина – это участок, характеризующий состояние пути до и после ремонта; – *система организации* использования, технического обслуживания и ремонта путевого машинного парка; – *квалификация обслуживающего* машину персонала, владеющим новыми технологиями; – *климатические и метеорологические* условия (путевые машины работают круглогодично под открытым небом и др.).

*Способы производства путевых работ.*

Путевые ремонтные работы выполняются по технологическим процессам, специально разработанные для каждого вида работ (УК, К, СР, С, П, В). Технологические процессы определяют строгий порядок выполнения отдельных операций по времени и месту, расстановки рабочих и машин, доставки материалов к месту работ, имеют целью обеспечение требуемого качества работ с наименьшими затратами труда и наиболее эффективным использованием средств механизации.

Путевые работы выполняются в "окно" в графике движения поездов продолжительностью 4-8 час. Частота предоставления "окон" через 1, 2, 3 дня. Для сокращения времени "окна" максимально возможный объем путевых работ выносится за пределы "окна" (сборка звеньев решетки и др.). Работы по ремонту путевые имеют монтажный характер. Все работы по ремонту пути распределены по периодам их выполнения на: – *подготовительные* (33%), – *основные* (31%), –*отделочные* (36%).

Среднегодовая эксплуатационная производительность ведущих машин

основных механизированных комплексов. Таблица 1.4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование основных машинизированных комплексов | Средние  непро-изводительные потери времени в часах | Тип  ведущей машины  комплекса | Среднегодовая эксплуатационная производительность ведущей |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Комплекс машин для замены рельсошпальной ре-шетки для выполнения УК, К ремонтов пути | 2,1 | УК-25-9/18 | 0,75 км/ч |
| 2 | Комплекс машин для срезки и планировании обочин земляного полотна, ремонта водоотводных сооружений ремонтов пути | 0,5 | СЗП-600 (МНК, КТМ) | 0,156 км/ч |
| 3 | Щебнеочистительные комплексы при выполнении УК, К, УС, С ремонтов  пути комплексы  при выполнении УК, К. УС, С  ремонтов пути | 2,2 | ЩОМ-6Б | 0,083 км/ч |
| ЩОМ-6БМ (ЩОМ-700\*) | 0,106 км/ч |
| СЧ-600 | 0,090 км/ч |
| СЧ-601 | 0,108 км/ч |
| ЩОМ-1200\* (СЧ-1200\*, РМ-2002\*) | 0,212 км/ч |
| 4 | Щебнеочистительные комплексы при выполнении УК, К, УС, С ремонтов стрелочных переводов | 2,2 | РМ-80 (РМ-76) | 0,306 стр. пер/ч |
| ЩОМ-6У | 0,316 стр. пер/ч |
| 5 | Выправочно-подбивочно-рихтовочные комплексы для выполнения ППВ пути | 0,7 | ВПР-1200 | 0,16 км/ч |
| ВПР-02М | 0,33 км/ч |
| Дуоматик 09-32  (ПМА-1\*,  ВПР-04\*) | 0,724 км/ч |
| 6 | Выправочно-подбивочно-рихтовочные комплексы для выполнения ППВ стрелоч-ных переводов | 0.6 | Унимат 08-75/4S | 1,36 стр.пер/ч |
| Унимат 08-275/3 S | 0,96 стр.пер/ч |
| ВПРС-02 | 0,290 стр.пер/ч |
| ВПРС-03 | 0,96 стр.пер/ч |

К основным работам относятся те, которые определяют вид ремонта пути и выполняются в период «окна». Подготовительные и отделочные работы не требуют закрытие перегона для движения поездов. В виду широкой номенклатуры технологических операций разнотипные машины формируются в машинные комплексы (табл. 1.4) для выполнения путевых работ по их видам (УК, К, УС, С, П, РС, В) и технологическим операциям.

Комплекс машин – это совокупность технических средств, предназначенных для реализации данного технологического процесса и по своей номенклатуре, количественному составу и параметрам должен соответствовать условиям и целям процесса. По своему месту в комплексе машины подразделяются на ведущие и комплектующие. К ведущим машинам относятся, машины, выполняющие технологическую работу, задающую общий темп процессу. Они определяют и название комплекса (см. табл. 1.4), например: путеукладочный комплекс, щебнеочистительный комплекс, комплексы для выправки и уплотнения балластного слоя пути и стрелочных переводов и др. Учитывая разнообразие условий выполнения путевых работ и оснащенность ПЧМ, ПМС, ПЧ и путевых механизированных колонн предусмотрены (ЦПТ-53) машинные комплексы для выполнения основных технологических операций при ремонте и планово-предупредительной выправке пути. Путевые работы машинными комплексами выполняются *поточным* способом, обеспечивающим наибольшую *производительность* и эффективность использования машин.

*Производительность машин* –основная эксплуатационная характеристика машины. Производительность – это количество продукции, выраженное в физических измерителях (пог.м, м3, шпал и т.д.), вырабатываемое машиной в единицу времени **(**час**,** смена, сутки, месяц, год). Различают: *теоретическую* (конструктивно-расчетную), *техническую и эксплуатационную*производительность машины.

*Т е о р е т и ч е с к а я*производительность Пк определяется в предположении непрерывной работы машины в течение *одного часа* при расчетных условиях выполнения работ и полной загрузке рабочего оборудования. Технологические операции, которыене выполняются машиной, исключаются. Теоретическая производительность имеет для каждой машины только одно значение и приводится в её паспорте.

*Т е х н и ч е с к а я* производительность Птхарактеризует максимальные возможности машины в реальных условиях. Она является наивысшей производительностью машины за один час непрерывной работы с учетом перерывов в работе: – по *конструктивно-техническим*; – *технологическим*;– и *метеорологическим* причинам. Производительность Пт определяется расчетом для конкретных условий и режима работы машины.

*Э к с п л у а т а ц и о н н а я* ПЭпроизводительность характеризует производственную норму выработки машины приеё работе в конкретных эксплуатационных условиях с учетом организационных и технических перерывов.

*Основные показатели эффективности применения путевых машин*:

– *производительность* машины – выработка в физических показателях на одну машину в час (год), (см. табл. 1.4);

– *выработка механизированных комплексов* путевых машин на ремонте пути за один час "окна". Наивысшая производительность достигнута в 1988 году – 323,2 пог. м/ч;

– *число высвобождения контингента путейцев* от применения машин взамен ручного труда;

– *уровень механизации путевых работ* по видам (УК, К, УС, С, П, В, Т); Уровень механизации путевых работ выражается в процентах отношением трудоемкости работ, охваченные механизацией, к общей трудоемкости работ:

 (1.1)

где *А*Р – трудоемкость процесса при ручном исполнении работ, чел.-дн.; *а*Р – трудоемкость ручных операций после внедрения механизации, чел.-дн.

Перспективный уровень механизации путевых работ: УК, К, УС, С, П, В – 95 %; Т – 80 %.

– *энерговооруженность труда* на путевых работах (отношение суммарной мощности энергоустановок *Ni*, используемых при производстве путевых работ, к общему числу рабочих основного производства), кВт/чел.;

– *норма выработки на одного человека* в час, трудоемкость работ. *Трудоемкость* – количество труда, основного и вспомогательного персонала комплекса машин, затрачиваемого на производство единицы продукции (чел.-дн./км; руб./км и др.):

**** (1.2)

где *Т*М-СМ*i* – затраты труда на одну машино-смену работы *i* – й машины; *n* – число типов машин; *Т*Р – затраты труда за смену вспомогательных рабочих, участвующих в производственном процессе; ПСЭК  – сменная эксплуатационная производительность комплекса машин в единицах продукции.

**1.4 Перечень основных путевых машин и механизмов**

**и их сокращенные названия**

Учитывая, что основной способ сношений на железнодорожном транспорте – телеграфно-телефонный, то все сообщения должны быть краткими. Поэтому для передачи информации широко используются сокращенные названия путевых машин, приведенные в табл. 1.5.

Сокращенные обозначения путевых машин и механизмов. Таблица 1.5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Полное название путевой машины | Сокращенное |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33  34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44  45  46  47  48  49  50  51  52  53  54  55  56  57  58  59  60  61  62  63  64  65  66  67  68  69  70  71  72  73  74  75  76  77  78  79  80  81  82  83  84  85  86  87  88  89  90 | Струг-снегоочиститель  Машина для нарезки кюветов  Кювето-траншейная машина  Машина уборочная (С – самоходная)  Землеуборочная машины Балашенко  Механизированный отделочный комплекс  Кусторез  Щебнеочистителъная машина системы  А.М.Драгавцева  Щебнеочистительная машина  Щебнеочистительная машина  Щебнеочистительна машина  Щебнеочистительна машина  Машина для вырезки балласта  Электробалластер  Планировщик балласта  Распределитель-планировщик балласта  Укладочный кран для пути звеньями РШР  Погрузочный кран дорожный  Моторная платформа дорожная  Укладочный кран для стрелочных переводов  Платформа для перевозки стрел. переводов  Путевой моторный гайковерт  Выправочно-подбивочно-рихтовочная  машина  Путевая машина автомат  Выправочно-подбивочно-рихтовочная  машина  стрелочная  Выправочно-подбивочно-отделочная машна  Динамический стабилизатор пути  Машина динамической стабилизации пути  Путевая рельсосварочная машина  Путевая тяговая машина  Тягово-энергетическая установка  Универсальный тяговый модуль  Тягово-энергетическая секция  Машина шпалозаменяющая  Хоппер-дозатор  Машина подготовки старогодных рельс  Кран путевых баз  Путеукладчик (тракторный) Бакарева  Рихтовочная машина  Балластно-уплотнительная машина  Состав для засорителей  Снегоуборочные машины  Снегоочиститель двухпутный плужный  Снегоочиститель плужный универсальный  Поезд снегоочистительный самоходный  Снегоочиститель трехроторный  Снегоочиститель фрезерно-роторный  Рельсоочистительная машина  Машина подавления растительности  Мотовоз погрузочно-транспортный  Дрезина грузовая крановая усиленная  Автомотриса грузовая дизельная  Прицеп-платформа  Путеремонтная летучка  Автомотриса служебная  Путевая рихтовочная машина  Моторный путеподъемник Трансп. строит.  Путерихтовщик системы Балашенко  Путеизмерительные тележки  Ультразвуковой рельсовый дефектоскоп  Магнитный рельсовый дефектоскоп  Поточная полуавтоматич. звеносбор. линия  Звеносборочная линия Хабаровского  института  Звеносборочная линия на ж/б шпалах  Поточная звеносборочная линия  Технологическая стендовая линия  Звеноразборочная линия стендовая  Рельсошлифовальный поезд  Рельсошлифовальные поезда «СПЕНО»  Вагон путеизмеритель  Путеобследовательская станция  Компьютерный вагон-лаборатория путевой  Автомотриса путеизмерительная  Автомотриса дефектоскопная  Диагностический нагрузочный комплекс  Путеизмерительные шаблоны  Рельсорезный станок  Рельсорезный станок с кругами  Рельсосверлильный станок  Рельсосверлильный станок  Малая рельсошлифовалка  Рельсошлифовалка на тележке  Шуруповерт электрический  Электрогаечный ключ  Путевой гаечный ключ  Электрошпалоподбойка  Электропневматический костылезабивщик  Машина для замены шпал  Гидравлический рихтовщик  Моторные гидравлические рихтовщики  Гидравлический разгонщик  Домкрат гидравлический | СС-1М, СС-3  МНК-1, СЗП-600  МКТ-1П  УМ-1, УМ-М, УМ-С  ЗУБ  МОК  СП-93Р  ЩОМ-Д, ЩОМ-4,  ЩОМ-4М  СЧ-600, СЧ-601, СЧУ-801  РM-76, РM-80, РМ-2002  ЩОМ-6БМ, ЩОМ-6У  ЩОМ-1200, ЩОМ-1200ПУ  АХМ-800, МВБ-150  ЭЛБ-3ТС, ЭЛБ-ЗМК, ЭЛБ-4  ПБ, ПБ-01  РПБ  УК-25/9–18  ПКД-25  МПД, МПД-2  УК-25СП, УК-25/28СП  ПП, ППК-2В, ППК-3В  ПМГ, МПГ-1М  ВПР-1200, ВПР-02, ВПР-04, Дуоматик 09-32 (09-3Х)  ПМА-1  ВПРС-02, ВПРС-03,  ВПРС-05, Унимат 08-275/3S, Унимат 08-475/4S, ПМА-С  ВПО-3000(М), ВПО-3-3000  ДСП-С, ДСП-6С  МДС  ПРСМ-4, ПРСМ-5, ПРСМ-6  ПТМ-630  ТЭУ-400, ТЭУ-1000  УТМ-1, УТМ-2М, УТМ-2А  ТЭС-1000, ТЭС-1200  МШЗ  ЦНИИ-ДВЗМ, ВПМ-770  МПСР  КПБ-10У  ПБ-2, ПБ-3, ПБ-ЗМ  Р-2000, Р-02  БУМ-1, БУМ-1М  СЗ-240-6П, СЗ-310-10П  СМ -2, СМ-5, СМ7  СДП, СДП-М  СПУ-Н  ПСС-1  ЭСО-3  ФРЭС-2  РОМ-3, РОМ-3М, РОМ-4  МПРС1-001  МПТ-4, МПТ-6  ДГКУ  АГД  УП-2  ПРЛ-3, ПРЛ-3/2, ПРЛ-4  АС, АС-4, АС-40у  ПРМ  МПТС  ПРБ  ПТ-7МК  УЗД  МРД  ППЗЛ-500, ППЗЛ-650  ЗЛХ-500,  ЗЛХ-800  ЗЛХ  ПЗЛ  ТЛС  ЗРС  РШП-48  RR-16, RR-48, RR-112  ЦНИИ-2  ЦНИИ-4МД  КВЛ-П1МП, КВЛ-2П (3П)  АМД, АСД,  АДЭ  СПМ-24, СМ-460, СПМ-18  ЦУП-2, ЦУП-3, «Измерон»  РМ-5Г  РМК  1024-В  РСМ-1  МРШ-3  ЧРА  ШВ  ЭК  КПУ  ЭШП  ЭПК  МСШУ  ГР-12  РГУ  РН-03, РН-04  ДГ, ДПГ |

*Основные направления, перспективы и тенденции развития путевых машин.* К современным и перспективным условиям эксплуатации путевой инфраструктуры можно отнести:

– устойчивое повышение грузонапряженности и увеличение протяженности линий с грузонапряженностью более 100 млн. т брутто км/км год;

– создание грузовых маршрутов с обращением грузовых поездов массой 6–12 тыс. т;

– введение в обращение грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками до 27–30 тс/ось;

– создание направлений со смешанным движением и обращением пассажирских поездов со скоростями до 160 км/ч.

Дальнейшее реформирование ремонтного путевого комплекса ОАО «РЖД», создание дочерних зависимых обществ (ДЗО) с передачей им соответствующих функций Департамента «Пути и сооружений» на базе заводов щебеночных, шпалопропиточных, по изготовлению железобетонных шпал, стрелочного завода, создание ДЗО «Дирекция по ремонту пути» с передачей в её подчинение путевых машинных станций (ПМС) и рельсосварочных поездов (РСП), имеет целью повышение качества ремонтов пути, обеспечивающих увеличение межремонтного тоннажа, повышение производственно-экономической эффективности в деятельности путевых машинных комплексов.

Для решения эффективности использования путевых машинных комплексов требуется:

– совершенствовать организацию системы контроля качества технологических операций, выполняемых при ремонтах, с разработкой автоматизированных устройств контроля и регулирования качества на путевых машинах;

– выбор рациональных режимов работы путевых машин в зависимости от условий проведения работ с обеспечением требуемого качества, особенно по очистке щебня, уплотнению балластного слоя, постановки пути в проектное положение;

– внедрение эффективных технологий, системы организации и планирования путевых ремонтных работ;

– обновление парка путевых машин за счет машин нового поколения с повышенными показателями качества по надёжности, производительности, особенно щебнеочистительных;

– сокращение номенклатуры разнотипных машин, узлов и агрегатов на основе унификации их конструкций;

– совершенствование системы технического обслуживания и ремонтов путевой техники;

– совершенствование структуры парка путевых машин, путем создания необходимых типов путевых машин нового поколения и их технических характеристик с учётом изменений конструкций и условий эксплуатации пути;

– внедрение недостающих технических средств, необходимых для проведения качественного ремонта и содержания пути, включая стабилизацию, балластировку и распределение балласта;

– создание выправочно-подбивочной машины с повышенным эксцентриситетом для локальной выправки пути с малой подъемкой, на участках с уплотненным щебнем;

– совершенствование измерительных систем выправочно-подбивочных машин с использование путеизмерительных средств для повышения скорости измерения положения пути перед его выправкой;

– для доставки бригад к месту работ и обратно при текущем содержании пути, в целях исключения потерь рабочего времени (составляют до 15-20%), необходимо использовать моторно-рельсовый транспорт (обеспечивающий укрытия от дождя, обогрев в холодное время и прием пищи) и транспорт на комбинированном ходу.

– разработка и внедрение технологий ремонтов пути с очисткой щебня на закрытых перегонах двумя или несколькими щебнеочистительными машинами и использованием остальных машин щебнеочистительного комплекса (ВПР, ДСП, хоппер-дозатор, ПБ и др.) на других путеремонтных работах до окончания очистки щебня на закрытом перегоне,

– разработка и внедрение АСУ использованием путевых машин, позволяющей определить местонахождение машин и рациональные маршруты их переброски на другие объекты ремонтов пути;

– внедрение технологий ремонтов пути в две-три смены, включая тёмное время суток, в том числе вахтовым методом, с сокращением пробегов путевых машин.

Требуемую производительность машины необходимо определять исходя из эксплуатационных расходов при выполнении работ вручную и машиной и целесообразности срока её окупаемости. Эффективную производительность машины можно определить по приближенной формуле:

 (1.3)

где *Q*г, *T*г – годовой объём работ и трудоёмкость их выполнения на 100 км пути; *К*2 – стоимость машины (без НДС), тыс. руб.

Основные направления и тенденции, предусмотренные для совершенствования парка путевых машин, позволяют обеспечить нормальную работу железнодорожного пути в условия повышенных нагрузок.

**2. МАШИНЫ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА**

**ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА**

**2.1 Неисправности земляного полотна и машины для его ремонта**

Земляное полотно – это основание железнодорожного пути. В процессе эксплуатации на него оказываются различные воздействия: динамическое и статическое силовое воздействие от поездов; метеорологическое воздействие факторов окружающей среды (дождь, снег, ветер, низкие и высокие температуры и др.); воздействие близлежащих водоемов и рек, вызывающих подмывание земляного полотна; зарастание земляного полотна растительностью (трава, кустарники, деревья); засорение поверхности и кюветов мусором, сбрасываемым с пассажирских поездов, сыпучими грузами вследствие выветривания и высыпания из грузовых поездов. В результате снижается устойчивость земляного полотна, оно под действием нагрузок начинает деформироваться, что приводит, в свою очередь, к деформациям верхнего строения пути, нарушению безопасности движения поездов. К основным неисправностям земляного полотна относятся балластные корыта, балластные ложи, карманы и др. Замерзающая зимой вода образует пучины. Для исправного содержания земляного полотна надо отводить из него воду, устраивая дренажи, прорези, штольни и др., которые необходимо содержать в исправном состоянии и очищать от наносимого ила, песка и грязи. Поперечный профиль земляного полотна должен соответствовать проектному положению, для чего надо срезать приподнятые и заросшие бровки, планировать обочины, в горных условиях укреплять откосы, выемки и удалять каменные осыпи. Периодически возникает необходимость регулировать растительный покров в зоне отвода, который нарушает видимость сигналов, состояния пути, перемещающихся рядом с путем объектов и приводит к нарушению стабильности балластной призмы.

Для механизации работ по ремонту земляного полотна используются общестроительные (экскаваторы, бульдозеры, скреперы, автосамосвалы и др.) и специализированные путевые машины. К последней группе машин относятся: путевые струги снегоочистители СС-1, СС-М и СС-3; машины для ремонта земляного полотна с фрезерно-роторным рабочим органом СЗП-600Р, МКТ, МНК-1, КОМ-300; машины для сооружения поперечных дренажей; машины для регулирования растительного покрова в зоне полосы отвода и на пути (кусторезы СП-93 и СП-93Р, машина для подавления растительности МПР, машины для опрыскивания растительности гербицидами РОМ-3М, РОМ-4 и др.), машины для очистки кюветов на базе промышленных тракторов.

**2.2 Путевой струг-снегоочиститель: устройство, технология применения, основы расчета**

На железных дорогах России используют струги-снегоочистители СС-1, СС-М и СС-3. Наиболее совершенной машиной является СС-3. Весной и летом его применяют на не электрифицированных участках для очистки старых и нарезки новых кюветов, планировки откосов балластной призмы, срезки и планировки откосов выемок и насыпей, срезки, планировки и перераспределения грунта на строительстве вторых путей. Зимой струг используют для очистки станций и перегонов от снега, а также для отвалки снега в местах выгрузки. Совмещение на одной машине земляного м снегоочистительного рабочего оборудования позволяет использовать машину по принятой технологии строительства, ремонта и текущего содержания пути круглый год.

*Струг-снегоочиститель* СС-3 (рис. 4.2) представляет собой несамоходную единицу СПС, передвигаемую при работе и транспортировке локомотивом. В средней части рамы *15* справа и слева установлены два земляных устройства, которые подвешены на портальной стойке *6* с пневмоцилиндрами их вертикального перемещения. Земляное устройство состоит из бокового крыла *3* с балластным подкрылком *14*, откосной части *2* и корневой части *13*, установленной на вертикальной направляющей колонне портальной стойки. Крыло *3* наклоняется в вертикальной плоскости телескопической тягой *5* с двумя пневмоцилиндрами, а крыло *2* – механизмом с пневмоцилиндром *4*. В рабочем положении земляное устройство поворачивается пнемоцилиндром *24* и фиксируется телескопическими распорками *17*-*19*. При повороте в плане наибольший вылет крыла от оси пути составляет 7,755 м. Планировка балластной призмы может выполняться дополнительными оправочными устройствами *12*, имеющими привод от пневмоцилиндра.

Для очистки путей от снега струг-снегоочиститель оборудован передним *9* и задним *23* отвальными устройствами, а также правым и левым боковыми крыльями *20*.

*Телескопическая распорка* для удержания земляного устройства в раскрытом положении состоит из труб *8* и *9*, входящих одна в другую. Конец одной трубы прикреплен к крылу, а второй – к раме машины шарнирами *7* и *10*. При повороте крыла длина распорок изменяется автоматически в зависимости от угла раскрытия крыла. Длину распорки и положение крыла фиксируют пневматическим стопором – пневмоцилиндром, установленным на наружной трубе *9*. Поршень *3* пружиной *4* отжимается в нижнее положение.

На конце штока закреплен фиксатор *2* с зубьями, находящимися в зацеплении с зубчатой рейкой *6*, приваренной к внутренней трубе *8*. Зубчатое колесо *5* направляет движение этой трубы и предотвращает ее поворот. Стопор в нормальном положении обычно застопорен, а при повороте крыла он отпускается. Для этого по трубопроводу *1* подается сжатый воздух под поршень *3*, который сжимает пружину и освобождает рейку.

*Земляное устройство* состоит из основной части *11* сварной или литой конструкции, на которой смонтированы три подвижных элемента: кюветная часть *12*, откосное крыло *1* и балластный подкрылок *9*. Кюветная часть установлена сзади крыла в направляющих *17* и может по ним перемещаться с помощью пневмомотора *20* через редуктор *15* и винтовую передачу *16*. Откосное крыло *1* прикреплено к основному крылу *11* через петлевой шарнир *2* и сектор *13*. Сектор может поворачиваться с крылом вокруг шарнира *14* и закрепляться в требуемом положении на криволинейной направляющей *3*. Откосное крыло поворачивается пневмоцилиндром *8* чрез механизм, состоящий из направляющей *7*, ползуна *6* и тяги *5* и фиксируется в вертикальной плоскости пневмостопором *19*, а в плане – телескопической распоркой *19*. На нижних кромках крыльев и кюветной части устанавливаются подрезные съемные ножи, позволяющие уменьшить абразивный износ рабочих поверхностей земляного устройства. Для нарезки или очистки кюветов кюветная часть *12* выдвигается, а режущая кромка откосного крыла *1* устанавливается параллельно режущей кромке кюветной части. При планировочных работах на откосе или на основной площадке земляного полотна кюветная часть *12* задвигается за крыло *11*, а режущие кромки откосного и основного крыльев устанавливаются в одну линию друг с другом.

Планировка откоса балластной призмы может производиться, помимо оправочного устройства, также балластным подкрылком *9*, который поворачивается вокруг оси и устанавливается под углом, соответствующим наклону откоса балластной призмы.

*Крыло* *1* земляного устройства подвешено к портальной раме на укосине *6*, вертикальная часть которой состоит из трубы *5*, надетой на колонну *7*. К верхней части укосины крепится наклонная телескопическая тяга *4*, а к корневой части *3* на оси прикреплено крыло *1*, поворачивающееся в вертикальной плоскости этой тягой для изменения угла наклона режущей кромки. Кронштейн *8* верхней обоймы укосины *6* соединен со штоком подъемного пневмоцилиндра *9*, закрепленного внутри рамы струга. При выдвижении штока цилиндра укосина с крылом поднимаются, скользя по колонне *7*. В поднятом положении крыло стопорится штырями.

*Телескопическая наклонная тяга* предназначена для изменения наклона крыла. На её раме *2* закреплён пневмоцилиндр *1.* Шток цилиндра присоединён к подвижной трубе 5 с зубчатой рейкой 7. Эта труба перемещается в неподвижной трубе *6,* на которой смонтирован пневмостопор *8* такой же конструкции, как и на телескопической распорке. Воздух в пневмоцилиндр подается по воздухопроводу *4.* Перекос внутренней трубы предотвращает направляющее зубчатое колесо *10,* закреплённое на неподвижной трубе. Колесо вращается при движении рейки. Подвижная труба с шарниром *11* соединена с крылом. При выдвижении поршня пневмоцилиндра крыло наклоняется, поворачиваясь вокруг его оси. Таким образом, каждое боковое крыло в рабочем положении опущено и наклонено. В транспортном положении кюветная часть вдвинута за основную, откосное крыло занимает верхнее положение и всё крыло посредством подъемного пневмоцилиндра и наклонной тяги поднято в крайнее положение. В аварийном режиме для подъема земляных устройств в транспортное положение используется электрическая лебедка, привод которой обеспечивается от дизель-электрического агрегата, установленного в передней кабине струга.

Отвальные устройства *9* и *23* служат для очистки путей от снега. Они имеют два отвала криволинейной формы, которые через шарниры устанавливаются на подъемных рамах. Подъемные рамы подвешиваются на основной раме машины через пружинные амортизаторы и соединены с ней подъемными пневмоцилиндрами. Амортизаторы позволяют производить быстрый подъем устройства в транспортное положение во время работы при возникновении препятствий (рабочая скорость машины при очистке снега до 80 км/ч). Отвалы в рабочем положении могут разворачиваться в плане пневмоцилиндрами через рычажные передачи и закрепляться в этом положении распорками с фиксаторами. В нижней части каждого отвала закреплены криволинейные подкрылки *9* и *21*. При работе подкрылки вручную поворачиваются и фиксируются относительно отвалов, расширяя зону очищаемой полосы до 3,2 м.

В зависимости от условий работы отвалы *4* и подкрылки *3* могут устанавливаться на подъемной раме *2* для работы по однопутной схеме с отбросом снега в обе стороны от оси пути (схемы *а* и *б*), либо по двухпутной схеме с отбросом снега в полевую сторону направо (*в*) или налево (*г*). В этом случае крыло со стороны междупутья фиксируется распоркой *5* с дополнительным стопором. Если скорость движения машины превышает 25-30 км/ч, происходит интенсивное отбрасывание снега в сторону по криволинейным поверхностям отвалов. При приведении отвального устройства в рабочее положение автосцепка *8* (см. рис. 4.2) втягивается пневмоцилиндром, а отверстие закрывается дополнительными щитками.

Для увеличения ширины очищаемой зоны до 6 м используются боковые крылья *1* (схемы *а*, *в* и *г*). Схема *б* называется схемой тарана и используется также для динамической пробивки снежного заноса глубиной до 2,0 м и образования пионерной траншеи, которая затем при втором проходе расширяется боковыми крыльями.

Струг-снегоочиститель может работать в комплекте со снегоуборочной машиной для перевалки снега на соседний путь, или для отодвигания снежного отвала от пути в месте выгрузки. В этих случаях используется отвальное и земляное устройство. Снег после перевалки на станции убирается снегоуборочной машиной.

Привод рабочих органов струга-снегоочистителя пневматический от компрессора локомотива. Воздух в пневмосистему поступает через клапаны максимального давления, позволяющие поддерживать стабилизированное рабочее давление 0,6 МПа, независимо от давления в тормозной системе. Управление пневмоцилиндрами производится через краны, сгруппированные функционально на пультах управления в передней и задней кабинах.

Струг-снегоочиститель это многофункциональный машинный агрегат, поэтому расчеты могут преследовать разнообразные цели и существенно отличаться по методикам. Например, целями расчета могут быть: определение сопротивлений движению струга в сцепе с локомотивом при работе в различных режимах и транспортировке для выбора локомотива с оптимальными тяговыми характеристиками; расчет устойчивости струга против поперечного опрокидывания при его движении во время работы с максимально открытым земляным устройством; расчет устойчивости против схода с рельсов при работе земляным устройством; расчет нагрузок на рабочее оборудование с целью оценки прочности или параметров привода; расчет технических параметров струга, определяющих возможность его работы в заданных эксплуатационных условиях, например, оценка производительности и т.д.

В качестве примера рассмотрим методику *тягового расчета* струга при планировке основной площадки земляного полотна. Цель расчета заключается в определении общего сопротивления движению, которое необходимо преодолевать в расчетных условиях, прикладывая к автосцепке машины силу тяги локомотива. Струг движется со скоростью *V*м,км/ч, планируя одним земляным устройством указанную поверхность. Сопротивление движению струга, Н, складывается из двух составляющих:

 (2.1)

где Σ*W*п, Σ*W*р  – составляющие сопротивления движению машины как единицы СПС, определяемые по методике, изложенной в п. 2.8, и реакции срезаемого слоя грунта, спроектированные на продольную ось машины, Н;

При расчете сопротивления, связанного с работой земляного устройства, процесс копания грунта рассматривается как работа плуга, а расчет сопротивлений производится по методике, предложенной проф. Н.Г. Домбровским. Силы, приложенные к поверхностям земляного устройства, направлены перпендикулярно и по касательной к ней. Для определения составляющих, приводящих к необходимости преодолевать сопротивление движению, силы проектируются на направление движения машины. Сопротивление перемещению струга, вызванное взаимодействием отвалов элементов земляного устройства и грунта, Н;

 (2.2)

где *W*рез, *W*пв, *W*со – тяговые сопротивления, вызванные силами резания грунта, силами, возникающими при волочении вала грунта перед земляным устройством, и силами, связанными со скольжением поверхности отвала земляного устройства по валу грунта, Н.

Составляющая сопротивления движению струга, связанная с резанием грунта, Н:

 (2.3)

где  – усилие резания грунта земляным устройством, Н; α – угол наклона земляного устройства к продольной оси струга, град; *K* – удельный коэффициент сопротивления резанию, зависящий от свойств грунта и изменяющийся в пределах *К* = 50×103 – 120×103 Н/м2; *h* – толщина срезаемого слоя грунта, м; Σ*bi* – суммарная длина режущих кромок ножей, м.

Сопротивление движению струга, вызванное сопротивлением движению призмы волочения, Н;

 (2.4)

где  – усилие, затрачиваемое на перемещение призмы волочения, Н; *H* – расчетная высота призмы волочения, м; ϕ – угол естественного откоса грунта в движении, град; ρ – плотность грунта в разрыхленном состоянии, кг/м3; *g* – ускорение свободного падения, *g* = 9,8 м/с2; *f* – приведенный коэффициент трения грунта по грунту, f = 0,6 – 0,8.

Составляющая сопротивления движению машины, обусловленная трением поверхностей отвалов элементов земляного устройства по грунту, Н:

 (2.5)

где  – касательная сила трения скольжения вала грунта по земляному устройству, Н; *f*ос – коэффициент трения скольжения стали по грунту, *f*ос = 0,3 – 0,5.

Полученное по (2.1) значение суммарного сопротивления сравнивается с тяговыми характеристиками локомотивов. Если выбранный локомотив в состоянии обеспечить расчетную тягу на автосцепке при требуемой скорости движениях, то его применение возможно в принятых для расчета условиях.

Разность между силой тяги *T*k, которую способен развить локомотив в принятых расчетных условиях, и сопротивлением движения струга Σ*W*сn называется избыточной силой тяги локомотива. Она, при необходимости, может быть реализована для разгона рабочего поезда (локомотив + машина) или для преодоления неучтенных сопротивлений, если они будут иметь место на практике. Используя методику можно построить графики изменения суммарных сопротивлений движению рабочего поезда Σ*W*с*1*, Σ*W*с*2*, Σ*W*с*3* при изменении скорости движения *V*м для различных режимов резания грунта. Точки A1, A2 и A3 пер6есечения графиков тяговой характеристики локомотива и сопротивлений рабочего поезда соответствуют предельным режимам работы при максимальной скорости. Режимы выше графика тяговой характеристики локомотива не могут быть реализованы, ниже – могут быть реализованы данным локомотивом.

Технические характеристики путевых стругов, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | СС-1 | СС-1М | СС-3 |
| Скорость, км/ч:  земляные работы  очистка снега на пере-  гонах | До 10  До 40 | До 15  До 80 | До 15  До 80 |
| Наибольший вылет земляного устройства, м: | 7,5 | 7,55 | 7,55 |
| Угол открытия земляного устройства, град: | 30-45 | 30-45 | 30-45 |
| Толщина очищаемого слоя снега, м: | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Ширина очищаемого слоя снега, м: | 5,2 | 5,2 | 6,0 |
| Заглубление кюветной части от УВГР, м | 1,92 | 1,8 | 1,8 |

**2.3. Машины активного действия для нарезки и ремонта водоотводных устройств земляного полотна (устройство, технология применения)**

Первые паровые экскаваторы на рельсовом ходу были успешно использованы в строительстве железной дороги Москва – Санкт-Петербург (1842–1851 гг.). Впоследствии экскаваторы стали широко применяться в железнодорожном строительстве. Путиловский завод (С.-Петербург) в 1902 году начал производство отечественных экскаваторов на рельсовом ходу.

В современных машинах активного действия для нарезки и ремонта водоотводных устройств земляного полотна реализована идея установки рабочего оборудования роторного экскаватора поперечного копания на специальную железнодорожную платформу. Это позволяет производить нарезку кюветов, их очистку, углубление и расширение, планировку траншей, откосов земляного полотна и некоторые другие земляные работы при грунтах I–III групп. Выкапываемые излишки грунта грузятся на СПС для вывоза с перегона или укладываются рядом с земляным полотном. Машины могут производить земляные работы при наличии опор контактной сети и искусственных объектов в зоне отвода вблизи пути.

*2.3.1. Самоходный землеуборочный поезд СЗП-600Р*

Самоходный землеуборочный поезд, выпускаемый ОАО КЗ «Ремпутьмаш», состоит из тягового модуля УТМ-1, который соединен с базовой машиной СЗП-600Р, и вагона прикрытия ВП-1. При работе базовая машина сцепляется с СПС для вывоза засорителей, а при постановке комплекса в состав поезда для транспортировки вагон прикрытия прицепляется с другой стороны машины под транспортером.

Базовая машина имеет раму *27*, которая устанавливается на трехосных ходовых тележках 18-102 или 18-522 с дополнительными механизмами отключения рессор при работе. Помимо автосцепок *31*, для повышения поперечной устойчивости при работе машина опирается на тяговый модуль через дополнительное устройство *17* с приводом от гидроцилиндров. Рабочее оборудование включает стрелу *9* с установленным на ней многоковшовым ротором *14*. Стрела шарнирно закреплена на поворотной клети *5* с противовесом *3* и может поворачиваться в вертикальной плоскости двумя гидроцилиндрами *28*. В нижней части стрелы смонтированы основной *8* и очистной *26* конвейеры. При работе машины выбираемый грунт перемещается основным конвейером на выбросной конвейер *1*, который при установке вдоль машины перегружает грунт на СПС, или при повороте – в отвал. Очистной конвейер перемещает осыпавшийся грунт в траншею к ротору, предотвращая загрязнение пути и машины. Машина оснащена двумя плугами *21* с шарнирно-рычажной системой их перемещения в рабочее и транспортное положения. Плуги используются для планировки стенок траншей и поверхности земляного полотна.

Управление рабочими операциями машины осуществляется из кабины *15*, обеспечивающей повышенную обзорность фронта работы. Привод рабочего оборудования машины гидравлический от насосной станции *16*. Электродвигатели насосной станции получают питание от дизель-электрического силового агрегата тягового модуля.

Ротор *7* (рис. 4.11, *а*) подвешен на стреле через систему, позволяющую производить его активное манипулирование путем поворота в плане на угол 180° и наклона в вертикальной плоскости на угол, достаточный для вертикальной установки ротора при максимальном заглублении и его повороте в плане перпендикулярно направлению рабочего движения. Механизм поворота ротора в плане содержит два гидроцилиндра *2*, установленных сверху стрелы. Каждый гидроцилиндр связан с ускоряющим полиспастом, содержащем блок *23*, установленный в направляющих *18*. Тросы *12* полиспастов проходят через отклоняющие блоки *4*, *11*, направляющие *21* и закрепляются за ротор *7* через коуши *19*. С другой стороны они закреплены на натяжных устройствах *20*. Рама ротора через кронштейны *9* и вертикальную ось *22* устанавливается в наклонном кронштейне *8*, что позволяет ротору поворачиваться в плане на необходимый угол. Наклон ротора в вертикальной плоскости производится гидроцилиндром *6* за счет наклона кронштейна *8*.

Рама *6* клети устанавливается на раме машины через роликоподшипниковый опорно-поворотный круг *26*. Механизм поворота клети со стрелой *9* состоит из двух гидроцилиндров *13*, которые закреплены за кронштейны *11* и поддерживаются опорами *12*. Гидроцилиндры через коуши *14* соединены с тросами *15*, огибающими блоки *16* и закрепленными на подвижной части поворотного круга *26*. Система позволяет обеспечить поворот стрелы в плане на угол до 50° в любую сторону. Выбросной поворотный конвейер *29* также устанавливается на роликоподшипниковом поворотном круге *19*. Поворот конвейера в плане на угол до 75° производится через внутреннее зубчатое зацепление *24* и редуктор *25* гидромотором *22*. Изменение наклона конвейера *29* в вертикальной плоскости производится гидроцилиндром *31* через тросовую подвеску. Гидроцилиндр шарнирно закреплен на укосине *3*, которая может поворачиваться в плане вокруг подшипникового узла *5*. Чтобы предотвратить опасное сближение клети и поворотного конвейера при их повороте в одну сторону, в системе применен концевой выключатель *18*, срабатывающий при угле сближения 65°.

Для предотвращения разбрасывания грунта с конвейера *8* служит отбойник *3*, подвешенный через подвеску *4*.

На роторе *6* закреплены ковши *1*, образующие бескамерную конструкцию ротора. При работе ротор вращается с угловой скоростью ωр и одновременно осуществляется движение подачи со скоростью *V*м. Так как ковши не имеют донных стенок, то грунт поднимается по поверхности *4*, образующей запорный сектор. В зоне разгрузочного сектора *3* под действием веса грунт высыпается из ковшей и по наклонному лотку *7* спускается на основной конвейер *5* и перемещается к выбросному конвейеру. Вращение ротора 6 осуществляется гидромотором *11* через планетарный редуктор *12*.

Форма режущих кромок ротора способствует уменьшению влияния блокированного резания грунта в траншее. При необходимости ковши могут переустанавливаться на роторе для его вращения в противоположном направлении.

Плуг состоит из двух отвалов *9*, соединенных между собой петлевым шарниром *12*, ось которого, в свою очередь, установлена на кронштейне *11*. На этом же кронштейне установлен упор *16*. Отвал соединен шарнирно с двумя гидроцилиндрами *10*, соединенными также шарнирно с упором. Такая конструкция позволяет разворачивать отвалы для установки их относительно планируемой поверхности. Подъем и опускание плуга производится шарнирно-рычажной системой, включающей балку *8*, через шарнирный узел закрепленную на корневой части *6*. Корневая часть через ве6ртикальную ось закреплена на раме *4* машины через кронштейн *7*. Балка в плане поворачивается гидроцилиндром *14*, связанным с ней и с рамой машины универсальными шарнирными узлами *14* и *15*. Гидроцилиндром *5* балка *8* наклоняется в вертикальной плоскости, а гидроцилиндром *3* наклоняется кронштейн *11* вместе с отвалами *9*.

В транспортном положении плуг закрепляется на упорах *1* и *2*.

*2.3.2. Кюветно-траншейная машина МКТ*

Кюветно-траншейная машина МКТ, выпускаемая ЗАО «Тулажелдормаш», имеет аналогичное СЗП-600Р назначение и работает в составе с тяговым модулем ПТМ-630 или ТЭУ-630 и СПС для перевозки засорителей. Экипажная часть машины содержит раму *27* с двухосной *39* (типа 18-100) и трехосной *14* (типа 18-102) ходовыми тележками, оснащенными системой блокировки рессор.

Рабочее оборудование включает многоковшовый ротор *2* с *10* ковшами *3* бескамерной конструкции, стрелу *10*, соединенную с поворотной клетью *13* через оси *15* и гидроцилиндры *28*. Клеть установлена на раме *38* через опорно-поворотное устройство и может поворачиваться вместе со стрелой *10* в плане двумя гидроцилиндрами *25*. Ротор *2* также может поворачиваться на угол 180° с помощью механизма 6, приводимого гидроцилиндрами *12* через трособлочную передачу *8*, *9* и *11*. На стреле *10* установлен противовес *16*. В нижней части стрелы установлены основной *31* и очистной *32* конвейеры. Материал с основного конвейера через отбойник *26* поступает на поворотный разгрузочный конвейер *18*, который также может поворачиваться в плане и в вертикальной плоскости гидроцилиндром *17* через растяжку *19*. Конвейер имеет концевую секцию *21*, которая поднимается в рабочее и опускается в транспортное положение гидроцилиндрами *20*. Это исключает применение вагона прикрытия.

Ковшевой ротор *2* устанавливается на раме *4* через направляющие ролики *7* и приводится открытой зубчатой передачей *37* через редуктор и электродвигатель. В верхней части рамы установлен поперечный конвейер *5* передачи выкопанного грунта на основной конвейер.

Электрические системы машины и тягового модуля соединяются кабелями через блок розеток *40*.

Промышленностью выпускаются и другие аналогичные несамоходные и самоходные машины. Краткие данные их технических характеристик приведены в табл. 4.2.

**3. МАШИНЫ ДЛЯ БАЛЛАСТИРОВКИ И ПОДЪЕМКИ ПУТИ**

Машины этого класса выполняют работы по формированию балластной призмы после выгрузки балластного материала. Одновременно с этим они устанавливают путевую решетку в положение, являющееся исходным по проекту.

**3.1 Общие сведения. Классификация**

Основные работы по формированию балластной *призмы, или балластировочные* работы, сводятся к направлению балластного материала: в зону под шпалами поднимаемой путевой решетки, в шпальные ящики (промежутки между двумя соседними шпалами), в откосно-плечевые или междупутные зоны (на многопутных участках) с планированием поверхности балластной призмы, уборкой и перераспределением излишков балласта. Одновременно с подъемкой путевой решетки для достижения требуемого положения производится ее сдвиг в плане и установка по уровню, т.е. возвышение одного рельса над другим (в кривых).

Направление материала в балластную призму с одновременным его перераспределением, называется *дозированием* балласта. Рабочие органы машин, предназначенные для его выполнения, называются *дозаторами*. Технология дозирования балласта машинами, в основном, сводится к двум случаям. В первом случае балласт предварительно выгружается из подвижного состава (думпкары, платформы) на обочины пути, а затем направляется к оси пути на путевую решетку. Во втором случае балласт выгружается на путевую решетку сверху из хоппер-дозаторов, оснащенных специальными разгрузочно-дозирующими устройствами, т.е. разгрузка и дозирование совмещены.

После дозирования балластного материала он подается под подошвы шпал. Для этого путевая решетка поднимается в рабочей зоне на необходимую высоту *H*выв , после чего образовавшееся пространство заполняется материалом. На практике используются несколько способов такого заполнения. Балласт, находящийся выше подошв шпал, проваливается сквозь шпальные ящики под действием силы тяжести. Если он зависает в шпальных ящиках, то используются специальные рабочие органы – *пробивщики*. Под подошвами шпал балласт разравнивается натянутыми поперечно пути стержнями – *струнками*, или планировочными ножами плугового типа. Принудительную подачу балласта в зону под подошвами шпал осуществляют уплотнительными рабочими органами.

В зависимости от высоты вывешивания путевой решетки в рабочей зоне, различают: способ подведения балласта при «плавающих» шпалах, когда высота вывешивания относительно невелика, поэтому шпалы погружены в призму, и способ «свободных» шпал, когда они полностью приподнимаются над балластным основанием. Первый способ характерен для работ по выправке продольного профиля пути, а второй – для постановки пути на балластное основание.

Технологический процесс подъемки пути состоит из вывешивания путевой решетки на необходимую высоту *H*выв, сдвига *S*сдв базового и возвышение *h*воз небазового рельса относительно первоначального уровня в сечении расположения подъемного рабочего органа, подведения балластного материала в образовавшееся пространство под подошвами шпал с одновременным планированием поверхности опирания шпал и опускания. В результате путевая решетка поднимается на новый уровень, расположенный выше первоначального на высоту технологической подъемки *h*под.

В соответствии с используемой технологией разработаны принципиальные конструктивные схемы машин, реализующие методы работы: а) с полной опорой на рельсы с дозированием и вывешиванием путевой решетки на участке между двумя опорно-ходовыми устройствами: хоппер-дозаторы; электробалластеры (ЭЛБ-3М, ЭЛБ-3МК, ЭЛБ-4К); прицепные однопролетные путеподъемники (МПП-5, МРП-600 и др.); б) с опорой на земляное полотно или лежащий балластный материал – путеподъемники циклического действия (МПТС-1К, ПРМ-3Г и др.).

Большинство путевых машин используют метод с опорой на балласт с двух сторон участка вывешивания, т.к. прижатие путевой решетки в двух точках стабилизирует ее положение во время работы с способствует более точной установке. Методы с частичной опорой на рельсы и с опорой на основание используются реже, т.к. в этом случае положение путевой решетки на участке вывешивания недостаточной фиксируется, поэтому она ложится на балласт менее точно.

**3.2 Электробалластеры ЭЛБ-3МК, ЭЛБ-4К**

Электробалластеры являются универсальными многооперационными высокопроизводительными машинами непрерывного действия, предназначенными для постановки пути на балластное основание при выполнении работ по строительству и техническому обслуживанию пути, предусмотренных действующей системой ведения путевого хозяйства. Электробалластеры выполняют дозировку балласта, предварительно выгруженного вдоль пути, срезку балласта у торцов шпал, планировку откосов и междупутных зон призмы, подъемку путевой решетки на формируемый балластный слой. Производят грубую выправку и рихтовку пути, оправку обочин земляного полотна, работы на щебеночных базах для формирования штабелей балластных материалов, подъемку пролетных строений малых мостов при ремонте. К настоящему времени наибольшее распространение на сети ОАО «РЖД» нашли двухсекционные электробалластеры пролетного типа ЭЛБ-3М, ЭЛБ-3МК и ЭЛБ-4К.

База для размещения рабочего оборудования у всех электробалластеров принципиально одинакова. Электробалластер ЭЛБ-4К состоит из двух секций – направляющей и рабочей. Экипажную часть направляющей секции составляет сварная ферма *4* с двумя балками двутаврового сечения, соединенными поперечными связями. В передней части ферма опирается на двухосную ходовую тележку *34*, а в средней части – на четырехосную ходовую тележку *29*. Экипажная часть рабочей секции включает сварную ферму *7* аналогичного устройства. Ферма в задней части опирается на путь посредством двухосной ходовой тележки *13*, а в передней части – на ферму направляющей секции через сферический шарнир *27*, позволяющий обеспечить компенсацию относительных угловых смещений ферм при движении в кривых, через переломы продольного профиля, а также по неровностям. Максимальное значение угла относительного поворота ферм ϕmax = 17° 24′, что позволяет электробалластеру проходить кривые радиусом *R* = 100 м и более. Фермы соединены друг с другом двумя тягами *5* с пружинными амортизаторами. Тяги располагаются выше шарнира и служат для повышения поперечной устойчивости рабочей секции за счет передачи части опрокидывающих моментов на направляющую секцию, а также для предотвращения чрезмерного поперечного раскачивания рабочей фермы при движении. Электробалластер оборудован автосцепками *11*, тормозной системой с пневматическим приводом и сигнальными устройствами.

Основное технологическое рабочее оборудование электробалластера включает дозатор *33*, размещенный на ферме направляющей секции, подъемно-рихтовочное устройство *20* (ПРУ), балластерные рамы *21*, рабочий орган рихтовки пути (рихтующая балка) *22* и рабочий орган для динамической стабилизации пути *17* с электроприводом *16*, расположенные на ферме рабочей секции.

Кроме того, электробалластер оснащён вспомогательными рабочими органами. Безопасное движение ходовых тележек по рельсовой колее обеспечивают пассивные *32* и активные *31* рельсовые щетки и пассивные шпальные щетки *14*, которые сбрасывают балласт с рабочих поверхностей головок рельсов и сметают его с поверхностей шпал. Устройство *19* для пробивки балласта в шпальных ящиках предотвращает его зависание при вывешивании путевой решетки. Для уплотнения балласта у торцов шпал служат два виброуплотнителя *30*, по конструктивному устройству аналогичные уплотнителям машины ВПО-3-3000.

Контрольно-измерительная система рихтовки пути содержит измерительные тележки *28*, *26*, *23*. *15* и трос-хорду *18*. Устройством *25* обеспечивается прижим РШР при рихтовке пути в четырехточечном режиме измерения.

При работе машина передвигается тепловозом. Управление рабочими процессами производится из передней *2* и центральной *6* кабин, и пультов управления *24*, расположенных под центральной кабиной. Задняя кабина *10* используется для бытовых нужд экипажа машины.

Источником энергии служит дизель-электрический агрегат *1* переменного тока. Машина имеет два насосных агрегата *3*, *9*. Для привода рабочих органов применены электрические, гидравлические и пневматические трансмиссии. В нестандартных ситуациях используется дополнительный дизель-электрический агрегат *8*. Кинематическая схема вписывания электробалластера в круговую кривую обеспечивает нахождение ПРУ всегда по оси пути в круговой кривой и на прямой, т.к. конструктивные расстояния между шкворневыми сечениями ходовых тележек, осью междуферменного шарнира и ПРУ выбраны с учетом осевой симметрии в плане относительно междуферменного шарнира. Это упрощает управление корректировочными смещениями ПРУ при работе в кривых. При работе в переходных кривых и проходе сопряжений пути необходимо производить дополнительные корректировочные смещения ПРУ для предотвращения одностороннего сдвига пути с проектной оси.

**Техническая характеристика**

Минимальный радиус проходимых кривых, м . . . .…100

Скорость при подъемке пути, км/ч . . . . . . . . . . …...до 10

Скорость при рихтовке пути, км/ч . . . . . . . . . . …... до 5

Скорость при стабилизации пути, км/ч . . . . . …… до 3

Высота подъемки РШР, мм . . . . . . . . . . . . . . . . . ……. 350

Величина сдвига пути, мм . . . . . . . . .. . . . . . . . ……. . ± 250

Перекос пути в обе стороны, мм . . . . . . . . . . . …… . . 200

Управление рабочими органами . . . . …… дистанционное

Обслуживающий персонал, чел. . . . . . . .. . . ……. . . . . . . 4

**3.3 Планировщик балласта ПБ-01 (устройство, технология применения)**

Машина предназначена для планирования и перераспределения свежеотсыпанного балласта при всех видах ремонта и текущем содержании железнодорожного пути, а также может применяться при его строительстве. Она производит планирование материала по всей ширине балластной призмы, его перераспределение внутрь или наружу колеи, переброску справа налево или слева направо между зонами примыкания к торцам шпал (откосной или междупутной). Кроме того, машина очищает рельсовые скрепления от балласта и производит обметание поверхностей шпал с выбросом в сторону излишков балласта.

Экипажная часть планировщика балласта ПБ-01 состоит из сварной рамы *2*, которая опирается на переднюю *9* и заднюю *14* колесные пары. Дизель *14* и силовой привод *10* машины в значительной степени унифицирован с силовым приводом машин ВПР. В транспортном режиме движения машины вращение от вала дизеля передается на переднюю колесную пару через муфту сцепления, коробку перемены передач, реверс-раздаточную коробку и осевой редуктор, соединенные между собой карданными валами. В рабочем режиме вращение от вала дизеля передается на валы насосов, установленных на реверс-раздаточной коробке. Привод передней колесной пары *9* осуществляется от основного гидромотора (ходоуменьшителя) через реверс-раздаточную коробку, а задней колесной пары *14* – от дополнительного гидромотора через осевой редуктор, который имеет разъединительную зубчатую муфту рабочего хода. Привод на две колесных пары в рабочем режиме позволяет увеличить сцепной вес машины для преодоления дополнительных сопротивлений.

В передней части рамы установлен топливный бак *5*, а в средней части – бак *3* объемного гидропривода. Машина оснащена типовой тормозной системой *7*, автосцепками *6*. Это позволяет транспортировать ее в составе хозяйственного поезда при следовании к месту работ на перегон и обратно.

Управление машиной в рабочем и транспортном режимах осуществляется из кабины *1*.

Для выполнения основных и вспомогательных технологических операций планировщик балласта оснащен рабочим оборудованием, которое включает рельсовые щетки *8* активного действия, центральный плуг *12*, два боковых плуга *11*, туннельные балки *13* и подборщик излишков балласта с поверхности шпал, состоящий из щеточного ротора *16* и выбросного ленточного транспортера *15*. По конструкции и принципу действия подборщик аналогичен подборщику машины ВПО-3-3000С.

Центральный плуг предназначен для планирования и перераспределения излишков балласта по всей ширине балластной призмы, включая откосно-плечевые и междупутные зоны. Он состоит из правой *8* и левой *12* рам, установленных на вертикальной оси *11*. Рамы в плане поворачиваются гидроцилиндрами *10*, обеспечивая соответствующую установку в плане щитов для направления балласта. На поворотной раме в направляющих *13* установлен боковой щит *3*, который через петлевой шарнир вязан с поворотным крылом *1*. Перемещение щита *3* с крылом *1* в вертикальном направлении производится гидроцилиндром *4*. При опускании в рабочее положение щит вырезом в нижней части устанавливается на туннельной балке *16*, которая прикрывает сверху рельсы и скрепления от попадания балласта при его перевалке плугом. Крыло *1* при работе может поворачиваться в плане гидроцилиндром *2*. На рамах *8*, *12* через направляющие установлены также центральные щиты *7*, соединенные с гидроцилиндрами *6* для их вертикальной установки. В случае работы планировщика на пути с железобетонными шпалами, имеющими углубления в средней части, центральные щиты опускаются ниже, а при работе на пути с деревянными шпалами нижние кромки боковых и центральных щитов устанавливаются на одном уровне. В зависимости от схемы распределения балласта при работе, щиты могут подниматься или опускаться в рабочее положение независимо друг от друга. По концам рам *8* и *12* через вертикальные оси устанавливаются боковые плуги через корневые кронштейны *15*. Боковые плуги поворачиваются в плане гидроцилиндрами *5*.

Боковой плуг предназначен для планирования балласта на откосах и междупутье. Он содержит корневой кронштейн *8*, установленный через вертикальную ось на поворотной раме *10*. Плуг может поворачиваться и фиксироваться в плане на угол α гидроцилиндром *11*. Отвал *2* плуга через шарнирный узел установлен на стреле *6*. Стрела в вертикальной плоскости поворачивается гидроцилиндром *1*, а отвал – гидроцилиндром *7*. Отвал через петлевой шарнир соединен с крылом *4*. Крыло поворачивается относительно отвала гидроцилиндром *3*. Системой концевых выключателей *5* и *9* блокируется поворот кронштейна *10*, если боковой плуг не занял транспортное положение, при котором исключено его касание частей рамы машины и возможное повреждение. Отвал *2* с крылом *4* при работе устанавливается в положение, соответствующее профилю балластной призмы.

Расчетным способом определяются свойства планировщика, позволяющие ему реализовать рабочий и транспортный режимы. Например, определяются тяговые характеристики, позволяющие осуществлять планировочные работы, нагрузки на рабочие органы и др. Методики определения нагрузок, как правило, являются типовыми (сопротивления движению как единицы ССПС, рабочие сопротивления плугового рабочего органа и т.д.). Некоторые методики излагаются в настоящем учебнике.

Основные данные технической характеристики планировщика балласта ПБ-01 приведены в табл. 3.3.

Технические характеристики машин для планировки и уплотнения балласта Таблица 3.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | ПБ-01 | РБ | РПБ |
| Рабочая скорость передвижения, км/ч:  - при работе центральным плугом  - при работе боковыми плугами  - при работе подборщиком | 20  6  2 | 17  6  2,5 | 20  6  3 |
| Максимальная толщина обрабатываемого слоя, м:  - центральным плугом  - боковыми плугами  - подборщиком | 0,1  0,1  0,04 |  | 0,2  0,2  0,04 |
| Ширина зоны захвата, м:  - центральным плугом  - боковыми плугами  - подборщиком | 3,6  6,4  2,6 | 4,1  6,8  2,6 | 3,6  6,7  2,6 |
| Объем бункера, м3: | – | 5 | 7 |
| Мощность дизеля, кВт: | 176 | 243 | 243 |
| Масса, т: | 30 | 52 | 70 |
| Транспортная скорость, км/ч:  - своим ходом  - в составе хозяйственного поезда или отдельным локомотивом | 80  100 | 80  100 | 100  120 |

**4 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОДВИЖНОЙ**

**СОСТАВ**

Для перевозки и выгрузки по фронту работ балластных материалов и материалов для отсыпки земляного полотна в путевом хозяйстве применяют специализированные саморазгружающиеся полувагоны (хоппер-дозаторы), вагоны-самосвалы и поезда с системой напольных транспортеров.

**4.1 Хоппер-дозатор ВПМ-770 (устройство, технология применения, основы расчета)**

*Назначение и принцип работы.*Хоппер-дозатор ВПМ-770 предназначен для перевозки и механизированной выгрузки в путь с укладкой, дозированием и разравниванием всех родов балласта при техническом обслуживании (ремонтах и текущем содержании) и строительстве железнодорожного пути. Экипажная часть хоппер-дозатора содержит сварную раму *9* из металлопроката, которая через шкворневые узлы (пятники) и скользуны опирается на двухосные ходовые тележки *8* типа 18-100, тормозную систему *1* и автосцепки *7* типа СА-3. К экипажной части присоединен бункер *3*, имеющий две боковые и две торцевые стенки, приваренные к жесткому каркасу. Торцевые стенки сделаны наклонными, что гарантирует спуск балластного материала при разгрузке без его зависания. Хоппер-дозатор имеет разгрузочно-дозирующее оборудование, позволяющее предварительно формировать поперечный профиль балластной призмы при разгрузке, и включающее разгрузочные люки с секторными затворами (крышки) и дозатор *10*. Привод всех устройств механизма осуществляется цилиндрами *2* от рабочей пневматической системы, получающей питание сжатым воздухом от компрессора локомотива через соединительные рукава *6*. Управление разгрузкой и дозированием балласта производится через рычажно-винтовые регулировочные механизмы *4* и пульты *5* управления пневмораспределителями.

Рабочее оборудование хоппер-дозатора включает разгрузочные и дозирующие устройства. Разгрузочные устройства представляют собой четыре люка в нижней части кузова, которые закрываются двумя наружными *6* и двумя внутренними *11* секторными затворами. Привод затворов раздельный через рычаги *10* и валы *5* от соответствующего пневмоцилиндра *4*. Открывание крышек в определенном сочетании позволяет реализовать желаемые схемы выгрузки балластного материала, увязанные с особенностями технологии работы комплектов машин. При работе балластный материал высыпается из люков во внутреннее пространство дозатора *16* и волочится по уже уложенной призме. Фактически, дозатор представляет собой дополнительный бункер с низкими стенками, который имеет две боковые стенки *9* и два торцевых бруса *14* с проемами в нижних частях для опускания ниже уровня головок рельсов РШР *13*. В нижней части дозатора располагаются надрельсовые (туннельные) балки *9*, которые предотвращают высыпание балласта на рельсы и обеспечивают свободный проход тележек *7*. Наружные и внутренние зоны дозатора дополнительно отделены стенками *8*, приваренными сверху к надрельсовым балкам *9*.

При работе на пути с железобетонными шпалами технологией работ предусмотрено образование в середине пути канавки, предотвращающей излом шпал под поездной нагрузкой. В этом случае вместе с дозатором опускается козырек *13*, опирающийся на продольные балки *12*. Козырек в верхнем положении удерживается через две проушины *14* стержневыми стопорами с приводом от пневмоцилиндров *3*, установленных на хребтовой балке *2*. Дозатор в вертикальном направлении перемещается и фиксируется на заданном уровне выгрузки балласта винтовыми регулировочными механизмами *17*. Для центрирования дозатора *16* по оси бункера *1* и для восприятия тяговых нагрузок используются направляющие с роликами (на рисунках не показаны).

Дозатор перемещается в вертикальном направлении пневмоцилиндрами *3* путем поворота валов *5* через рычаг *15*. При повороте валов поворачиваются также жестко закрепленные на них рычаги *7*, которые в свою очередь, шарнирно связаны с тягами *8*, соединенными с дозатором. Высота дозирования в пределах ± 15 см регулируется рычажно-винтовым механизмом, который включает рычаг *2*, с одной стороны подвешенный через шарнирную тягу *4* на бункере хоппер-дозатора, а с другой стороны – на гайке регулировочного винтового механизма. Механизм содержит винтовую передачу *1* с ручным маховиком *18*. В средней части рычага шарнирно закреплена тяга *17* с пазом. В пазу вставлен ограничительный упор *16*, неподвижно соединенный с рычагом *15*. Во время работы тяга *17* опускается до определенного уровня при повороте рычага *3* винтовым механизмом. При опускании дозатора в рабочее положение упор *16* ограничивает его перемещение. В транспортном положении дозатора он фиксируется запорами, при этом одновременно обеспечивается специальными упорами фиксация секторных затворов для предотвращения их самопроизвольного открытия при движении хоппер-дозатора.

В путевом хозяйстве значительную часть парка составляют хоппер-дозаторы ЦНИИ-ДВЗ и ЦНИИ-ДВЗМ (табл. 4.1).

У них разгрузочные люки бункера закрываются затворами в виде поворотных крышек, что существенно усложняет конструкцию рычажной передачи привода крышек пневмоцилиндрами и не позволяет прервать процесс дозированной выгрузки балласта. Перед участком пути, где выгрузка невозможна, например, на мосту, совершаются возвратные проходы с постепенным повышением уровня дозирования.

Таблица 4.1. Технические характеристики хоппер-дозаторов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Параметры | ЦНИИ-ДВЗМ | ВПМ-770 | |
| 1 | Грузоподъемность, т | 63 | 72 | |
| 2 | Скорость, км/ч:  транспортная  рабочая при разгрузке | до 100  3 … 5 | до 120  3 … 5 | |
| 3 | Вместимость кузова, м3:  с шапкой  без шапки | 40,0  32,4 | Не допускается  41,0 | |
| 4 | Объемы дозировки балласта для 1 км, м3 на:  всю ширину пути  середину пути  обе стороны пути  междупутье  обочину | 130 … 1500  50 … 550  80 … 900  40 … 350  40 … 600 | | |
| 5 | Масса, т | 22,7 | | 23,0 |
| 6 | Тяговое сопротивление  состава, кН | до 200 | | |
| 7 | Возможность прерывания разгрузки | Нет | | Да |
| 8 | Размеры разгрузочных  проемов в свету, мм:  наружного люка  внутреннего люка | 345×2680  345×2680 | | 290×2015  290×2015 |

Путем поворота секторных затворов и отсечения потока выгружаемого балласта разгрузочно-дозирующий механизм хоппер-дозатора ВПМ-770 позволяет оперативно прервать процесс выгрузки, или изменить технологическую схему дозирования. При использовании хоппер-дозаторов формируются составы с количеством вагонов до 20 ед., называемые *вертушками*. Разгрузка происходит во время непрерывного движения состава. Балласт под действием веса высыпается в открытый люк, одновременно вновь уложенный слой подпирает объем балласта снизу от неуправляемого высыпания. Задний по ходу движения торцевой брус дозатора планирует верхнюю поверхность балластной призмы. Начинается разгрузка с первого по направлению движения вагона и далее последовательно, по мере разгрузки предыдущих, в работу включаются следующие вагоны. Благодаря подпору уже разгруженного балласта в путь разгрузка следующего вагона начинается только после полной разгрузки предыдущего.

*Основы расчета хоппер-дозатора.*С целью оценки работоспособности хоппер-дозатора в рабочем режиме, помимо общих расчетов его как единицы специального подвижного состава, необходимо производить расчеты бункера и разгрузочно-дозирующего механизма. В расчетах определяются, например, критическая максимальная скорость движения хоппер-дозатора при выгрузке исходя из пропускной способности разгрузочных люков; рабочие сопротивления движению при различных схемах выгрузки; параметры привода секторных затворов и дозатора; прочностные характеристики бункера и т.д.

Вначале определим максимально возможную скорость движения хоппер-дозатора из условия вытекания балласта через разгрузочное отверстие. Если скорость движения будет превышена, то часть балласта не будет успевать разгружаться. Бункер хоппер-дозатора можно отнести к неглубоким бункерам с соотношением вертикальных и горизонтальных размеров примерно равным единице. При расчетах режимов разгрузки и нагрузок на затворы и стенки у таких бункеров балласт рассматривается как сыпучая среда, в которой создается гидростатическое давление. Производительность отверстия люка бункера кг/с:

 (4.1)

где *F*э – эффективная площадь проходного сечения отверстия люка бункера, м2; *V*в – скорость высыпания балласта из бункера, м/с; ρ – плотность балласта, кг/м3.

Эффективная площадь отверстия с учетом уменьшения сечения люка выступающими размерами частиц, м2:

 (4.2)

где *A*б, *B*б – ширина и длина отверстия, м; *d* – средний размер частиц балласта, м.

Скорость высыпания балласта при нормальном истечении (в отличие от гидравлического истечения), м/с:

 (4.3)

где λ – коэффициент истечения (λ = 0,3 – 0,5 для щебня, как кускового материала); *g* – ускорение свободного падения, *g* = 9,81 м/с2; *R*э – эффективный гидравлический радиус отверстия, м, равный  (*L*э  – эффективный периметр отверстия, м).

Производительность хоппер-дозатора при одном рассматриваемом открытом люке, кг/с:

 (4.4)

где *V*м – скорость движения хоппер-дозатора при разгрузке балласта, м/с; *F*бп – приведенная (с учетом объемов, занимаемых шпалами) площадь поперечного сечения выгружаемого слоя балласта, м2 (, *V*б – объем балласта, выгружаемый через люк на 1 км длины пути, м3). Отсюда скорость движения хоппер-дозатора по условию достаточной скорости выгрузки, м/с:

 (4.4)

Фактическая скорость движения при дозированной выгрузке балласта, не превышающая 3-5 км/ч, определяется физическими возможностями персонала, т.к. управление процессом осуществляется вручную. Критическая скорость движения должна превышать эти значения.

Рассмотрим расчет дополнительных сил сопротивления движению хоппер-дозатора, возникающих при выгрузке балласта через рассматриваемое отверстие люка. Как видно из схемы, высыпавшийся из люка балласт попадает во внутреннее пространство дозатора и волочится по поверхности отсыпанного ранее слоя в отверстии дозатора. Дозатор можно рассматривать как дополнительный бункер с низкими стенками, который также заполнен объемом балласта. Сверху на этот объем действует вертикальное давление *p*б, Па, передаваемое от объема балласта в бункере, имеющего высоту *H*б, м. Это давление передается на отверстие дозатора, имеющее размеры, м, соответственно, ширину *A*д и длину *B*д. Таким образом, пренебрегая распределением части этого давления на надрельсовую балку и боковую стенку дозатора, давление в отверстии дозатора, кПа:

 (4.5)

где *F*дэ – эффективная площадь отверстия дозатора, м2 (); *p*д – гидростатическое давление слоя балласта высотой Hд, кПа.

После подстановки значений получим:

 (4.6)

где *k* – коэффициент подвижности балласта (; ϕ – угол внутреннего трения, град; *k* ≈ 0,23 для ϕ ≈ 39°).

Тогда рабочее сопротивление волочению балласта, обусловленное силой трения выгружаемого балласта, возникающей при его волочении, кН:

 (4.7)

где *f*тр – коэффициент трения балласта по балласту, *f*тр ≈ 0,8 для щебня.

Как видно из табл. 6.1, площадь отверстий в свету разгрузочных люков хоппер-дозатора ВПМ-770 меньше, чем у хоппер-дозатора ЦНИИ-ДВЗМ. Согласно приведенной расчетной схеме (формула (4.6)), меньшая эффективная площадь разгрузочного люка способствует уменьшению сопротивлений волочению щебня по поверхности слоя. Общее дополнительное рабочее сопротивление определяется с учетом технологической схемы дозированной выгрузки балласта.

Для выбора параметров пневмоцилиндров привода разгрузочных секторов необходимо знать усилия на штоке *P*ц, кН. На дно затвора действует определенное ранее нормальное давление *p*б, кПа. При открытии затвора необходимо преодолеть силу трения, кН:

 (4.8)

где *f* – коэффициент трения поверхности сектора по балласту, *f* ≈ 0,4.

Для определения усилия на штоке пневматического цилиндра необходимо сделать кинематический и силовой анализ механизма привода. Если считать, что продольная ось штока пневмоцилиндра перпендикулярна оси рычага, то усилие, развиваемое пневмоцилиндром, кН:

 (4.9)

где *R*З, *R*Р – радиусы затвора и рычага, соответственно, м.

При необходимости производятся и другие кинематические и силовые расчеты механизмов хоппер-дозатора.

**4.2. Вагоны-самосвалы (думпкары)**

Саморазгружающиеся полувагоны – думпкары (*dump* – сбрасывать, *сar* – вагон, англ.) или вагоны-самосвалы используются для доставки и механизированной выгрузки сыпучих строительных материалов на участках реконструкции или строительства железнодорожного пути. В путевом хозяйстве используются думпкары грузоподъемностью 50, 60 и 105 т, имеющие ограничения по загрузке для путей ОАО «РЖД». Так думпкар модели 31-674 имеет нижнюю раму *9*, опирающуюся на ходовые тележки *7*, с автосцепками *6* и тормозным оборудованием *10*. На раму опирается кузов, состоящий из верхней рамы *3* с настилом, двух лобовые стенок *1* и двух продольных бортов 2, соединенных с верхней рамой через петли *4*. Кузов соединен с нижней рамой через шарниры. Нагрузка от кузова в транспортном положении передается через опоры *5*, расположенные на нижней раме *9*. Наклон кузова производится разгрузочными пневматическими цилиндрами *8*, закрепленными через кронштейны на нижней раме и соединенными шарнирами с верхней рамой. Оси поворота пневмоцилиндров установлены на продольной линии опрокидывания кузова вокруг шарниров.

При боковом опрокидывании кузова под углом 45°, борт, находящийся со стороны разгрузки открывается, а борт, расположенный с противоположной стороны, должен оставаться закрытым. Для этого в лобовых стенках под кожухами устанавливаются два шарнирно-рычажных механизма, работающих при наклоне кузова синхронно друг с другом. В транспортном положении, *а*) борта *17* закрыты и удерживаются механизмами в этом положении. Каждый механизм имеет два симметрично расположенных относительно продольной срединной плоскости вагона двуплечих центральных рычага *3*, установленных на центральном валике *4*. Валик закреплен неподвижно на лобовой стенке *2* кузова. Рычаг *3* через упорную тягу *5* шарнирно соединен с кронштейном *7*, приваренным к нижней раме *13*, таким образом, его положение зависит от наклона кузова. Другим плечом рычаг связан с концевой петлей *16* борта *17* регулировочной тягой *1*. При повороте рычага *3* относительно кузова борт поворачивается вокруг петель *15* (рис. 6.8, *б*) через тягу *1* (левая сторона). Рычаг поворачивается при опрокидывании кузова пневмоцилиндрами *10* правой стороны, т.к. он связан с нижней рамой *13* через тягу *5* (справа). Аналогичный рычаг *3* симметричной части механизма остается неподвижным относительно кузова. Его верхний шарнир перемещается по окружности вместе с поворотом тяги *5* (слева) вокруг шарнира, ось которого совпадает с осью шарнира *14* поворота кузова. Соотношения размеров механизма выбраны таким образом, что открывание борта происходит плавно и опережает на 9° угол наклона кузова, и при наклоне кузова на 27° борт становится параллельным настилу нижней рамы.

Подача воздуха в пневмоцилиндры осуществляется от разгрузочной пневмосистемы, соединенной с компрессором локомотива (аналогично хоппер-дозаторной вертушке). При опрокидывании кузова с целью уменьшения динамических нагрузок и повышения поперечной устойчивости вагона в состав пневматической системы входят воздухозамедлители, через которые воздух в цилиндры подается только в начальный момент опрокидывания, а затем подача автоматически прекращается. Дальнейшее опрокидывание происходит по инерции и за счет расширения воздуха в цилиндрах.

Управление разгрузкой состава думпкаров производится дистанционно из кабины локомотива, дооборудованного соответствующими устройствами. Система позволяет производить как индивидуальную разгрузку каждого вагона, так и одновременную групповую разгрузку в любую сторону от пути. Время разгрузки состава из 10 вагонов составляет, приблизительно, 5 мин.

**4.3. Составы для засорителей и сыпучих грузов**

При работе щебнеочистительных, землеуборочных, кюветоочистительных машин требуется осуществить вывоз с перегона больших объемов сыпучих материалов (грунта, засорителей) для последующей их утилизации. При небольших объемах, наличии рядом свободного пути для этих целей могут использоваться открытые платформы, полувагоны, хоппер-дозаторы, думпкары. В путевом хозяйстве находят применение специализированные составы полувагонов, обеспечивающие транспортирование и перераспределение материала вдоль состава.

Например, подвижной состав для засорителей и сыпучих грузов СЗ-350-10-2 состоит из двух модулей, каждый из которых включает пять универсальных полувагонов *2* и один концевой вагона *3* для выгрузки материала на обочину в отведенных местах, или для перегрузки на аналогичный состав в случае необходимости перевозить больной объем материала. Погрузка может производиться от выбросного конвейера технологической путевой машины *1*.

Универсальный полувагон включает типовую железнодорожную платформу типа 13-4012, имеющую раму *11*, ходовые двухосные тележки *10*, тормозное оборудование *9* и автосцепки *12*. На платформе монтируется сварная рама *3* для установки на ней ленточного конвейера-накопителя *2* с приводом *4* от электродвигателя с редуктором через цепную передачу *5* на приводной барабан *7*. Полувагон имеет кузов с продольными *6* и задним *8* бортами. С противоположной стороны конвейер имеет натяжные винтовые устройства *13*. Часть вагонов состава оборудуются кабинами управления *1* с пультами для управления системой конвейеров промежуточных полувагонов. При работе материал передается на конвейер следующего полувагона. По мере накопления материала конвейеры останавливаются, материал транспортируется к месту разгрузки вместе с составом.

Оборудование концевого полувагона монтируется на аналогичной железнодорожной платформе и включает промежуточный *2* и поворотный *10* ленточные конвейеры. Конвейер *2* неподвижно смонтирован на сварной раме *24*. Сверху рамы имеется кабина управления *1*. Поворотный конвейер в нижней части установлен на опорно-поворотном круге *21* и может поворачиваться в плане двумя гидроцилиндрами *19*. При выгрузке материала в сцепленный аналогичный состав и в транспортном положении конвейер *10* на стойки *12* с ложементом и закреплен транспортными стяжками *11*. При разгрузке материала в сторону от оси пути рама конвейера, после отсоединения стяжек *11*, приподнимается гидроцилиндром *8* через стяжку *9* и поворачивается гидроцилиндрами *19*.

Источником энергии состава служит дизель-электрический агрегат *13* типа АД-200 переменного трехфазного тока мощностью 200 кВт, который находится под капотом *14*. Гидропривод включает насосную станцию *18* с гидроаппаратурой управления. Рабочее давление в гидросистеме 12 МПа.

Вместимость пятивагонного модуля 175 м3, время выгрузки не более 15 мин, дальность отброса материала не менее 10 м, масса модуля 243 т, обслуживающий персонал одного модуля 2 чел. На сети ОАО «РЖД» эксплуатируются аналогичные составы СЗ-240-6М, грузовые прицепы УП-4 к автомотрисам.

**5 МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ БАЛЛАСТНОЙ ПРИЗМЫ**

Балластная призма обеспечивает вертикальную и горизонтальную устойчивость рельсошпальной решетки при воздействии на нее поездной нагрузки. Для этого она должна равномерно распределять давления, передаваемые через подошвы шпал, на возможно большую площадь основной площадки земляного полотна, иметь равномерно распределяемые по ее длине и ширине упругие деформации и обеспечивать необходимую равномерность накопления остаточных деформаций при эксплуатации железнодорожного пути. В процессе длительной эксплуатации балластная призма постоянно засоряется как сыпучими грузами с проходящих поездов, так и мелкими фракциями грунта, попадающими со стороны дефектной площадки земляного полотна, а также мелкими частицами щебня при его разрушении под воздействием поездной нагрузки. При таком воздействии балластная призма теряет свои первоначальные свойства, а остаточные деформации пути увеличиваются, что ведет к повышенному износу элементов верхнего строения пути и подвижного состава. Возрастают расходы на перевозки.

Периодическое восстановление физико-механических характеристик и геометрических параметров щебеночной балластной призмы производится путем очистки щебня или, в случае несоответствия уложенного в пути балласта требуемым характеристикам – за счет полной его замены на щебень твердых пород машинами для очистки щебня и замены балласта. В соответствии с ГОСТ 7392-2002 «Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути» балластная призма должна отсыпаться только из щебня марок И1 (И20) и У75. Допускается содержание зерен слабых пород не более 5 % по массе.

Современные требования к балластной призме, качеству очистки щебня, периодичность его очистки во многом определяют параметры машин для очистки щебня и замены балласта (в дальнейшем – ЩОМ), а также способы производства работ с учетом конкретного состояния железнодорожного пути и вида его ремонта. Сплошная очистка щебня или замена балласта в основном производятся при усиленных капитальном и среднем, а также капитальном и среднем ремонтах пути.

**5.1 Загрязнение балластной призмы и физические основы процесса очистки**

В соответствии с требованиями ГОСТ 7392-2002, в путь должен укладываться щебень фракций 25-60 мм. Нижняя *1* и верхняя *2* границы его гранулометрического состава отражены на рис. 7.1. Щебень должен иметь достаточно равномерный гранулометрический состав: при его просеивании через сито с диаметром отверстий 40 мм остаток на сите должен составить 35 – 70 % от общей массы пробы. Допускается содержание частиц плоской и игловатой формы не более 18 %. Частицы фракций менее 25 мм, таким образом, относятся к засорителям. В новом щебне таких частиц должно быть по массе не более 5 % (*n*25 ≤ 5 %), причем частиц с размерами 0,16 мм не более 1 %. В результате попадания засорителей изменяется зерновой состав щебеночного балластного слоя. В соответствии с исследованиями ВНИИЖТ (руководитель работ Ю.В. Гапеенко), если показатель загрязнения *n*25 < 35 %, балластная призма гарантированно сохраняет свои рабочие свойства. Вследствие попадании засорителей изменяется процентное соотношение фракций. При превышении этого показателя необходимо проводить ее очистку. Такой уровень загрязнения для звеньевого пути достигается после пропуска в среднем 120 – 520 млн. т. брутто поездной нагрузки, в зависимости от категории пути, толщины слоя и скорости движения грузовых поездов, как основного фактора загрязнений. Бесстыковой путь обеспечивает плавное движение подвижного состава, поэтому приведенные выше показатели увеличиваются приблизительно на 8 %.

Показатель *n*25 после ремонта пути зависит от технологии работы (качества работы ЩОМ и количества дозируемого в путь нового щебня) и составляет в среднем n25 = 5 – 8 %. Требуется в результате работы машины достигать показателя n25 = 6,7 %. Далее рассмотрим долю в этом показателе, которую обеспечивает машина.

В ЩОМ реализуется механический принцип очистки щебеночного балласта, который основан на просеивании засорителя через отверстия просеивающей поверхности (сита) щебнеочистительного рабочего органа при относительных перемещениях указанной поверхности и очищаемого балласта. По такому принципу работают двух- или трехъярусные грохоты современных машин, а также рабочий орган с центробежной сетчатой лентой системы А.М. Драгавцева. К основным параметрам щебнеочистительных рабочих органов относятся: качество очистки, производительность и потребляемая мощность, которые зависят от конструктивного исполнения рабочих органов и физико-механических характеристик загрязненного щебеночного балласта.

Качество очистки для всех типов щебнеочистительных рабочих органов характеризуется коэффициентом эффективности *Е*, %*,* определяющимся отношением массы удаленного засорителя к массе засорителя в загрязненном очищаемом щебеночном балласте.

 (5.1)

где *n*25н, *n*25р – предельно-допустимое содержание засорителя в загрязненном и очищенном щебне (n25н= 35 %, n25р = 6,7 %).

На эффективность очистки щебня оказывает влияние гранулометрический состав загрязненного щебня, определяющий соотношение размеров его частиц и отверстий просеивающих поверхностей. Частица щебня, чтобы просеяться, должна сначала пройти через слой крупных частиц, а затем пройти через отверстие сита, чтобы удалиться из слоя. Вследствие движения просеивающей поверхности мелкие частицы, проваливаясь через промежутки между крупными частицами, оказываются на поверхности сита. Прохождение частицы через сито оценивается вероятностью *P* – вероятностью просеивания с первой попытки. Величина этой вероятности равна соотношению заштрихованной площади отверстия сита (*l* – *d*)2, м2 (рис. 7.3, *а*) и всей площади, ограниченной осями проволок (*l* + *a*)2, м2 (*l*, *a* – расстояния между осями проволок и их диаметр, м; *d* – диаметр частицы, аппроксимированной шаром, м). После преобразований:

 (5.2)

где λ – коэффициент живого сечения сита (λ = l2./(l + a)2).

Для просеивания частица должна совершить количество «попыток», обратно пропорциональное вероятности ее прохода через отверстие (*N* = 1/*P*). Для качественной очистки время нахождения слоя на сите должно быть достаточным, чтобы количество «попыток» превысило бы теоретическое значение для рассматриваемого размера частицы. Расчет количества ячеек («попыток») для разных соотношений *d*/*l* показывает, что хорошо просеиваются частицы, у которых диаметр не превышает 0,75 размера ячейки («легкие» частицы). Частицы с соотношением d/*l* > 0.75 просеиваются хуже («трудные» частицы).

Существенное влияние на эффективность процесса очистки оказывает влажность щебня. Внешняя влага вызывает слипание мелких частиц засорителя, налипание их на частицы щебня, а также забивание отверстий просеивающей поверхности материалом, а это приводит к снижению эффективности очистки. Однако при повышении влажности свыше 12% снижение эффективности очистки прекращается, она начинает возрастать и при влажности 15-16% достигает более высоких значений. Если щебеночный балласт загрязнен глиной, поступающей в балластную призму со стороны дефектной обводненной основной площадки земляного полотна, то очистка даже при малой влажности затрудняется из-за образования комков, уносящих засоритель другого вида и поступающих обратно в путь.

На эффективность очистки щебня также оказывают влияние форма отверстий просеивающей поверхности щебнеочистительного рабочего органа и угол его наклона (для вибрационного грохота). В рабочих органах щебнеочистительных машин применяют круглые, квадратные, прямоугольные, трапециидальные отверстия. Квадратные отверстия наиболее распространены и позволяют пропускать частицы засорителя размером на 15-20% больше, чем при круглых отверстиях такого же размера.

Наклон просеивающей поверхности оказывает влияние на прохождение засорителя через отверстия. Практически считают, что на наклонном вибрационном грохоте эффективность очистки будет такая же, как на горизонтальном, если размер отверстий наклонной поверхности больше размера горизонтального в 1,15 раза при наклоне 20° и в 1,25 раза при наклоне 25°. Для наклонных просеивающих поверхностей щебнеочистительных рабочих органов целесообразно принимать размеры отверстий, обеспечивающих одинаковую с горизонтальным их расположением вероятность удаления засорителя, в соответствии с данными, приведенными в табл.5.1.

Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры отверстий сит наклонных вибрационных грохотов lн, мм×мм | Размеры отверстий горизонтальных сит lг, соответствующих по эффективности размерам lн отверстий наклонных сит при различных углах наклона α | | | | | | |
| 5° | 10° | 15° | 16° | 20° | 26° | 30° |
| Верхнее сито  80×80  75×75  70×70  63×63 |  |  | 74,2  69,4  64,5  57,8 | 73,5  68,7  63,9  57,1 | 71,1  66,4  61,7  56,1 | 66,7  62,2  57,7  51,2 | 63,6  59,3  54,6  48,8 |
| Среднее сито  40×40  45×45  50×50  55×55 |  | 38,0  42,5  47,9  52,8 |  | 36,2  41,0  45,8  51,1 | 34,9  39,6  44,3  49,0 | 32,5  40,0  41,5  45,9 | 30,8  35,2  39,5  44,0 |
| Нижнее сито  25×25  28×28  30×30  32×32  36×36 | 24,2  27,2  29,2 |  | 22,4  25,3  27,3  29,3 | 22,3  25,2  27,1  29,1 | 21,5  24,3  26,2  28,8 | 19,9  22,6  24,4  26,2 | 18,3  21,4  23,1  24,8  28,3 |

**5.2. Принципы работы устройств забора и очистки путевого щебня. Классификация машин**

По технологической структуре процесса очистки щебня или замены балласта машина или комплекс содержит основное рабочее оборудование для выгребания и подачи балласта на распределительно-транспортирующую систему, для разделения фракций засорителей и чистого щебня путем просеивания (грохот), систему распределения, транспортирования и раздельной выгрузки щебня и засорителей (в путь, в подвижной состав или на обочину пути). Кроме того, на машинах и комплексах устанавливается вспомогательное рабочее оборудование: ПРУ, виброплиты для уплотнения нижних слоев балластной призмы, дробилки для увеличения относительной площади поверхностей откола частиц щебня и др. Таким образом, щебнеочистительная машина или комплекс это сложная технологическая система, своеобразный «горно-обогатительный завод» на железнодорожном ходу.

По конструкции рабочих органов и схемам движения загрязненного и чистого щебня, а также засорителей машины и комплексы делятся на: *высокопроизводительные машины с малой глубиной очистки*, имеющие совмещенный центробежный рабочий орган для выгребания и очистки щебеночного балласта (ЩОМ-Д, ЩОМ-4, ЩОМ-4М, ЩОМ-ДО, БМС и др.); *машины для очистки и замены балласта у торцов шпал*, имеющие торцевые роторные выгребные устройства и центробежные или плоские вибрационные грохоты (УМ-М, УМ-С, ЩОМ-6Р, МВБ-150 и др.); *машины и комплексы для глубокой очистки (замены) щебня* (RM-80 UHR, СЧ-601, СЧ-700, СЧУ-800М, ЩОМ-6БМ, ЩОМ-6У, СЧ-1200, ЩОМ-1200, ЩОМ-1200ПУ и др.).

По назначению они подразделяются на машины для работы на перегонах, на стрелочных переводах, универсальные машины для работы на перегонах и стрелочных переводах; по основным выполняемым операциям – на машины для очистки щебня, для очистки и вырезки балласта, для вырезки (замены балласта); по конструктивному исполнению, в частности способу вырезки балласта – на машины с пассивными подрезными ножами и подгребными крыльями, с активными вырезающими органами (цепными скребковыми, роторными, баровыми) и пассивными подгребающими крыльями, с комбинированными рабочими органами; по способу очистки щебня – на машины с центробежными очистительными устройствами и машины с плоскими вибрационными грохотами; по способу транспортирования – на машины прицепные и машины самоходные; по типу ходовой части и тяговых единиц – на машины с железнодорожным ходом и локомотивом или тягово-энергетическим модулем и машины на комбинированном ходу с тракторной тягой; по способу удаления засорителя – на машины с рассеиванием засорителя в сторону от оси пути и машины с направленным переносом засорителя в специализированный подвижной состав (для последующего его вывоза) или выгрузки к основанию насыпи, или за пределы водоотводов в неглубоких выемках; по способу работы с путевой решеткой – на машины, работающие с подъемом РШР, машины, работающие без ее подъема, и машины, работающие при снятой РШР.

Центробежные щебнеочистительные рабочие органы системы А.М. Драгавцева применяются на отечественных щебнеочистительных машинах ЩОМ-4 и ЩОМ-4М, использование которых сокращается. Такие рабочие органы компактны, одновременно выполняют функции выгребного и очистного устройства, обладают высокой производительностью при удовлетворительном качестве очистки. Однако они имеют низкий уровень надежности, высокую энергоемкость и производят выброс засорителей на плечо балластной призмы и откосы земляного полотна, что приводит к появлению шлейфов и засорению водоотводов.

Центробежный щебнеочистительный рабочий орган представляет собой замкнутую сетчатую ленту *8*, установленную в контуре, состоящем из роликовой батареи *13*, отклоняющих *4* и натяжных *5* звездочек, контактирующих с двумя тяговыми цепями ленты. Привод ленты осуществляется через ведущий вал, на котором установлены две ведущие звездочки *7*. Ведущий вал через карданный вал *9* связан с редуктором *12*, имеющим два входных вала с присоединенными через муфты электродвигателями постоянного тока *11*. На одном из валов редуктора установлен тормоз *10*. На горизонтальном участке гибкая сетчатая лента *8* проходит пассивный подрезной нож *14* с направляющими для тяговых цепей. В нижней части ножа имеется сплошной лист, предотвращающий падение щебня и засорителей на балластное основание. При непрерывном движении машины по пути *1* в направлении стрелки путевой щебень захватывается подгребными крыльями *2* и через подрезной нож *14* попадает на горизонтальный участок гибкой сетчатой лены *8*, разгоняется вместе с движением ленты и попадает на криволинейный участок, образуемый двумя роликовыми батареями. При разгоне слои щебня перемещаются друг относительно друга, мелкие фракции и засорители проникают к сетке и выбрасываются под действием центробежных сил в сторону на криволинейном участке. Чистый щебень поднимается по ленте и отлетает в конце криволинейного участка по касательной до удара в заслонку *6*. После этого щебень падает на наклонную часть бункера *3*. С наклонной части бункера часть щебня падает на путь за подрезным ножом, а часть щебня отбирается пластинчатым конвейером для выгрузки в путь перед задней тележкой. Щебень, выгруженный на путь сразу за подрезным ножом, разравнивается планировщиком. Отлетевшие в сторону засорители образуют шлейф около пути.

Машины для глубокой очистки щебеночного балласта оснащаются отдельным рабочим органом для выгребания и подачи балласта на транспортирующую систему. Рабочий орган содержит замкнутую выгребную цепь *11*, которая имеет холостой участок, расположенный в желобе *4*, участок вырезания балласта, расположенный в подпутной балке *10*, и рабочий участок подъема балласта, расположенный в рабочем желобе *8*. С целью безопасности и минимального пыления желоба закрыты. Выгребная цепь *11* имеет лопатки со стержнями (барами –*bar* – стержень (англ.), поэтому иногда такой рабочий орган называют баровым). Выгребная цепь приводится в движение приводом 6 через ведущую звездочку 7. Для привода используются электродвигатели или гидромоторы. При работе машина перемещается поступательно в направлении стрелки, вызывая подачу скребковой цепи *11* на участке вырезания балласта (в забое). Движущаяся цепь подрезает балласт и направляет его по желобу *7* к месту разгрузки – разгрузочному лотку *5*, с которого он попадает на конвейер *3* и направляется к грохоту. Рабочий орган позволяет производить вырезку балласта на глубину до 1 м ниже УВГР (до нижней линии габарита приближения строений),

В современных щебнеочистительных машинах в основном применяются двух- или трехъярусные (по количеству сит) наклонные вибрационные грохоты с прямолинейными, или близкими к круговым, траекториями колебаний.

Наклонный вибрационный грохот состоит из короба *3*, внутри которого закреплены верхнее *2* и нижнее *5* сита. Верхнее сито имеет крупные ячейки, а нижнее сито – ячейки, размеры которых соответствуют просеиванию засорителей. Короб в верхней части имеет дебалансный вибратор *4* с приводом от электродвигателя или гидромотора, а в нижней части установлен на основании *9* через пружинные комплекты *7*, служащие как упругие связи в колебательной системе грохота. При работе щебень с засорителями поступает на верхнее сито грохота с конвейера *1*, после чего просеивается с разделение на фракции и засорители. Очищенный щебень поступает обратно в путь, а засорители перемещаются конвейером *6*, входящим в состав системы выгрузки. При применении вибратора с круговой вынуждающей силой короб колеблется по траектории, близкой к круговой, так как пружинные комплекты *7* обладают горизонтальной и вертикальной жесткостью. При наклоне корпуса машины, например, в кривой, грохот должен сохранять горизонтальное положение. В противном случае наблюдается сползание вибрирующего материала в сторону, что приводит к снижению эффективности просеивания. Поэтому машина оснащается автоматизированной системой поддержания горизонтального уровня основания *9*. Основание устанавливается на раме *11* машины через шарнирные опорные узлы *8* и соединено с ней также гидроцилиндрами *10*, через которые отслеживается горизонтальное положение основания и короба грохота.

**5.3. Щебнеочистительная машина ЩОМ-4М:**

**общее устройство, начала расчета**

Щебнеочистительная машина ЩОМ-4М, выпускавшаяся ЗАО «Тулажелдормаш», создана на базе двухсекционного электробалластера ЭЛБ-3М. Машина позволяет производить очистку и вырезку балласта на всю ширину балластной призмы. При непрерывном движении специально дооборудованным тепловозом щебень у торцов шпал вырезается двумя роторными устройствами *28* и через систему транспортеров *27* подается к дополнительному центробежному грохоту *3*. Грохот имеет замкнутую сетчатую ленту, через которую под действием центробежных сил просеиваются и отбрасываются в сторону засорители. Очищенный щебень может либо выгружаться через дозирующее устройство 26 в образовавшиеся траншеи у торцов шпал, если машина работает по схеме торцевой очистки балласта, либо подаваться на систему продольных конвейеров 6 и 7 и поворотного конвейера *10*. При положении поворотного конвейера вдоль машины щебень поступает в дозирующее устройство *15* и выгружается в путь. При необходимости конвейер *10* может поворачиваться для выгрузки вырезанного щебня в подвижной состав, располагающийся на соседнем пути.

Основной центробежный грохот *19* выгребает путевой щебень из зоны под подошвами шпал, выбрасывает засорителей на сторону с образованием шлейфа и выгружает очищенный щебень на продольный пластинчатый конвейер *17*, который подает его к дозирующему устройству *15*. Часть щебня выгружается сразу за грохотом и разравнивается планировщиком *18*. Траншеи, которые образуются после работы роторов *28*, способствуют уменьшению тягового сопротивления, так как происходит разблокирование процесса резания щебня подрезным ножом и подгребающими крыльями *20*. Машина работает с вывешиванием путевой решетки ПРУ *21*. Для понижения уровня значительная часть балласта выгружается через дозирующее устройство *15*, где путевая решетка опущена и прижата ходовой тележкой *13*.

Кран-укосина *5* используется для перемещения подрезного ножа при зарядке и разрядке устройства *19*.

ЩОМ-4М это сложный машинный агрегат, соответственно расчеты характеризуются разнообразием целей и методик. Например, поступательная скорость движения машины *V*м, м/с и скорость движения гибкой ленты *V*л, м/с должны быть взаимно согласованы. Объем поступающего на ленту материала не должен превышать перерабатывающей способности (производительности) грохота. В противном случае на ленте будут образовываться «завалы» из щебня, приводящие к остановкам машины для их расчистки. Вместе с тем, скорость движения ленты должна быть достаточной, чтобы происходил подъем материала по ее криволинейной части, но при этом должно иметь место взаимное относительное движение слоев материала для лучшего просеивания засорителей. Имеет место верхний предел скорости движения ленты.

Минимальная скорость движения ленты по условию подъема частицы , м/с (*R* – радиус криволинейной части грохота, м). Фактическая скорость движения ленты должна быть немного больше.

Зная скорость движения ленты *V*л, м/с, ширину *b*л, м, и толщину *h*д, м, слоя балласта на ней, можно найти максимально допустимую по условию нормальной очистки скорость поступательного движения машины *V*м, м/с (рис. 7.8). Если производительность машины по рыхлому состоянию щебня  м3/ч (*K* – коэффициент, учитывающий рыхление щебня; bc и hс – ширина и толщина выгребаемого слоя щебня в пути, м), а производительность ленты , то после приравнивания последних двух выражений и преобразований максимально допустимая скорость движения ЩОМ, м/с:

 (5.3)

Толщина слоя на ленте принимается (0,15 – 0,2)*b*с, м.

**5.4. Щебнеочистительная машина СЧ-601**

Щебнеочистительные машины СЧ-600 и СЧ-601, выпускаемые на ОАО КЗ «Ремпутьмаш, дочернем предприятии ОАО «РЖД», предназначены для очистки и вырезки загрязненного щебня на глубину до 65 см ниже уровня подошв шпал. Эти машины имеют одинаковую конструктивную схему. СЧ-601 отличается только применением модернизированных узлов и систем, что делает машину более приспособленной к условиям эксплуатации на сети ОАО «РЖД».

Машина СЧ-601 является единицей СПС с экипажной частью, содержащей раму *30* балочной конструкции, ходовые тележки *17* типа 18-100, автосцепки *16*, тормозную систему сигнальные устройства. Машина несамоходная и при работе передвигается и снабжается электрической энергией от тягового модуля через систему штепсельных разъемов *31*. Привод рабочего оборудования электрический и гидравлический. Для питания гидросистемы под капотом *1* устанавливается насосная станция.

Рабочее оборудование машины включает выгребное скребковое устройство *22*. Принцип работы такого устройства излагался в п. 7.2. При работе желоба *26* устанавливаются гидроцилиндрами *11* в рабочее положение, подпутная балка заводится под путь талью и закрепляется на желобах. Участок цепи соединяется с участками, расположенными на желобах. Предусмотрена короткая подпутная балка для работы на станционных путях в стесненных габаритных условиях, и длинная балка для работы на перегоне. Цепь в начале работы натягивается путем перемещения блока привода двумя гидроцилиндрами *4*. Цепь приводится в движение двумя электродвигателями через редуктор *5*. Конструкция цепи показана на рис. 7.10. Каждый скребок имеет по четыре стержня *6*. Подгребающие крылья *21* (см. рис. 7.9) поворачиваются в плане гидроцилиндрами для регулирования ширины захвата балласта. Щебень вырезается из подшпальной зоны балластной призмы и по рабочему желобу (слева по направлению движения машины при работе) поступает в загрузочную воронку *3*. Далее он конвейером *6* транспортируется либо в грохот *10* (режим очистки балласта), либо перегружается на конвейер *12* отбора засорителей (режим вырезки балласта и погрузки его на подвижной состав для вывоза). Для этого конвейер *6* перемещается вдоль машины на 630 мм по роликам *8* с направляющими с помощью гидроцилиндра *7*. В грохоте балласт просеивается, проходя два яруса сит, а засорители попадают на конвейер *12*, перегружаются на выбросной поворотный конвейер *13*. Конвейер может поворачиваться в плане на угол 360° из транспортного положения (показано на рисунке) в положение разгрузки на состав для засорителей или в отвал.

Очищенный щебень поступает на сателлит *25*, который при работе машины опускается гидроцилиндрами через канатно-блочные передачи на рельсы и движется по ним вместе с машиной, центрируя относительно оси пути разгрузочные устройства *24* и *29*. Переднее разгрузочное устройство *24* позволяет засыпать чистый щебень в зоны торцов шпал, а заднее разгрузочное устройство *29* – в зоны между рельсами. Разгрузочные устройства имеют систему направляющих щитов и разгрузочных окон. В задней части сателлита также имеется поперечный разгрузочный конвейер 29 для выброса излишков балласта. Над сателлитом вдоль рамы *30* размещается пластинчатый конвейер-накопитель 27. Он используется для восполнения недостатка балласта в начале или в конце работы машины. В процессе работы чистый балласт из грохота может направляться в путь или выгружаться на конвейер-накопитель.

Виброгрохот имеет два сита *6, 8,* расположенные параллельно в коробе *1,* вибратор *4,* установленный на раме 5 и синхронизирующий вал *8*.

Поверхность очистки сит представляет собой прочные стальные сетки: верхняя с крупными, а нижняя с мелкими ячейками. Это позволяет отделить щебень фракций более 25 мм. Грохот установлен с уклоном 26° на четырех пружинных амортизаторах *2.* Возвышение колеи ремонтируемого пути компенсируется изменением поперечного уклона грохота. Отходы просеиваются на наклонный транспортер *12*, очищенный щебень с обеих поверхностей очистки поступает в распределители *24* и *28,* а избыток — на транспортер-накопитель *27.* В случае необходимости, при помощи заслонки с гидроприводом можно весь поток направить на транспортер-накопитель *27.*

Подъемное устройство *23* расположено под наклонным участком рамы и предназначено для подъема и бокового перемещения относительно оси пути рельсошпальной решетки. Устройство состоит из двух подъемников, каждый из которых снабжен двумя подъемными и двумя направляющими роликами, и взаимодействует с одной рельсовой нитью пути. Раздельное управление подъемников позволяет укладывать рельсошпальную решетку в кривых участках пути. Подъем и опускание производится гидроцилиндрами. Управление работой производится из кабины управления *19* или выносного пульта. В транспортном положении подъемники фиксируются механическим способом.

Пробивщик балласта *20* служит для освобождения от слежавшегося загрязненного балласта шпальных ящиков и установлен перед рабочей кабиной. Принцип работы состоит в механическом удалении балласта щитком при помощи пневмоцилиндра. В транспортное положение пробивщик устанавливается с помощью гидравлических цилиндров и механически фиксируется, а в кривых участках устанавливается симметрично продольной оси пути с помощью гидроцилиндра.

При транспортировании машины поворотный транспортер занимает положение под горизонтальной частью наклонного транспортера *8* и фиксируется механическим путем.

Управление технологическим процессом производится из кабины *19,* установленной снизу рамы в непосредственной близости от выгребного устройства. С целью уменьшения вибрации, кабина подвешена при помощи четырех резиновых амортизаторов. Внутри кабины размещены два основных поста управления, оснащенные подрессоренными сидениями и вспомогательный — для управления стоя.

Гидравлическое оборудование машины предназначено для обеспечения управления рабочих органов. Для этой цели на задней площадке рамы машины размещена гидростанция с рабочим давлением 12 МПа, которая обеспечивает: натяжение цепи выгребного устройства; подъем и перемещение желобов; установку пригребных плугов; требуемый наклон грохота; смещение транспортера подачи балласта; управление заслонками переднего и заднего распределителей; подъем и наклон левого и правого подъемников.

Для эффективной работы машины необходимо согласовать скорость движения машины и скорость цепи выгребного устройства. Фирмой «ВестТер» (Санкт-Петерьург) разработан привод выгребной цепи с использованием микропривода и дифференциальных передач. Вращение приводной звездочке 1 цепи передается от электродвигателей М1 и М3 через систему закрытых зубчатых передач. Для регулирования скорости вращения применена система микропривода с регулируемым электродвигателем М2. Дифференциальные передачи *4* позволяют суммировать вращение, передаваемой от электродвигателей. Угловая частота вращения вала привода цепи, рад/с:

 (5.4)

где ω1, ω4 – угловые скорости вращения шестерен z1 и я4, рад/с; i1-12, i4-12 – передаточные числа цепей зубчатых передач z1 - z12 и z4 – z12 .

После анализа кинематических соотношений:

 (5.5)

 (5.6)

В приведенных формулах знак « - » означает, что шестерня и ведомое колесо вращаются в разные стороны.

Кинематическая цепь передачи вращения от электродвигателя М2 параллельна цепи передачи вращения от электродвигателя М1. Для предотвращения существенного перераспределения нагрузок между электродвигателями М1 и М2 они должны иметь идентичные электромеханические характеристики.

**5.5. Щебнеочистительная машина RM80 UHR**

Самоходная щебнеочистительная машина RM-80 UHR фирмы "Plasser-Theurer" (Австрия) предназначена для глубокой очистки железнодорожного пути и стрелочных переводов, а также для вырезки старого балласта и выполнения работ по подъемке пути на щебень. Глубина вырезки балласта до 100 см ниже УВГР. Отходы выгружаются в состав для вывоза засорителей, или в отвал на расстояние до 7 м от оси пути. При необходимости погрузка производится в подвижной состав на соседнем пути.

Машина имеет сварную раму 23, выполненную из профильного проката, которая в сочетании с автосцепками 1 позволяет машину транспортировать в составе поезда. Система безопасности движения 13 КЛУБ-УП лает возможность транспортирования машины самоходом, как поезда. Рама опирается на две специальные двухосные тележки 14 с приводом колесных пар от гидромоторов через осевые редукторы. Управление машиной в рабочем и транспортном режимах осуществляется из кабин: задней 3, средней 5 и передней 8 (по направлению рабочего движения машины).

Технологическое рабочее оборудование машины включает выгребное скребковое устройство 7. Привод выгребной цепи от гидромотора мощностью 255 кВт. Объемный гидравлический привод, в зависимости от условий работы, регулировать скорость в диапазоне 2,4-4,0 м/с. Поперечная подпутная балка длиной 4000 мм для увеличения ширины вырезки щебня может удлиняться в обе стороны от оси пути за счет установки двух дополнительных элементов длиной по 500 мм каждый. Скребковая цепь имеет скребки высотой до 250 мм с четырьмя зубьями. Перемещение в горизонтальной плоскости, подъем и опускание выгребного устройства, а также зарядка поперечной подпутной балки осуществляются гидроцилиндрами.

При работе машины лопатки скребковой цепи вырезают и перемещают щебень по наклонному желобу вверх. В верхней точке желоба щебень выгружается на плоский свободнокачающийся виброгрохот *6* с тремя рядами сит общей площадью 30 м2. Верхний ярус имеет ячейки размером 80, средний – 55 и нижний – 36 мм. Гидравлически управляемые заслонки управляют движением щебня на отдельных ситах. Гидравлическая система виброгрохота обеспечивает его горизонтальное положение при работе в кривых с максимальным возвышением наружного рельса до 150 мм. Выпускные воронки на обеих сторонах виброгрохота 6 отводят избыток щебня на откосы пути, а гидроуправляемые заслонки, смонтированные на каждом ярусе сит, обратно подают щебень на сита во время перерыва в работе. Максимальная производительность виброгрохота 800 м3/ч.

Очищенный щебень гидравлически регулируемыми заслонками либо отсыпается в путь, либо подается на поворотные, качающиеся в горизонтальной плоскости при работе, транспортеры *20* для выгрузки на откосы земляного полотна, либо в два бункера-накопителя общей вместимостью около 2,4 м3. Специальные плужные устройства 21, смонтированные непосредственно за балластораспределительными механизмами, удаляют щебень с рельсов, рельсовых скреплений и верхних постелей шпал.

Отходы очистки, проходя через сита виброгрохота, попадают на нижнюю ветвь горизонтально-наклонного конвейера 9. Далее отходы очистки поступают к загрузочной воронке выбросного конвейера *12,* который удаляет их за пределы пути, или грузятся в специальный подвижной состав. Выбросной конвейер имеет возможность поворота на 70° в обе стороны от оси пути.

В конструкции RM-80 UHR применено подъемно-рихтовочное устройство 17 с величиной подъемки рельсошпальной решетки до 250 мм и величиной сдвижки пути в плане ±200 мм, а также устройство 16 для пробивки зависающего в шпальных ящиках балласта. Планирование оставшегося на поверхностях шпал балласта производится планировщиком-распределителем 24.

Машина RM-80 UHR оборудована контрольно-измерительной системой, позволяющей контролировать положение подпутной балки по отношению к горизонту, что позволяет сформировать сливную призму с уклоном от оси пути, глубину вырезки балласта, а также параметры геометрического положения пути после работы машины. Базой измерения служат два троса, натянутые по одному над каждой рельсовой ниткой пути, между передней и задней осями. Расстояние между измерительными точками — 25,0 м. Система позволяет производить запись параметров рабочего процесса.

Привод насосов и компрессора осуществляется от двух дизельных двигателей 4 и 11, расположенных в отсеках, через силовые передачи. Мощность каждого дизеля 333 кВт при скорости вращения коленчатого вала 2150 об/мин.

Привод отдельных установок силового агрегата (гидронасосов, компрессора и т.п.) осуществляется посредством распределительных механизмов от двух раздельно установленных дизельных двигателей мощностью по 333 кВт каждый при 2150 об/мин. Силовая установка 11 приводит выгребное устройство 7, ленточные конвейеры 8, 12 и 20, а также колесные пары тележек 14 при движении машины в рабочем и транспортом режимах. Силовая установка 4 служит для привода грохота 6, а в транспортном режиме – для привода колесных пар задней ходовой тележки.

При движении машины в рабочем и транспортном режимах привод ходовых частей гидромеханический, приводными являются все оси обеих ходовых тележек. Сила тяги на ободе колеса при трогании с места составляет 70 тс, а при движении в транспортном режиме — 18 тс. При этом максимальная скорость передвижения как своим ходом, так и в составе поезда равна 60 км/ч. Рабочая скорость движения изменяется бесступенчато в пределах от 0 до 2000 м/ч.

На стрелочных переводах щебнеочистительная машина типа RM работает по схеме, изображенной на рис. 7.14. Для очистки балласта на стрелочных переводах увеличивают ширину очистки за счет удлинения дополнительными звеньями подпутную балку и скребковую цепь. В горловине станции, чтобы избежать частых перестановок машины, производят последовательную очистку стрелочных улиц.

**5.7. Щебнеочистительные машины и комплексы повышенной производительности с послойным уплотнением балласта. Перспективы развития машин и комплексов**

Применение машин и комплексов для глубокой очистки щебеночного балластного слоя позволило существенно повысить каче6ство выполняемой работы и увеличить межремонтные сроки эксплуатации пути. Вместе с тем, эти машины имеют относительно низкую производительность (400 – 700 м3/ч), и при работе в комплексах ограничивают выработку других машин (укладочных, выправочно-подбивочных, стабилизирующих и др.). Поэтому важное направление совершенствования этого класса машин – повышение их производительности в перспективе до 2000 м3/ч и выше. В этом направлении усиленно работают фирмы-производители и проектно-исследовательские организации.

*5.7.1. Щебнеочистительный комплекс ЩОМ-1200:*

*устройство, гидропривод выгребной цепи*

Щебнеочистительный комплекс ЩОМ-1200, спроектированный ПТКБ ЦП ОАО «РЖД» и изготавливаемый ОАО Калужским заводом «Ремпутьмаш», предназначен для глубокой очистки балластной призмы с укладкой щебня мелких фракций на геотекстильный материал в нижний слой с его уплотнением, а крупных – в верхний слой, примыкающий к подошвам шпал. Мелкий щебень позволяет равномерно распределить давление на земляное полотно, легче уплотняется. Верхний слой щебня подвержен в большей степени воздействию поездных нагрузок и нагрузок при производстве ремонтно-путевых работ, поэтому фракционный состав щебня здесь постепенно изменяется за счет частичного дробления и откалывания частиц. Комплекс позволяет отбирать засорители и выгружать их в подвижной состав или в отвал. Он также может работать в режиме полной вырезки балласта с погрузкой на специальный подвижной состав.

В состав комплекса входят три единицы СПС: добывающее-распределительный и очистной модули, а также тягово-энергетическая секция (тяговый модуль) ТЭС-1000.

Экипажная часть добывающее-распределительного модуля состоит из сварной рамы *17* в виде изогнутой продольной балки, которая опирается на две трехосные ходовые тележки типа 18-102. По концам рамы устанавливаются автосцепки *11* с увеличенным до 24° в обе стороны углом отклонения, что позволяет длиннобазовой машине проходить кривые радиусом до 110 м в сцепе с другим подвижным составом.

Выгребное устройство *7* имеет рабочий (левый) и холостой (правый) желоба, которые сверху соединяются между собой шарниром, а снизу через подпутную балку. Привод *8* скребковой тяговой цепи неподвижно соединен с рабочим желобом. Гидроцилиндры вертикального и горизонтального поворота желобов производят их независимое перемещение и установку. Это необходимо при проходе препятствий (высоких платформ, опор контактной сети и др.) или для выдерживания поперечного профиля среза. Холостой желоб имеет выдвижную часть, служащую для натяжения тяговой цепи. При работе на перегоне устанавливается длинная подпутная балка, обеспечивающая ширину захвата балластной призмы 5095 мм, а при работе на станционных путях используется укороченная балка, которая обеспечивает ширину захвата 4395 мм. Ширина захвата может быть увеличена на 500 мм с каждой стороны за счет поворота подкрылков внизу желобов. Для аварийного приведения желобов в транспортное положение используются укосины *3*.

Привод выгребной цепи осуществляется гидромотором мощностью 540 кВт через двухступенчатый редуктор. Первая ступень редуктора представляет собой цилиндрическую зубчатую передачу, а вторая ступень – однорядную планетарную передачу, у которой солнечное колесо соединено с валом первой ступени, а водило – с выходным валом, на котором установлена звездочка скребковой цепи. За счет регулирования угловой скорости вращения вала гидромотора обеспечивается скорость цепи в диапазоне 1,8 – 3,2 м/с. При работе положение РШР фиксируется ПРУ *23* с роликовыми клещевыми захватами. При проходе стыка путевая решетка удерживается сначала задними, а затем передними захватами. ПРУ позволяет вывешивать РШР на высоту до 100 мм при боковом сдвиге в пределах ± 180 мм.

Вырезанный выгребным устройством балласт через бункер *9* поступает на конвейер *2* и далее на поворотный конвейер *1*. В режиме очистки он поступает на очистной модуль, а в режиме вырезки балласта – на специальный подвижной состав (очистной модуль отцеплен от комплекса).

Очищенный щебень возвращается через бункер *27* на конвейер *3*, откуда поступает к двухъярусному грохоту-классификатору *5*, предназначенному для разделения чистого щебня на крупную и мелкую фракции. Верхний ярус грохота имеет просеивающее сито с размерами ячеек 32×32 мм, а нижний ярус состоит из сплошного листа. Разделенный щебень двумя потоками через систему заслонок бункера *6* попадает в распределительный бункер *20*. Далее он дозируется в путь: мелкая фракция спереди бункера в нижний слой, а крупная фракция – сзади бункера в верхний слой призмы. Нижний слой балласта уплотняется планировочно-уплотнительным устройством *21*, смонтированным на распределительном бункере *20*.

При изменении положения заслонок бункера *6* и сдвиге конвейера *19* чистый щебень от грохота *5* может загружаться в накопительный бункер *18*. Бункер имеет 6 донных крышек, через которые чистый балласт дозируется в путь в местах зарядки и разрядки выгребного устройства машины при недостатке щебня.

После отсыпки поверхность балластного слоя разравнивается планировщиком *16*, который также обеспечивает безопасный проход задней тележки *13*. Верхний слой балласта предварительно уплотняется устройством *14* со стороны торцов шпал.

Измерительная тележка *12* позволяет контролировать положение пути по уровню после работы комплекса.

Экипажная часть очистного модуля включает сварную раму *39*, которая в задней части опирается на двухосную ходовую тележку *40* типа 18-100, а в передней части на тележку *44* с приводными колесными парами, аналогичную тележкам тяговых модулей. Привод *43* колесных пар электромеханический.

Вырезанный добывающее-распределительным модулем щебень с конвейера *1* попадает на конвейер *36* и далее направляется к грохотам *37* и *31*. Для направления части потока щебня к грохоту *31* применено распределительное устройство *35* с системой направляющих поток балласта заслонок и конвейер *30*. Очищенный балласт через бункеры *32*, *38* и систему конвейеров *42*, *41* поступает в приемный бункер *26* добывающе-распределительного модуля для дозирования в путь. Засорители через бункер *33* и систему конвейеров *34*, *29* и *28* перегружаются в специальный подвижной состав или удаляются на обочину.

Привод *8* цепи выгребного устройства *7* позволяет плавно регулировать скорость цепи, приспосабливая ее к условиям вырезания балласта. В гидросистеме привода (рис. 7.23) для этого установлен аксиально-поршневой насос Н1 с объемно регулируемой подачей, который напрямую соединен с нерегулируемым аксиально-поршневым гидромотором М1, образуя контур закрытой циркуляции масла с максимальным давлением 35 МПа. Насос имеет поворотный хвостовик с блоком цилиндров, который поворачивается относительно оси выходного вала гидроцилиндром Ц1. Привод насоса Н1 осуществляется от отдельного дизельного агрегата фирмы CUMMINS (Великобритания) мощностью 697 кВт, расположенного на добывающее-распределительном модуле. Кроме того система включает насос Н2 для восполнения потерь масла в основном контуре циркуляции, а также насос Н3 для подачи масла в систему управления основным насосом Н1.

Предохранительные клапаны КП2 и КП3 настроены на давление перепуска 38 МПа и при нормальной работе привода не срабатывают. При подаче давления в напорную линию мотора М1 распределитель Р3 подключает его сливную линию к предохранительному клапану КП1, отрегулированному на давление перепуска 1,6 МПа. Подпитка сливной линии производится через один из обратных клапанов КО1 или КО3. Другой клапан держит давление в напорной линии. Предохранительный клапан КП4 с управлением через пилот-распределитель отрегулирован на давление 35 МПа и позволяет быстро останавливать движение выгребной цепи при включении его электромагнита.

Величина и направление подачи масла насосом Н1 зависит от положения его хвостовика, управляемого гидроцилиндром Ц1. При перекрытом дросселе ДР1 и нейтральной позиции распределителя Р2 шток цилиндра Ц1 фиксируется в определенном положении. Для регулирования подачи распределитель Р2 переключается в рабочую позицию а масло подается в систему управления через серовентиль Р1. Сервовентиль позволяет в регулировать подачу масла насосом Н1, отслеживая скорость вращения вала гидромотором М1 в режиме ручного или автоматического управления.

Взаимодействие элементов тяговой выгребной цепи с вырезаемым материалом в забое, элементов гидравлической и механической передач, изменение нагрузок на приводном валу дизеля и приводной звездочки цепи носит выраженный динамический характер. Возникают вынужденные крутильные колебания приводной звездочки, вызывающие пульсации давления в гидросистеме. Спектр частот колебаний широк: колебания, связанные с вхождением скребков цепи в забой и движением цепи по зубьям приводной звездочки носят устойчивый характер и зависят от линейной скорости движения цепи, колебания, связанные с изменением свойств щебня в слое, с изменением скорости движения машины носят случайный характер. При расчете поддерживаемого давления в гидросистеме необходимо учитывать что на пиковых значениях давления может срабатывать предохранительный клапан КП4, поэтому демпфирование пульсаций давления позволяет поддерживать большее рабочее давление, соответственно, улучшить рабочие свойства выгребного устройства. Для решения этой и других задач анализа нагрузок разрабатываются и анализируются соответствующие математические модели.

Исследования под руководством проф. В.Ф. Ковальского при участии В.А. Дубровина показали, что гидропривод в динамике описывается моделью фильтра частот ниже 3,5-4,0 Гц (колебания на низких частотах не демпфируются системой). Колебания с более высокими частотами в значительной степени гасятся системой, позволяя увеличить передаваемую нагрузку. Для понижения уровня фильтруемых частот в напорную и сливную линию гидропривода были введены пневмогидравлические аккумуляторы АК1 и АК2, обеспечивающие более спокойную передачу энергии от насоса Н1 к мотору М1. Были исследованы и другие аспекты работы привода выгребной цепи.

*5.7.2. Щебнеочистительная машина ЩОМ-1200 ПУ*

Щебнеочистительная машина ЩОМ-1200ПУ (рис. 7.24) производится ЗАО «Тулажелдормаш» и предназначена для очистки щебеночного балласта на перегонных и станционных путях с одновременной укладкой геотекстильного подстилающего слоя, послойной укладки очищенного балласта мелкой и крупной фракции с уплотнением нижнего слоя. Засорители погружаются на специализированный подвижной состав или разгружаются в отвал. Машина также может работать в режиме вырезания Ии погрузки на подвижной состав щебеночного балласта без его очистки.

Экипажная часть машины традиционной конструкции в виде рамы *4*, опирающейся на две трехосные ходовые тележки *19* типа 18-522.

Балласт вырезается с помощью выгребного устройства *12*, имеющего электромеханический привод *13* мощностью 315 кВт. Комплект из двух подпутных балок и одной балки-вставки длиной 550 мм позволяет устанавливать ширину зоны захвата балластной призмы в пределах 4040 – 4890 мм, которая может быть уширена при повороте подкрылков на 300 мм. Вырезанный балласт через бункер *14* попадает на конвейер *10* и выгружается в вибрационный грохот *9* (режим очистки) или на конвейер *3* (режим вырезки) для дальнейшей выгрузки через поворотный конвейер *1* в подвижной состав или в отвал. Конвейер *10* может перемещаться в продольном направлении на 1000 мм двумя гидроцилиндрами относительно портальной стойки по направляющим. Грохот *9* трехъярусный, у которого верхние два яруса выполняют также функцию классификатора балласта: мелкая и крупная фракции щебня раздельно проходят через заслонки бункера *11*, попадая в бункер-распределитель *24* для послойной укладки. Просеивающая площадь сит составляет 29 м2. Привод вибраций грохота от двух электродвигателей мощностью 18,5 кВт каждый через клиноременные передачи. Машина также имеет накопительный бункер *22* с транспортером чистого щебня. Верхняя поверхность балластной призмы разравнивается планировщиком *20*. Благодаря расположению грохота в средней части машины схема движения потоков балласта и засорителей оптимальна.

При работе машины путевая решетка удерживается ПРУ *26* с электромагнитно-роликовыми захватами. Высота вывешивания РШР составляет 150 мм при сдвиге ± 140 мм в обе стороны.

Для тяги и энергоснабжения машины применяется либо две тягово-энергетических установки (тяговых модуля) ТЭУ-630, либо одна установка ТЭУ-1200.

*5.7.3. Щебнеочистительный комплекс RM-2002*

Высокопроизводительные машины и комплексы для глубокой очистки балластной призмы выпускаются также рядом зарубежных фирм Австрии, Швейцарии, Чехии и Польши. В рамках программы по оснащению путевого хозяйства сети ОАО «РЖД» новыми комплексами был приобретен и испытан один экземпляр самоходного щебнеочистительного комплекса RM-2002 производительностью до 1000 м3/ч австрийской фирмы «Plasser & Theurer».

В состав комплекса входит добывающе-распределительный модуль, экипажная часть которого состоит из рамы *4*, опирающейся на 2 трехосных ходовых тележки *26*, и сочлененный очистной модуль с экипажной частью, состоящей из двух рам *23* и *22*, соединенных между собой шарнирно и опирающихся на 3 двухосных ходовых тележки *21*. Из 12 колесных пар комплекса 6 имеют привод в рабочем и транспортном режимах.

Вырезанный выгребным устройством *7* балласт поступает на систему конвейеров *8*, *10* и *12*, откуда перегружается в вибрационные грохоты *11* и *13*. Засорители после просеивания ситами грохотов поступают на систему конвейеров *14*, *15* и *18* и выгружаются в состав *19*. Чистый щебень посредством конвейеров *24* и *9* перегружается через приемный бункер *31* на конвейер *32* и дозируется на путь перед планировщиком *33*. Комплекс дополнительно может оснащаться системой укладки геотекстильного подстилающего слоя и виброплитами для уплотнения гижних слоев балласта.

**6 Машины для укладки и разборки пути**

Эти машины предназначены для снятия старой и укладки новой путевой решетки при капитальных ремонтах и строительстве железнодорожного пути.

**6.1 Классификация методов и машин для укладки**

**путевой решётки**

Процесс разборки старой и укладки новой путевой решетки содержит в себе этапы, отличающиеся по структуре технологических операций и применяемым техническим средствам их реализации: – разборка и переборка старой путевой решетки и сборка новой с использованием новых элементов и элементов, которые могут повторно использоваться; – транспортирование снятых элементов старой путевой решетки на базу и новых с базы к месту укладки; – снятие старой путевой решетки (операция называется разборкой) и укладка в путь новой путевой решетки.

В зависимости от структуры технологического процесса, замена старой путевой решетки на новую решетку в мировой практике реализуются:

– *метод блочной или нераздельной укладки (звеньевой метод)*, при котором путевая решетка собирается в блоки или звенья на оснащенных специальным оборудованием звеносборочных базах, погружается на специализированный подвижной состав, транспортируется к месту укладки и укладывается в путь;

– *метод раздельной укладки*, при котором элементы путевой решетки (рельсы, шпалы, скрепления) транспортируются к месту укладки, а путевая решетка собирается непосредственно на месте укладки;

– *комбинированный метод*, содержащий в себе элементы первых двух названных методов.

Звеньевой метод позволяет свыше половины объема трудоемких монтажных работ производить в стационарных условиях, что обусловливает его широкое распространение. Однако, чтобы уложить путь с длинномерными рельсовыми плетями, после укладки звеньев необходимо или сваривать рельсы в стыках, или производить замену укороченных рельсов на плети. Раздельный метод позволяет сразу на месте собирать и укладывать бесстыковой путь. Раздельный и комбинированный методы реализуют зарубежные путеукладочные комплексы.

Названные выше методы реализуются машинами и комплексами для разборки и укладки стрелочных переводов и пересечений. В зарубежной практике находят применение комплексы легких машин портального типа, производящих операции по перегрузке, монтажу перевода на месте из элементов. В отечественной практике разработаны комплексы для укладки стрелочных переводов крупными блоками.

В путевом хозяйстве применяются также машины и комплексы для обслуживания элементов путевой решетки при текущем содержании и ремонтах пути. К ним можно отнести путевые гайковерты для обслуживания рельсовых скреплений и разрядки напряжений в длинномерных плетях, рельсосварочные машины, рельсошлифовальные поезда и машины, рельсоочистительные машины.

**6.2. Составы разборочного и укладочного поездов**

При капитальном ремонте пути обычно используются два специализированных хозяйственных поезда – разборочный и укладочный. Первый из них предназначен для снятия и транспортировки старых звеньев, а другой – для перевозки новых звеньев и их укладки в путь. По номенклатуре поезда идентичны, но отличаются порядком расположения единиц СПС.

Укладочный поезд транспортируется к месту работ тепловозом (рис. 8.1). При относительно большом объеме укладки он расцепляется на головную, промежуточную и основную части. Головная часть состоит их укладочного крана УК-25/9-18 и сцепленных с ним платформ: одной платформы прикрытия и нескольких платформ, оборудованных универсальным съемным оборудованием УСО-4. Параметры головной части позволяют крану быстро разгоняться и точно останавливаться у конца звена на расстоянии не менее 1 м. С целью безопасности на указанном расстоянии устанавливается тормозной башмак. Кран и платформа прикрытия постоянно соединены между собой автосцепками с запорными устройствами. В варианте исполнения укладочного крана он постоянно сцеплен с тяговой моторной платформой (УК-25/9-18МП). Это позволяет увеличить массу головной части. Пакеты звеньев с перевернутым нижним звеном перетягиваются вдоль платформ по роликовым транспортерам с помощью лебедки, установленной на кране. Кран укладывает звенья в путь, циклически передвигаясь на вновь уложенное звено. Нижнее звено пакета перед окончательной укладкой выносится перед краном и переворачивается.

Промежуточная часть укладочного поезда состоит из моторной платформы МПД или МПД-2, которая сцеплена с платформами, оборудованными УСО-4. Эта часть укладочного поезда позволяет доставлять новые пакеты с основной части и одновременно повышает безопасность при сцепке с головной частью для перетяжки новых пакетов звеньев. По правилам безопасности в момент сцепки и перетяжки пакетов перед укладочным краном должно быть уложено звено и поставлен тормозной башмак. Основной состав перемещается по фронту работ тепловозом. Для повышения темпа укладки к нему может быть прицеплена дополнительная моторная платформа, а для уменьшения трудоемкости растяжки троса при большой длине состава перед тепловозом устанавливается платформа с лебедкой.

Обычно пакет состоит из 7-8 звеньев путевой решетки с деревянными шпалами и из 4-5 звеньев с железобетонными шпалами.

*8.**2.1**. Укладочный кран УК-25/9-18*

Укладочный кран УК-25/9-18 служит для укладки и разборки пути звеньями длиной 25 м с деревянными или железобетонными шпалами (рис. 8.2). Его экипажная часть представляет собой моторную платформу, состоящую из рамы *22*, которая опирается на две трехосных ходовых тележки *17* с двумя крайними приводными колесными парами. На приводной оси смонтирован двухступенчатый редуктор, а на раме тележки – тяговый электродвигатель мощностью 43 кВт. При движении крана самоходом вращение от электродвигателя передаётся через карданный вал к осевому редуктору. Для следования крана в составе поезда производится разъединение электродвигателя и колёсной пары, для чего вторичный вал осевого редуктора выводят из зацепления с осевым зубчатым колесом, Вращение от оси колёсной пары не передаётся к первичному валу редуктора и валу тягового двигателя. Эти действия предотвращают превышение допустимой частоты вращения электродвигателя, а также бесполезный износ щёток и коллектора.

В отсеках рамы смонтированы два дизель-электрических агрегата *20*, обеспечивающих энергией в рабочем режиме крановое, тяговое и вспомогательное оборудование, а в транспортном режиме – тяговое и вспомогательное оборудование. Дизель имеет мощность 121 кВт и через муфту соединен с генератором постоянного тока, имеющим напряжение 230 В и мощность 100 кВт. Новые и модернизированные краны оснащаются более мощными дизель-электрическими агрегатами на базе дизеля ЯМЗ-238-М мощностью 220 кВт. Запас топлива помещается в двух баках *19*. Кран имеет жесткие автосцепки *24*, тормозную систему и необходимые устройства сигнализации и освещения рабочей зоны в темное время суток.

Для перемещения пакетов звеньев кран оборудуется транспортером *18* с роликами, имеющими по две реборды, позволяющие направлять пакет при движении. Перемещение пакета производится путем его перетягивания одной из двух лебедок *23* после закрепления троса за его задний конец.

На моторной платформе крана устанавливается крановое оборудование, которое содержит стрелу *3*, установленную через поперечные *7* и откидные балки *4* на выдвижных каретках *8*. Каретки находятся в направляющих портальных стоек *15*, в которых размещены по три плунжерных гидроцилиндра *16*. При подъеме кареток стрела поднимается в рабочее положение для пропуска пакета *13* необходимой высоты. Каретки после подъема закрепляются стопорными устройствами. Кран имеет две независимых гидросистемы подъема передней и задней пары кареток. Подача масла под давлением в систему производится насосом Н1, который через муфты *1*, *5* и цепную передачу *6* соединяется с электродвигателем *7* привода лебедки для перетяжки пакетов звеньев. Управление подъемом и опусканием кареток *1* осуществляется распределителем Р1. Синхронизация правой и левой кареток обеспечивается путем пропуска масле через делитель-сумматор потока ДП1 (дозатор) шестеренчатого типа.

Звено захватывается при работе за головки специальной траверсой, состоящей из сварной балки *28* с рельсовыми захватами *26* по торцам. Траверса через блоковые полиспасты *27* подвешивается на грузовых тележках *2*, перемещаемых вдоль стрелы по усиленным швеллерным направляющим. Механизм подъема звена включает грузовую лебедку *6*, имеющую два барабана разного диаметра (Dб1=328 мм; Dб2=362 мм), связанные с передним и задним полиспастами подвешивания траверсы. Разность диаметров барабанов позволяет при укладке опускать сначала задний конец звена *25* для стыковки с ранее уложенным звеном через стыкующие устройства и направлять его передний конец по оси пути перед окончательной укладкой на балласт. Для продольного перемещения грузовых тележек *2* служит тяговая лебедка *10*, связанная с ними также через трособлочную передачу. Кинематическая схема механизмов подъема и продольного перемещения звена показана на рис. 8.4. При работе на пути с железобетонными шпалами применяется четырехкратная запасовка полиспастов *13*, *14*, а при работе на пути с деревянными шпалами – двукратная запасовка. Перемещения траверсы и звена ограничиваются концевыми выключающими устройствами, а максимальные усилия подъема – ограничителями грузоподъемности *7* и *8*. Для обеспечения продольной устойчивости крана в стороне, противоположной выдвинутой консоли, на платформе устанавливается система противовесов общей массой 10,5 т.

Машинист с нижнего пульта *21* управляет силовыми установками, передвижением укладочного крана и лебёдками *23* для перетягивания пакетов. Крановый оператор управляет грузовой *6* и тяговой *10* лебедками для вертикального и горизонтального перемещения траверсы *28* и звена *25*, а также для переворота нижнего звена пакета.

Стрела может занимать три основных положения: *транспортное* с симметричным расположением консолей и опущенной стрелой в крайнее нижнее положение, используемое при транспортировке на дальние расстояния в составе поезда или при зимнем хранении; *транспортное* с опущенной в крайнее нижнее положение и выдвинутой в одну сторону стрелой, в соответствии с технологией работы крана в комплексе путевых машин, используемое при транспортировке в составе хозяйственного поезда к месту производства работ и обратно на базу; *рабочее* с поднятой в крайнее верхнее положение и выдвинутой в одну сторону стрелой, позволяющее выполнять технологические операции разборки и укладки пути в комплексе. В транспортном положении стрела и порталы закрепляются винтовыми стяжками.

Технические характеристики укладочного крана УК-25/9–18 и моторных платформ МПД и МПД-2 приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | УК-25/9-18 | МПД | МПД-2 |
| Производительность, м/час:  с деревянными шпалами  с железобетонными шпалами | 1000  750 | -  - | -  - |
| Грузоподъёмность платформы, т | 40 | 40 | 60 |
| Грузовая лебёдка:  грузоподъёмность, т  скорость подъёма груза, м/с  мощность двигателя, кВт | 18  0,2  32 | -  -  - | -  -  - |
| Тяговая лебёдка:  мощность, кВт  скорость перемещения груза, м/с | 23  1,5 | -  - | -  - |
| Лебёдка передвижения пакетов:  скорость каната, м/с  тяговое усилие на канате, кН  мощность двигателя, кВт | 0,4  29,4  12 | 0,4 29,4 12 | 0,45 58,8  24 |
| Скорость передвижения, макс.:  крана в рабочем режиме, км/час  при отключенных тяговых двигателях в составе поезда, км/час | 20  80 | 40  80 | 30  80 |
| Максимальная сила тяги, кН | 63 | 63 | 90 |
| Масса, т | 102 | 40 | 41,6 |

*6.2.6. Моторная платформа МПД-2*

Моторная платформа МПД-2 (рис. 8.12) в составе укладочного поезда служит в качестве тяговой подвижной единицы для промежуточной и основной частей состава, в случае, если их вес относительно небольшой, и для передвижения по фронту работ не обязательно использовать тепловоз. Коме того, она используется для перетягивания пакетов звеньев вдоль состава и для маневровых работ на производственных базах при формировании разборочного и укладочного поездов. Экипажная часть моторной платформы состоит из рамы *9*, которая опирается на две тяговые тележки *8* с приводными колесными парами. Платформа имеет тормозную систему, питаемую компрессором *2*, автосцепки *7* с поглощающим аппаратом и необходимые устройства сигнализации и освещения фронта работ. В отсеках под полом платформы смонтированы два дизель-электрических агрегата постоянного тока, включающих дизель *4* с водяным и масляным радиаторами *3*, который через муфту соединяется с генератором постоянного тока *5*. Дизель и генератор унифицированы с укладочным краном.

Управление рабочими процессами, передвижением платформы и дизелями производится из кабины управления *11*. В рабочем положении кабина поднимается гидроцилиндрами на 2300 мм для пропуска перетягиваемых пакетов звеньев. Гидроцилиндры расположены в портальных стойках *1*. Пакет звеньев перемещается по роликовому транспортеру *6* с помощью одной из лебедок *10*. грузоподъемность платформы при работе составляет 60 т. При следовании укладочного поезда на перегон запрещается транспортировка пакетов звеньев на моторных платформах.

В путевом хозяйстве эксплуатируются моторные платформы МПД, которые по своей конструкции унифицированы с моторными платформами укладочного крана, но имею двухосные ходовые тележки с приводными колесными парами.

**6.3. Машины для замены шпал в пути**

Работами по ремонту и планово-предупредительной выправке пути предусмотрена замена негодных шпал новыми. В зависимости от условий расход деревянных шпал при ремонте может составить от 3 до 600 новых деревянных и от 3 до 22 железобетонных шпал на 1 км пути. Технология замены шпалы предусматривает удаление части балласта для освобождения пространства, разборку рельсовых скреплений с отделением шпалы от рельсов, вытягивание старой шпалы на обочину пути, установку новой шпалы, ее закрепление, подсыпку и подбивку балласта. Для механизации комплекса этих трудоемких операций использовались машина МСШ-1 на базе грузовой дрезины АГМУ, шпалозаменяющий комплекс КШЗ, универсальные машины для смены шпал МСШУ-3 и МСШУ-4 и др. ОАО Истьинский машиностроительный завод по проекту ЦКБпутьмаш производит универсальную машину для смены шпал МСШУ-5.

Экипажная часть машины включает сварную раму *6*, которая опирается на две приводных колесных пары *9* диаметром 710 мм, и имеет автосцепки *11*, что дает возможность транспортировать машину дрезиной или локомотивом. Силовой агрегат *1* (дизель Д-245) мощностью 77 кВт обеспечивает энергетические потребности машины при работе и транспортировании своим ходом со скоростью до 60 км/ч. Привод *10* колесных пар – гидромеханический, позволяющий плавно регулировать скорость движения машины. В передней части располагается кабина управления *3*. Машина универсальная, поэтому оснащается постоянным и сменным рабочим оборудованием.

В передней части расположен поворотный на 190° в плане гидравлический манипулятор, на который навешивается сменное рабочее оборудование в соответствии с выполняемыми машиной технологическими операциями. Вылет стрелы манипулятора составляет 0,9 – 5,2 м. При использовании машины по основному назначению манипулятор оборудуется захватом для шпалы с ее фиксированием по четырем поверхностям. Кинематическая схема механизма манипулятора позволяет выполнять вытягивание старой и установку новой шпалы по горизонтальной траектории, что позволяет избегать отрывания балласта в смежных шпальных ящиках. Машина оснащается также подъемно-рихтовочным агрегатом *7* с опорой на балласт и рельсовыми захватами, поэтому может производить выправку пути. Вместо шпального захвата может быть установлен подбивочный блок, ковш, грейфер, устройство для скашивания растительности, щетка для обметания поверхности шпал от балласта, роторное снегоочистительное устройство. Машина может быть использована в качестве источника электроэнергии для внешних потребителей.

Для перевозки к месту работ со скоростью до 100 км/ч две машины могут быть погружены на специализированный состав, состоящий из вагона для перевозки машин, платформы для перевозки шпал и погрузочно-транспортного мотовоза МПТ-4.

Производительность машины при смене шпал 35 шп/ч, при подъемке 300 м/ч и при рихтовке 400 м/ч, на балластно-земляных работах 12 м3/ч.

**6.4. Механизация укладки и ремонта бесстыкового пути**

Широкое внедрение бесстыкового пути на железных дорогах ОАО «РЖД» позволяет гарантировать плавное движение поездов со значительным уменьшением динамических нагрузок, снижение сопротивлений движению поездов на 4-6%, что позволяет экономить топливо и ресурсы, уменьшение износа пути и подвижного состава. Такая конструкция пути является единственной альтернативой для скоростного движения на железных дорогах.

Для ремонтов и текущего содержания бесстыкового пути используются специализированные путевые машины:

– машины и комплексы для замены и укладки бесстыкового пути, а также для смены канта рельсов (замены правой бесстыковой плети на левую);

– машины для закрепления и смазки закладных и клеммных болтов (моторные гайковерты ПМГ, СДГ-0,6). Эти машины одновременно производят разрядку напряжений;

– машины для введения бесстыковых плетей в заданный температурный режим путем их нагрева. Для каждой климатической зоны и области РФ установлен *допустимый температурный диапазон* укладки и закрепления плетей;

– механизмы для растяжения бесстыковых плетей путем приложения к ним продольных растягивающих усилий с помощью мощных гидравлических цилиндров. Эти устройства начали выпускаться в последнее время (натяжители рельсовых плетей НРП-63-05; НРПЭ-63-05);

– оборудование для сварки рельсов: – машины для сварки рельсов в длинномерные плети в пути (машины семейства ПРСМ: ПРСМ-2,…, ПРСМ-6); – стационарное оборудование, формирующее поточные линии по контактной сварке рельсов с необходимой дополнительной обработкой и контролем сварных стыков. Таким оборудованием оснащены предприятия путевого хозяйства, называемые рельсосварочными поездами (РСП); – оборудование для алюминотермитной сварки рельсов в пути.

– машины и оборудование для шлифовки рельсов и сварных рельсовых стыков, можно выделить: – станки для шлифовки рельсов и стрелочных переводов; – рельсошлифовальные вагоны и поезда (выпускается на филиале ОАО «РЖД» КЗ «Ремпутьмаш» рельсошлифовальный поезд РШП-48), RR-16; – стационарное оборудование РСП для шлифовки сварных стыков.

Ниже рассмотрены примеры конструктивных схем некоторых машин и технологий с их использованием.

6.4.1. *Работа рельсовых плетей в пути*

В конструкции бесстыкового пути применяются рельсовые плети длиной 500 – 2000 м до длины блок-участка (участка между двумя светофорами на линиях, оборудованных автоматической блокировкой движения поездов) или даже до длины перегона при кодовой блокировке. Рельсовые плети длиной от 440 до 800 м изготавливаются электроконтактной сваркой. Минимальная длина рельсовой плети установлена 350 м. Между рельсовыми плетями укладываются уравнительные пролеты, представляющие собой короткие отрезки звеньевого пути, состоящие из 4-х пар уравнительных рельсов по 12,5 м каждый. Плети и уравнительные пролеты соединяются между собой болтовыми стыками с шестидырными накладками (рис. 8.14, *а*). Стыки позволяют компенсировать температурные изменения длины плетей. При эксплуатации выполняется сезонная разрядка напряжений в плетях и замена укороченных рельсов. На скоростных линиях за рубежом используются специальные компенсирующие устройства.

В свободном состоянии рельсовая плеть, уложенная на ролики или прокладки, под воздействием изменения температуры изменяет свою длину. Удлинение (укорочение) рельса длиной *L*0, как свободного стержня (рис. 8.14, б), определяется по формуле:

 (6.32)

где *L*0, *L*Δ*t* – длина рельса (рельсовой плети) в свободном состоянии до и после температурного удлинения, м; α – коэффициент линейного расширения рельсовой стали, α=0,0000118 град-1; Δ*t* – изменение температуры, оС.

В реальных условиях изменение длины сварной рельсовой плети происходит по более сложной зависимости, учитывающей стыковые и погонные сопротивления [6]. До преодоления стыкового сопротивления *R*c накладок (для рельсов Р65 *R*c=100 кН) перемещение концов плети отсутствует. Если концы плети зафиксированы, то при повышении температуры на Δt происходит рост продольных температурных сил и напряжений:

 (6 .33)

где *E* – модуль упругости рельсов стали, Е=21\*104 МПа (в расчетах принимают Е=250 Н/см2); =/Lо – относительное удлинение плети.

Температурная сила и опорные реакции на концах закрепления рельсовой плети к моменту преодоления сопротивления в накладках:

 (6.34)

где *F* – площадь поперечного сечения рельса, см2.

В условиях эксплуатации средняя часть рельсовой плети неподвижна, а концы плети подвергаются температурным смещениям, эти концы называются «дышащими». Сопротивление продольному смещению плети зависит от степени затяжки болтовых соединений, сопротивлений продольному смещению шпал в балласте и др. Принимая условно, что погонное сопротивление пути характеризуется величиной *r*п (для рельсов Р65 *r*п=0,08 кН/см). Очевидно, что смещение плети прекратится в том месте на расстоянии *l*к от конца плети, где накопленное на указанной длине общее сопротивление станет больше усилия температурной деформации плети. Предельный случай соответствует равенству:

 (6.35)

После преобразований с учетом (6.34) получим длину «дышащего» участка плети:

 (6.36)

Выражение показывает, что длина участка рельсовой плети, лежащей в пути, зависит от разности фактической температуры и температуры, при которой укладывалась плеть (температура закрепления) и погонного сопротивления продольному сдвигу плети. Для рельсов тяжелых типов, у которых площадь поперечного сечения больше, необходимо обеспечивать большее погонное сопротивление продольному сдвигу, т.е. применять скрепления, исключающие продольные смещения рельсов, тяжелые типы шпал и тяжелый балластный материал, увеличить поперечную устойчивость РШР уплотнением плечеоткосных зон балластной призмы.

В средней части плети L – 2*l*к, которая не смещается в продольном направлении при изменении температуры, возникают максимальные усилия, это температурно-напряженный участок. Величина продольных сил на этом участке определяется уравнением (6.34) и дополнительными силами от поездов:

 (6.37)

где *F* – площадь двух рельсов, см2; гп – нормальные напряжения в кромках головки (при сжатии) и подошвы (при растяжении) рельса, МПа; [] – допускаемые напряжения (для новых термоупрочненных рельсов []=400 МПа); *k*зап – коэффициент запаса (1,3 – для новых; 1,4 – старогодных).

Наиболее опасными, с точки зрения безопасности движения поездов, являются сжимающие усилия. При потере поперечной устойчивости РШР возникает выброс пути, т.е. путь смещается в сторону от оси. Выброс может иметь место под поездом или при производстве путевых работ. Безопасная работа путевых машин – ЩОМ, ВПО, ВПР, ДСП, связанная с нарушением балластного слоя и рельсовой колеи, регламентирована специальной инструкцией. Приравнивая формулы (6.34) и (6.37) можно найти Dtпр – предельное допускаемое понижение (при растяжении) или превышение (при сжатии) температуры рельса по сравнению с температурой закрепления, при котором обеспечивается предельная устойчивость бесстыкового пути:

 (6.38)

Зная температуру окружающей среды в момент укладки *t*тек и температуру закрепления *t*зак плети и, исходя из неравенства

 (6.39)

решается вопрос о возможности укладки плети и выбора технологии в зависимости от конкретных условий.

6.4.2. *Механизация транспортировки, укладки и перекладки рельсовых плетей*

Укладка бесстыкового пути производится в два этапа: 1**-**й **–** производится укладка звеньевого пути на железобетонных шпалах с инвентарными рельсами длиной 12,5 и 25 м укладочными кранами УК-25/9-18. После стабилизации участка пути машинами и поездной нагрузкой не менее 1 мил. т груза брутто производится замена инвентарных рельсов на плети бессыкового пути с использованием дополнительного оборудования – это 11-й этап работ. Для укладки или смены длинномерных рельсовых плетей выполняются последовательно путевые работы: укладка инвентарного звеньевого пути; выгрузка в междурельсовое пространство длинномерных плетей; выправка и частичная стабилизация балластного основания; снятие инвентарных рельсов с их погрузкой на подвижной состав; надвигание плетей на освободившиеся подкладки с их закреплением. По некоторым технологиям производится сварка плетей друг с другом вплоть до длины перегона.

Погрузка плетей длиной до 800 м с технологической линии рельсосварочного поезда, их перевозка к местам укладки, выгрузка на перегоне, или погрузка старых плетей для транспортирования на базу или на малодеятельные участки выполняется рельсовозными составами РС-800/1-П, РС-800/1-М и др. Рельсовозный состав СПУ-800/1-П состоит из 59 4-осных подвижных единиц, оборудованных специальными устройствами, перемещается локомотивом *1*, Оборудование платформ включает роликовый транспортер с 12 ручьями для рельсовых плетей. Платформа имеет по три ряда роликов с ребордами. Платформа № 1 оборудуется устройством *2* для закрепления плетей болтами за стыковые отверстия. Платформы *7* (№ 50 **–** № 56) оборудуются подтягивающим устройством, которое позволяет с шагом 42 м перемещать плети попарно вдоль состава и перемещать короткие плети, расположенные на 2-м и 3-м ярусах. Платформы *8* (№ 53) и *9* (№ 57) оборудуются помещениями для обслуживающего персонала, а платформа *10* (№ 58) – дизель-электрическим агрегатом типа АД100-Т400-РПМ2 для питания электроприводов устройств состава.

На платформе *11* (№ 59) устанавливается консольный поворотный кран *12* с электрической талью *13* грузоподъемностью 3,2 тс. С помощью крана производится погрузка и выгрузка опорных направляющих тележек *12*, *13* для рельсовых плетей и манипулирование их концами для направления в ручьи роликов. На платформе *10,* кроме того, смонтированы устройства для направления концов плетей в требуемые ручьи роликов при укладке и погрузке плетей.

При укладке плетей их передние концы попарно отсоединяются от устройства *2*, а задние концы закрепляются стяжками за рельсы уложенного пути. Состав движется вперед для скатывания плетей. При погрузке рельсы направляются в ручьи краном. Состав движется в обратном направлении. В конце погрузки плети перемещаются вдоль состава подтягивающим устройством и закрепляются. При использовании двух направляющих тележек *15* может за один проход производиться выгрузка плетей на подкладки шпал с одновременным направлением старых плетей в междурельсовое пространство. В этом случае производятся дополнительные операции по разборке скреплений старого пути и сборке скреплений нового пути.

Для замены инвентарных рельсов на длинномерные плети используется также укладочный кран УК-25/9-18. В этом случае краном *2* снимаются укороченные рельсы *4*, которые подвешиваются на специальных захватах *5*. Из рельсов и поперечин формируются пакеты, перетягиваемые от крана на состав из платформ с роликовыми транспортерами. К автосцепке крана через вставку и тросы *3* прицепляются салазки *6*. Салазки имеют полозья *1*, устанавливаемые на подкладки шпал и направляемые ребордами подкладок при движении. Корпус рамной конструкции сварен из балок *2*, *3*. На поперечинах установлены ряды наружных *4* и внутренних *5* роликов. Наружные ролики используются для направления новых плетей на подкладки (рис. 8.17, *а*), а внутренние ролики – для направления старых плетей в междурельсовое пространство при перекладке плетей. В случае снятия инвентарных рельсов краном (см. рис. 8.16) ролики *5* не используются.

Стоимость приобретения новых рельсов составляет 24-28% стоимости капитального ремонта пути, поэтому продление срока службы рельсов это одна из главных задач ресурсосберегающих технологий ремонта и текущего содержания пути. Вследствие взаимодействия колесных пар подвижного состава и рельсов наиболее интенсивно изнашивается внутренний кант головки рельса, особенно в кривых. Внешний кант изнашивается меньше. Исследованиями ВНИИЖТ установлено, что при интенсивности износа 2-3 мм на 100 млн. т пропущенной нагрузки от поездов опасные контактно-усталостные повреждения рельсов не успевают накапливаться. Поэтому после оценки состояния рельсовых плетей и контроля дефектоскопами допускается их перекладка с заменой рабочего канта.

Замена рабочего канта производится комплексом УППВ-1, который включает локомотив *8*, салазки *2* и *4*, связанные с локомотивом тросовыми растяжками *3* и *5*. Передние салазки служат для плавного приподнимания рельсовых плетей на роликах *2* и *6*. Задние салазки имеют ролики *1* и *6*, расположенные друг относительно друга со смещением по уровню 200 мм. Этого достаточно для пропуска одного рельса над другим. При непрерывном движении комплекса локомотивом *8* (*а*) и разборке и сборке рельсовых скреплений правая и левая плети перестанавливаются. Погрузочно-транспортный мотовоз *1* позволяет выполнять операции по зарядке и разрядке устройств комплекса. Комплекс позволяет надежно работать в кривых радиусом свыше 1200 м. В этом случае из-за разности длин наружной и внутренней плетей происходит одновременно их продольное скольжение по подкладкам, поэтому технологией предусматривается установка дополнительных опор скольжения или качения на каждой 15-й шпале.

Салазки оснащаются откидными роликами, например 8 (*в*) для их транспортирования по пути, или могут транспортироваться на подвижном составе.

*6.4.3. Тяговый расчет рельсовозного состава*

При выгрузке (погрузке) длинномерных рельсовых плетей из состава происходит косой изгиб рельсов в вертикальной и горизонтальной плоскости. Возникающие при этом изгибные напряжения не должны вызывать остаточные пластические деформации в рельсах. С другой стороны изгиб приводит к дополнительным нагрузкам на элементы конструкции и в ряде случаев обусловливает дополнительные сопротивления движению. Для их определения требуется провести сложный анализ упругой линии изгиба рельсов. В качестве примера рассмотрим сопротивления движению состава, возникающие в начальный момент стягивания двух выгружаемых плетей, когда их концы находятся на составе. В этой случае локомотивом преодолевается сопротивление движению состава по пути *W*с, кН и сопротивление *W*р, кН, связанные с качением плетей по роликам ручьев. Последнее сопротивление:

 (6.40)

где *q* – погонный вес рельса, Н/см; *l*п – длина рельсовой плети, см; μ1 – коэффициент трения качения ролика, μ1 = 0,04 – 0,06 см; *f* – коэффициент трения в подшипниках качения ролика, *f* = 0,02; *d* – приведенный диаметр подшипника ролика, см; *D* – диаметр поверхности качения ролика, см; β – коэффициент, учитывающий трение реборд роликов, β = 1,5 – 1,8; *K*и – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления движению плетей вследствие их изгиба на концевых платформах и при нахождении состава в кривой, *K*и = 1,1 – 1,2.

Если по технологии производства работ требуется производить замену старых плетей на новые с помощью салазок, то возникают дополнительные сопротивления движению, связанные со скольжением полозьев по рельсовым подкладкам. Максимальные сопротивления возникают при одновременном вывешивании на роликах салазок четырех плетей (см. рис. 8.17, *а*) при свободном вывешивании рельсовых плетей, кН:

 (6.41)

где *E* – модуль упругости рельсовой стали, Н/см2; *Ix* – момент инерции одного рельса относительно горизонтальной оси инерции, см4, *H*в1, *H*в2 – высоты вывешивания внутренним и наружным рядами роликов, см.

Сила сопротивления движению салазок по подкладкам при вывешенных рельсах, кН:

 (6.42)

где *f* – коэффициент трения полозьев по подкладке, с учетом возможного загрязнения поверхностей, *f* = 0,15.

Общее сопротивление движению состава при выгрузке рельсов определяется путем суммирования сопротивлений в сочетании, соответствующем расчетному случаю.

*6.4.4. Технологический комплекс для ремонта скреплений (системы Матвеенко)*

Технологический комплекс механизмов предназначен для выполнения работ по полной замене клеммных и закладных болтов и упругих элементов старогоднего бесстыкового пути со скреплениями типа КБ на перегоне. Комплекс содержит восемь самоходных машин на железнодорожном ходу, которые имеют механизмы и устройства для выполнения технологических операций. Комплекс доставляется к месту работ в трех переоборудованных крытых цельнометаллических вагонах локомотивом. Головной вагон оборудован аппарелью для погрузки и выгрузки машин. Подъем и опускание аппарели производится механизмом, а перемещение машин – лебедкой. Питание электродвигателей машин комплекса производится от самоходного источника питания ИП-2 – дизель-электрического агрегата переменного тока мощностью 50 кВт. Рабочая скорость передвижения самоходных механизмов 1000 м/ч. Производительность комплекса составляет 300 – 500 погонных метров пути за 8 часовое «окно». Персонал комплекса насчитывает 22 – 28 человек.

*6.4.5. Рельсоочистительные машины*

При текущем содержании пути для выполнения многих путевых работ, визуального и дефектоскопного контроля за состоянием рельсов и скреплений требуется периодическая очистка боковых поверхностей рельсов и скреплений от грязи. Эффективным является способ очистки рельсов и скреплений от грязи и удаление засорителей из-под подошвы рельсов водяными струями высокого давления. Этот способ отличается от других высоким качеством очистки, экономичностью и значительно большей производительностью. Его эффективность определяется способностью струи проникать между материалами различной прочности и плотности (металлом и коркой грязи) и отделять их друг от друга.

Схема действия струи воды высокого давления при удалении засорителей из-под подошвы рельсов показана на рис. 6.19. Качественная очистки рельсов и скреплений (грязь срезается полностью) достигается при направлением струи воды к вертикали под углом от 70° до 80°.

Рельсоочистительная машина РОМ-3М предназначена для очистки струями воды боковой поверхности рельсов и скреплений от грязи и засорителей, а также для удаления засорителей из-под подошвы рельсов в шпальных ящиках при текущем содержании пути и перед проведением ремонта пути. Машина включает в себя самоходный 2-осный агрегат с приводом на обе оси и четырехосную цистерну 60 м3 с антикоррозионным покрытием внутренней поверхности для обеспечения жидкостью (техническая вода) рабочих органов. На раме машины установлены дизель-генераторный блок (У36М) мощностью на 200 кВт переменного тока, два трехплунжерных насосных агрегата ЭНА-ПТ-2-16/160 (производительностью 16 м3/ч) мощностью по 90 кВт, кабина управления и тележка с рабочими органами (гидромониторами).

Между кабиной и дизель-генератором установлены компрессор, обеспечивающий воздухом системы машины, насосная станция, подающая воду под давлением до 160 МПа к гидромониторам и система охлаждения выпрямителей тяговых двигателей. Под передней консолью рамы подвешена тележка с гидромониторами, представляющие собой сварную телескопическую конструкцию, предназначенную для размещения водоструйных гидромониторов и вписывания в кривую минимального радиуса. Подъем и опускание тележки осуществляется при помощи двух пневмоцилиндров.

При давлении струй воды от 6 до 10 МПа, скорости движения 3 км/ч и диаметре насадки Ж5 мм срезается слой грязи до 30 мм с подошвы, боковой поверхности шейки и головки рельса полностью. При давлении струй воды от 10 до 16 МПа, скорости движения 0,7-1,0 км/ч и диаметре насадки Ж7 мм из-под рельсов удаляется балласт с засорителями на глубину до 70 мм. Для уменьшения засорения соседнего пути у рабочих органов установлены отбойные щитки. Если засорители выше подошвы рельсов, то сначала пропускают снегоуборочную машину со щеточным рабочим органом.

Машина РОМ-4 предназначена: для очистки наружных боковых поверхностей рельсов и скреплений от слоя загрязнителей не более 35 мм, лежащих не ниже уровня подошвы рельсов; удаления засорителей из-под подошвы рельсов в шпальных ящиках с образованием зазора между подошвой рельса и балластом не менее 70 мм; нагрева длинномерных рельсовых плетей и уничтожения сорной растительности перегретым паром (табл. 8. 2).

*6.4.6. Машины и оборудование для контактной сварки рельсов, термитная сварка рельсов*

Сварка плетей длиной до 800 м из укороченных стандартных рельсов длиной 25 м и их погрузка на рельсовозный состав производится в стационарных условиях рельсосварочными предприятиями (РСП) железных дорог. Вместе с тем, при внедрении кодовой сигнализации длина плети может доходить до длины перегона, поэтому она сваривается в пути из сегментов – выгружаемых плетей. Сварка укороченных рельсов на станциях в плети также производится на месте укладки. Для выполнения сварочных работ в пути применяются путевые рельсосварочные машины ПРСМ-3, ПРСМ-4, ПРСМ-5 прежних выпусков, которые оборудуются подвесными рельсосварочными машинами (головками) – К-355А-1 с АСУ «Контакт-1», К900А-1, К922-1 и др. В их комплект входит силовой шкаф электрооборудования и насосная станция гидросистемы. Осваиваются многофункциональные машины ПРСМ-6, которые оснащены современной отечественной рельсосварочной машиной МСР-800.1 ЗАО «Псковэлектросвар». Машины ПРСМ позволяют сваривать рельсы методом контактной сварки при непрерывном оплавлении с площадью поперечного сечения 6400 – 12000 мм2 (рельсы Р-50, Р-65, Р-75). При сварке рельсовых плетей в плети длиной до перегона и создания необходимой осадки при сварке машины могут развивать подтягивающее усилие до 1000 – 1200 кН. Номинальный вторичный ток составляет 21 – 22 кА. Мощность привода при сварке 200 – 220 кВт.

Путевая рельсоварочная машина ПРСМ-6 (рис. 8.22) имеет экипажную часть, состоящую из рамы *23*, ходовых тележек *22* с одной приводной колесной парой, тормозного оборудования *24*, автосцепок *17* и дизель-электрической установки *2* типа ДЭУ-200.1 мощностью 280 кВт. В раме имеется продольный проем с роликовыми транспортерами *21*, имеющими четыре роликовых ручья, что позволяет включать машину в технологическую цепь рельсовозного поезда и при оборудовании смежной платформы сварочным постом производить сварку плетей на ней. Расстояния между осями крайних ручьев 1600 мм, что позволяет выгружать плети на рельсовые подкладки, а между осями внутренних ручьев – 860 мм для выгрузки плетей в середину пути. Управление машиной в рабочем и транспортном режимах производится из передней *9* и задней *1* кабин. Кроме того, для управления рабочим процессом перемещения подвесной сварочной машины *17* типа МСР-800.1 с помощью манипулятора *12* и сварки предусмотрены дополнительные боковые и выносные пульты. При работе машины открывается передняя торцевая стенка капота *16*.

В среднем отсеке машины под капотом расположен шкаф *5* электрооборудования, агрегат *7* для охлаждения водой сварочной машины и индуктора термообрабатывающего модуля, компрессор *6* и гидрооборудование *8* привода рабочего оборудования, включая и сварочную машину. Машина оснащается подтягивающим устройством *19* с тяговым усилием 30 кН, достаточным для подтягивания укороченных свариваемых рельсов. Учитывая повышенные требования к качеству и надежности сваренных стыков, машина дополнительно имеет пресс *10* типа ПМС-320 для испытания пробных сварных стыков из кусков рельсов. Необходимый режим нормализации сваренного стыка с последующей закалкой головки рельса обеспечивается установкой индукционного нагрева *11*.

Манипулятор предназначен для установки передвижной сварочной машины *9* в рабочее положение на свариваемую плеть и в транспортное положение на поворотную платформу *4*. Поворотная платформа установлена на раме *6* машины через роликовый опорно-поворотный круг *2* и поворачивается в плане на угол 14° в обе стороны для относа сварочной машины от оси пути и ее установки на свариваемую рельсовую плеть. Поворот платформы осуществляется гидроцилиндром *3*. Механизм продольного перемещения сварочной машины включает нижнюю *5* и верхнюю *8* рамы, соединенные друг с другом и с платформой шарнирами и тидроцилиндрами *1* и *7*.

Привод рабочего оборудования машины ПРСМ-6 (подвесной сварочной машины, манипулятора, подтягивающего устройства и испытательного пресса) гидравлический. Он включает насосную станцию НС1 для питания механизмов ПРСМ-6 и сварочной машины СГ1 (сварочной головки), а также насосную станцию НС2 для испытательного пресса (не показана). Распределителем Р7 включаются в работу механизмы манипулятора, подтягивающего устройства и подъема торцевой стенки капота. Для поддержания давления 16 МПа при работе механизмов и разгрузки насосной станции НС1 при паузах в работе служит предохранительный клапан КП1 с электрогидравлическим управлением. Управление гидроцилиндрами производится соответствующими распределителями Р1 – Р6 с управлением от электромагнитов, а регулирование скорости выдвижения штоков – дросселями с обратными клапанами ДР1 – ДР6.

При повороте нижней рамы 45 с подвешенной сварочной машиной наблюдается переход через ее вертикальное положение с изменением направления нагрузок на штоки цилиндров Ц1, Ц2. Чтобы предотвратить рывки в работе механизма, используются тормозные клапаны КТ1 и КТ2, поддерживающие необходимые минимальные давления, препятствующие резкому движению штоков при изменении нагрузки.

При работе гидросистемы сварочной машины (сварочной головки) СГ1 распределитель Р7 отключает работу манипулятора и подтягивающего устройства.

Наибольшее распространение на сети дорог имеют машины ПРСМ-4 (рис. 8.25). Экипажная часть машины – двухосная, состоящая из рамы *7* с приводными колесными парами *9*, автосцепок *6* и тормозной системы *8*. Рабочее оборудование включает манипулятор *2* с подвесной рельсосварочной машиной и подтягивающее устройство *11* рельсов при сварке с усилием 3 т. Манипулятор позволил увеличить зону обслуживания.

Машина ПРСМ-5 по сравнению с машиной ПРСМ-4 имеет отличия: применено тиристорное управление тяговыми электродвигателями для бесступенчатого регулирования скорости передвижения в транспортном режиме, конструкция переднего капота позволяет производить работы в тоннелях, установлена специальная технологическая оснастка, позволяющая при сварке рельсошпальных решёток с железобетонными брусьями подтягивать звено без раскрепления рельсов. На машине устанавливается рельсосварочная головка К-900 или К-922, позволяющая контролировать качество сварного шва.

Рельсосварочные машины дополнительно оборудуются устройствами для снятия грата, шлифовки наружной поверхности стыка и средствами ультразвуковой дефектоскопии стыков, предусмотрена возможность индукционной термообработки сварных стыков с обеспечением требуемого качества металла сварного шва. Технические характеристики машин приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Технические характеристики рельсосварочных машин

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | ПРСМ-4 | ПРСМ-5 | ПРСМ-6 |
| Число свариваемых стыков в час | до 12 | до 12 | до 10 |
| Мощность дизель - энергетической установки, кВт | 200 | 200 | 280 |
| Максимальная транспортная скорость, км/ч | 80 | 100 | 80 |
| Максимальная масса прицепного состава, т | 90 | 90 | 90 |
| Минимальный радиус проходимых кривых, м | 150 | 80 | 150 |
| База машины, мм | 7000 | 8400 | 12000 |
| Общее число осей, шт. | 2 | 4 | 4 |
| Число приводных осей, шт. | 2 | 2 | 2 |
| Диаметр колеса, мм | 950 | 710 | 950 |
| Масса машины, т | 36,5 | 40 | 80 |
| Длина по осям автосцепок, мм | 13100 | 14480 | 20900 |

В путевом хозяйстве широко используется также алюминотермитная сварка рельсов. Работы по сварке производятся на закрытом для движения поездов перегоне. При подготовке рельсов к сварке удаляется мазут и смазка со свариваемых поверхностей, стыковой зазор между торцами рельсов устанавливается размером 24–26 мм. Затем делается предварительное возвышение концов рельсов с помощью клиньев на 1–1,5 мм с целью компенсирования усадки сварного шва, для чего освобождаются болты промежуточных рельсовых скреплений не менее чем на трех шпалах в каждую сторону от стыка. Далее на стык устанавливаются литейные полуформы *4* и закрепляются. Зазоры в полуформах промазываются уплотняющей огнеупорной формовочной смесью, затем прогревают концы рельсов кислородно-пропановой горелкой. Длительность подогрева определяется профилем рельсов и применяемой технологией сварки и составляет примерно 2–8 мин [6].

После завершения предварительного подогрева стыка горелка снимается, над полостью формы устанавливается стойка комбинированная *1* и размещается на ней тигель с литниковым запором *2* с порцией термита (22,3 % порошкообразный алюминий и 77,7 % железной окалины – Fe3О) и вводится высокотемпературный запал (спичка). Через несколько секунд, по мере прохождения реакции восстановления (до температуры плавления 3000 оС), и легирования железоуглеродистого сплава, запорное устройство тигля автоматически открывается, и жидкий металл заливается в форму по сечению рельса. Масса термитной порции зависит от применяемой сварочной технологии, типа рельсов и их твердости. Для протекания процесса кристаллизации металла сварного шва требуется 3 – 4 мин. Избыточный металл и шлак выливаются в специальные ковши *3*, имеющиеся у сварочной формы.

Освобожденный от полуформ сварной стык обрабатывается сначала вручную, затем механизированным способом путем срезки грата и литников по поверхности катания и боковым граням головки рельса в горячем состоянии. Необходимое технологическое оборудование для термитной сварки рельсов, расходные материалы и обработки стыков: станки обрезные гидравлические СОГ-1, шлифовальные СШГ-1, рельсорезные СР-1 и др. разработаны и поставляются отечественной фирмой «СНЕГА». Для нормализации металла сварные стыки рельсовых элементов стрелочных переводов путей 1–3-го класса подвергаются нагреву подошвы рельсов газопламенными горелками. После этого производится в два этапа механическая обработка сварного стыка по поверхности катания и боковым граням головки рельса абразивным инструментом. Окончательная шлифовка производится после остывания стыка. После первого этапа грубой шлифовки допускается пропуск поездов по стыку со скоростями до 25 км/ч.

Для проведения сварки в тоннелях и метрополитенах применяется специальное оборудование для отсасывания газов, выделяющихся при сварке, с фильтром для очистки воздуха. На сварочное устройство устанавливаются защитные экраны, которые препятствуют разлетанию искр, возникающих при сварке. Весь сварочный цикл выполняется в течение 40 мин, а сам процесс сварки занимает не более 25 мин. Требования для сварных стыков стрелочных переводов, лежащих на путях со скоростями движения свыше 120 км/ч аналогичны сварке рельсовых стыков пути; прогиб вниз (седловины) в сварных стыках не допускается.

Твердость металла в зоне сварных стыков должна соответствовать твердости металла прокатных рельсов. Качество сварки стыков контролируется ультразвуковыми дефектоскопными средствами.

**6.5. Путевые моторные гайковерты (устройство,**

**принцип работы, расчет параметров)**

При укладке плетей бесстыкового пути необходимо сначала отвинчивать для снятия инвентарных рельсов, а затем завинчивать для закрепления надвигаемых плетей до 8000 гаек клеммных болтов на одном километре. Во время эксплуатации бесстыкового пути весной и осенью перед резкой сменой температуры окружающего воздуха производится разрядка возникших температурных напряжений. Сначала рельсовые скрепления ослабляются для компенсации изменения длины плети и снятия напряжений, а затем закрепляются новь. Путевой моторный гайковерт ПМГ (после модернизации ПМГ-1М) предназначен для отвинчивания, смазки и завинчивания гаек клеммных и закладных болтов рельсовых креплений. Экипажная часть включает раму *2* с автосцепками *1*, которая опирается на два колесно-моторных блока *5*. Блок включает колесную пару, осевой редуктором, промежуточный редуктор и электродвигатель, валы которых соединены через карданные передачи. На одном колесно-моторном блоке устанавливается датчик скоростемера. В передней части рамы (по направлению движения при работе) располагается дизель-электрический агрегат *4* мощностью 200 кВт с топливным баком *3*, а в задней части – кабина управления *11*, позволяющая перевозить до 5 чел, включая 2 чел бригады машины.

Рабочее оборудование включает четыре блока *8*, каждый из которых, в свою очередь, имеет четыре гайковерта. При работе блоки опускаются ходовыми роликами на головки рельсов, что позволяет выдерживать нижние части гайковертов на строго определенном уровне, не зависящем от прогиба рессор колесно-моторных блоков. Кроме того, на машине установлены пассивные тросовые щетки *6* для очистки скреплений и два поролоновых ролика *7*, связанных с масленкой для смазки скреплений. Конструкция гайковерта предусматривает также дополнительный лубрикатор для подачи смазки на болт с гайкой непосредственно при отворачивании или заворачивании.

Основной рабочий орган, давший название машине – трехшпиндельный гайковерт с трехлучевым редуктором. Схема одного из трех лучей показана на рис. 8.28. По концам каждого луча расположен ведомый вал-шпиндель, имеющий внизу патрон *5* для надевания на гайку скрепления *7*. Соосно с каждым шпинделем закреплен искатель *6*, выполненный в виде вилки, упирающийся в скрепление при движении машины. Шпиндель гайковерта может свободно поворачиваться относительно ведущей шестерни на 270°. Это необходимо для нормальной заправки патрона шпинделя на гайку скрепления. Возвращается шпиндель возвратной торсионной пружиной *9*, установленной внутри его корпуса. Патрон *5*, соединенный со шпинделем *4* штифтом *8*, вращается зубчатым колесом *3* через паразитное колесо *2* от ведущей шестерни *1*. Шпиндель установлен непосредственно на колесе *3*. Весь гайковерт закреплен на водиле.

Рассмотрим схему работы моторного гайковерта в автоматическом режиме. Процесс обработки одного скрепления можно разделить на пять позиций. Позиция I соответствует поиску гайки *9* клеммного болта. Водило *2* гайковерта в верхнем положении, конечный выключатель КВ выключен. При движении машины (позиция II) искатель *8* нашел гайку и обкатывается вокруг нее вместе с гайковертом, упор *3* нажимает на рычаг КВ, который включает цилиндр, опускающий водило с гайковертом *1* в нижнее положение. Шпиндель *10* заправляется на гайку и начинает с ней работать (откручивать или закручивать). В позиции III шпиндель находится на гайке, упор нажимает на рычаг КВ, подается 6-8 г смазки на болт рельсового скрепления. В позиции IV упор *3* сходит с рычага КВ, который отключается. Гидроцилиндр поднимает водило с гайковертом в верхнее положение. В позиции V водило с гайковертом находятся в верхнем положении. Искатель готов к поиску следующего крепления. До следующей гайки остается запас хода не менее 120 мм при эпюре шпал 2000 шпал/км. В процессе обкатки гайковерта вокруг обрабатываемой гайки один из лучей гайковерта прижат пружинами *6* к направляющей линейке *5*. Шпиндель, вращающийся от карданного вала, находится на обрабатываемой гайке 0,3-1,2 с, что соответствует подъему или опусканию гайки на 3-12 ниток.

Необходимая ориентация гайковертов относительно гаек скреплений обеспечивается за счет контакта и скольжения трехлучевого искателя по боковой поверхности головки рельса с незначительным прижимом комплектами пружин *6*. При приведении в рабочее или транспортное положение водила смежных гайковертов раздвигаются в плане пневмоцилиндром (не показан).

Вращение шпинделей гайковертов одного блока производится двумя электродвигателями *1* через клиноременные передачи *5* и *8*. Первый ряд гайковертов производит отворачивание и смазку гаек, а второй ряд – заворачивание и затяжку, поэтому валы электродвигателей вращаются в разные стороны.

В маховики *11* второго ряда гайковертов встроена переключаемая гидромуфта предельного момента. При опускании гайковерта гидромуфта позволяет передавать вращающий момент через карданный вал *12* на трехлучевой редуктор и далее на шпиндели и патроны. После подачи масла под давлением в гидроцилиндр подъема гайковерта одновременно подается давление в гидроцилиндр 10, который через рычажную передачу переключает гидромуфту в режим разгрузки. В результате падает крутящий момент патрона, гайковерт свободно поднимается, предотвращая возможный сдвиг и повреждение обработанного скрепления. Система позволяет регулировать момент затяжки гайки.

Моторный гайковерт имеет четыре блока, два из которых настроены на обработку гаек клеммных болтов, а два – на обработку гаек закладных болтов. Гайковерты монтируются на общей раме, которая при работе опирается через ролик на рельс. Положение рамы регулируется по высоте относительно опорного ролика в пределах 0-60 мм в зависимости от типа болтов (клеммные или закладные), типа рельсов и скреплений. Регулировка производится дополнительным гидроцилиндром, управляемым через ручные вентили.

В соответствии с характером работы гайковерта процесс отвинчивания и завинчивания гаек является периодическим. Период соответствует циклу обработки одной гайки. В качестве примера рассмотрим процесс отворачивания гайки. Время цикла соответствует повороту трехлучевого редуктора на угол ϕр = 2/3π (120°) с паузой на скольжение вдоль рельса и составляет *t*р = *L*эп/*V*м (*L*эп – расстояние между осями шпал, расположенных по эпюре, м; *V*м – рабочая скорость движения машины, м/с). Часть времени цикла расходуется на разгон двух маховиков после снижения скорости в операции отворачивания гайки, соответственно, на накопление кинетической энергии, а часть времени накопленная энергия, расходуется на скручивание торсионной пружины в шпинделе до достижения момента начала вращения гайки (расчетный момент *Mmax* = 400 Н⋅м), после чего момент постепенно падает до минимального значения, практически равного нулю. Торсионная пружина выполняет функцию амортизатора, позволяя избегать сильных рывков в системе, которые приводят к проскальзыванию ремней и их быстрому износу. Условно считаем, что угол поворота шпинделя до момента начала вращения гайки Δϕ1 = 2/3π (270° – по конструктивной характеристике рабочего органа). На этом угле вращающий момент линейно нарастает до максимального значения *M*max. Далее на угле вращения шпинделя Δϕ2 = 2π*n*в, соответствующем вращению гайки на число витков *n*в = 10-12 с постепенным ослаблением пружинной шайбы под гайкой, момент падает до минимального значения *M*min ≈ 0 (гайку практически далее можно отворачивать рукой). Работа, совершенная на отворачивание гайки, Н⋅м:

 (6.43)

Привод от асинхронного электродвигателя переменного тока имеет жесткую механическую характеристику. Значительное снижение скорости вращения вала может привести к остановке двигателя вследствие срабатывания тепловых реле в системе защиты от перегрузок. Неравномерность вращения ведущего звена характеризуется коэффициентом:

 (6.44)

где   – максимальная и минимальная допустимая угловая скорость вращения вала электродвигателя, рад/с;  – средняя угловая скорость вращения вала электродвигателя, рад/с; ().

После сброса нагрузки:  – максимальную угловую скорость вращения ротора можно принять равной синхронной частоте вращения магнитного поля. При значительном повышении нагрузки на двигатель свыше номинальной может возникнуть неустойчивый режим критического скольжения. Если повысить нагрузку еще, то далее вращающий момент электродвигателя падает, он останавливается. Примем , допуская скольжение 0,1. В номинальном режиме скольжение обычно составляет 0,02-0,03.

С учетом передаточного числа *i*кп клиноременной передачи *3*, приведенный к валу электродвигателя момент инерции системы , кг⋅м4 (*J*эд, *J*м – момент инерции ротора электродвигателя и одного маховика, кг⋅м4).

Потеря кинетической энергии двух маховиков на преодоление сопротивления отворачиванию двух гаек, Дж:

 (6.45)

После преобразований минимально необходимый момент инерции одного маховика, кг⋅м4:

 (6.46)

При расчетах можно пренебречь величиной Jэд и моментами инерции других механизмов устройства. Тогда расчетный момент инерции маховика немного увеличивается, что способствует плавному движению механизма в целом.

Отвинчивание и завинчивание гаек – процесс циклический, пикообразный. При отвинчивании в начале процесса крутящий момент *M*кр = *M*кр*max*, а в конце он падает практически до 0. При таком нагружении целесообразно иметь маховик, который при малом нагружении раскручивается и накапливает энергию, а при пиковой максимальной нагрузке отдает ее. Такие маховики установлены в приводе каждого ряда гайковертов. Максимальный момент завинчивания гаек клеммных болтов равен 250-400 Н⋅м. Из-за коррозии металла момент увеличивается. Экспериментально установлено, что он равен приблизительно 500 Н⋅м. Найдем параметры маховика, обеспечивающего начальный сдвиг гайки на угол 90° при максимальном моменте и дальнейшее отвинчивание с меньшим моментом.

Кинетическая энергия маховика *E*1 в начальный момент отвинчивания при угловой скорости вращения ω1:

 (6.47)

В конце отвинчивания  где *I* – момент инерции маховика, кгм2;  – угловая скорость вращения в конце отвинчивания, с-1. Тогда изменение кинетической энергии Δ*E* = *E*1 – *E*2 =  Предполагая, что маховик расходует всю энергию, т.е. ω2 = 0, то получим Δ*E* = .

Работа, совершаемая при отвинчивании гайки:

 (6.48)

По закону сохранения энергии E = A или E = μA,

 (6.49)

где μ – коэффициент запаса, учитывающий потери и превышение момента (μ = 1,2-1,5).

Откуда  так как ω = 2πn1,

 (6.50)

где n1 – частота вращения маховика, с-1.

Выбираем n1 по скорости вращения гайки *n*2, т.е. *n*1 = *n*2*i*, где *i* – передаточное отношение между шпинделем и маховиком, обычно *i* = 2, а *n*г = *n*в*t*г; *n*в – число витков резьбы, на которое отвинчивается гайка, *n*в = 8-12 витков; *t*г – время отвинчивания одной гайки, с; *t*г = *L*шп*k*/*V*м, здесь *L*шп – расстояние между шпалами, м, *L*шп = 1000/Эшп – эпюра шпал (число шпал на 1 км), Эшп = 1840-2000 шпал/км, *k* – коэффициент сдвига шпал и использования гайковерта, *k* = 0,35; *V*м – поступательная скорость движения машины, (*V*м ≈ 0,22 м/с).

Подставляя в n1, получим

 (6.51)

Тогда по равенству (8.50) можно определить момент инерции *I*, а затем размеры маховика. Для однородного диска

 (6.52)

где *m* – масса, кг; *r* – радиус маховика, м.

Если гайки отвинчиваются за счет кинетической энергии маховиков, то мощность *N*1, необходимая для каждого гайковерта, равна мощности разгона маховика, кВт:

 (6.53)

где *M*дин – динамический момент, Н⋅м, необходимый для разгона маховика до скорости ω1, с-1, с угловым ускорением ε, *M*дин = *I*(ω1 - ω2)/*t* = *I*ε, при ω2 = 0 *M*дин = *I*ω1/*t*, где *t* – время разгона, с, зависящее от времени цикла *t*ц: *t* = *t*ц – *t*г = *L*шп(*I* - *k*)/*V*м = 1000(*I* – *k*)/(Эщп*V*м).

Суммарная мощность, необходимая для одновременно работающих гайковертов, кВт:

 (6.54)

где *Nj* – мощность для работы *j*-го гайковерта, кВт; *k* – число работающих гайковертов, шт.;  – к.п.д. передачи от двигателя до маховика.

Мощность, затрачиваема на передвижение машины в абочем режиме, кВт, , где *v*м – скорость машины, м/с;  – к.п.д. передачи;  – коэффициент запаса, =1,15; W – общее сопротивление движению, Н: W= W1 + W2 + W3 + W4, здесь *W*1, *W*2, *W*3– сопротивление перемещению машины в кривом участке и на уклоне пути, Н; *W4* – сопротивление трения гайковёртов по направляющей планке, Н: *W4 = k*гв*Р*гв*f*; *k*гв– число гайковёртов на машине; *Р*гв – усилие прижатия гайковёрта к направляющей планке, Н, *Р*гв *=* 700–900 Н; *f* – коэффициент трения гайковёрта о направляющую планку.

Для работы вспомогательных агрегатов (компрессора и гидронасосов) необходима мощность *N*3.

Суммарная мощность двигателя машины, кВт,

*N*=(*N*1 + *N*2 + *N*3), (6.55)

где  – коэффициент запаса на неучтённые потери.

**6.6. Машины и оборудование для замены стрелочных переводов**

Замена стрелочного перевода выполняется либо раздельными методами путем его разборки и сборки на месте поэлементно с использованием путевого инструмента, специализированного состава и крана (стрелового или укладочного) либо предварительно собранными на базах крупными блоками. Разборка и укладка перевода марки 1/11, 1/9 и 1/6 на деревянных или железобетонных шпалах крупными блоками производится комплексами, которые состоят из головной машины – специализированного укладочного крана УК-25СП или УК-25/28СП и двух составов из платформ. Один состав предназначен для транспортировки новых блоков, а другой – старых блоков

*6.6.1. Укладочные краны для замены стрелочных переводов УК-25СП, УК-25/28СП*

*Укладочный кран УК-25СП* (рис. 8.31) состоит из экипажной части, которая унифицирована с экипажной частью укладочного крана УК-25/9-18. Крановое оборудование также аналогично. В отличие от крана УК-25/9-18 чтрела *2* закреплена на поворотных порталах *9* симметрично относительно корпуса платформы *14*, поэтому передняя и задняя консольные части стрелы одинаковы по длине.

Порталы *9*, сваренные из листового проката, установлены на платформе *6* через опорно-поворотное устройство *8*. В рабочее положение порталы поворачиваются гидроцилиндрами *11* (см. также рис. 8.31) перпендикулярно продольной оси стрелы *3*, обеспечивая пропуск выносимого блока *5* перевода шириной до 5,5 м. В транспортное положение порталы разворачиваются под углом примерно 45° к продольной оси и закрепляются транспортными стяжками, обеспечивая вписывание крана в габарит подвижного состава 1-Т ГОСТ 9238-83.

В передней части (см. рис. 8.30, *а*) стрела опирается на консольные балки *10* через опорные устройства *1*, которые могут передвигаться вдоль консоли *10* и стрелы *3* при повороте портала. В задней части стрела *3* дополнительно фиксирована относительно портала осью *12*. С целью горизонтального позиционирования стыкуемого с ранее уложенным блоком стрелочного перевода стрела *3* может поворачиваться в плане вокруг оси *12* гидроцилиндрами *11*, закрепленными штоками на консоли *10*, а корпусами – на опорном устройстве *1*.

При отказе гидропривода механизма поворота портала может быть использован аварийный пневмоцилиндр.

Захват блока стрелочного перевода осуществляется двумя траверсами. Траверса представляет собой сварную балку *3*, на которой устанавливаются управляемые вручную рельсовые захваты *4*. Захваты могут переставляться вдоль балки в соответствии с положением рельсов на брусе стрелочного перевода. Крюки *1* используются для выполнения вспомогательных грузовых операций и для закрепления блока стропами *5.* Во избежание повреждения строп они на рельс устанавливаются через специальный башмак *6*. Траверса при помощи подвески подвешивается к грузовой тележке *1* через четырехкратный полиспаст *2*.

*Укладочный кран УК-25/28 СП* предназначен для укладки тяжелых (массой до 30 т и длиной до 25 м) блоков стрелочных переводов. Кран содержит моторную платформу, на раме *21* которой расположены: в отсеках *18* два дизель электримчских агрегата, две лебедки *22* для перемещения по составу блоков стрелочных переводов, роликовый транспортер *23* с четырьмя ручьями для повышения маневренности при перестановках лыж, а также крановое оборудование. Рама опирается на типовые трехосные тележки *16* с двумя крайними приводными колесными парами. Кран имеет тормозную систему и автосцепки *14*, что позволяет включать его в состав хозяйственного или грузового поезда.

Крановое оборудование представляет собой объемлющую стрелу *6*, внутри которой имеется проем с направляющими для установки передвижной стрелы *3*. Стрела *3* перемещается гидроцилиндром *9* с ходом штока 5 м в рабочее (*а*) или транспортное (*б*) положение и закрепляется в нем гидравлическими фиксаторами *5*. Стрела *6* устанавливается на поворотных портальных стойках *7* через переднюю *8* с пятником и заднюю *10* с иеханизмом поворота стрелы поперечные балки с опорно-поворотными узлами. Для пропуска при продольном перемещении блока стрелочного перевода портальные стойки поворачиваются в плане гидроцилиндрами *15* перпендикуляно продольной оси платформы, образуя широкий проем. В транспотном положении стойки повернуты вдоль платформы (*б*), что обеспечивает вписывание укладочного крана в габарит 1-Т ГОСТ 9238-83.

Захват блока стрелочного перевода *24* производится специальной траверсой *26*, имеющей четыре ряда поперечных балок с крюковыми захватами рельсов под подошву (рис. 8.36). Каждый крюковой захват *9* может сдвигаться по поперечной балке *8* и фиксироваться на ней в требуемом положении относительно рельса (захват под подошку) через зубчатую рейку. Фиксация производится вручную рычагом путем постановки его в горизонтальное положение.

Траверса подвешена на грузовых тележках *2* через два восьмикратных полиспаста *25*, которые через систему запасовеки канатов соединены с двумя грузовыми лебедками *12* с одной стороны, а с другой стороны – с ограничителями грузоподъемности *4*. Передвижение тележек *2* вместе с траверсой *26* вдоль стрелы 3 осуществляется двухбарабанной тяговой лебедкой *13* также через запасовку канатов.

С целью точного монтажа блока стрелочного перевода стрела укладочного крана может поворачиваться в плане двумя гидроцилиндрпами *16* вокруг пятника (шарнирного узла) *2* на угол до 4°. При повороте задняя часть стрелы перемещается в поперечном направлении по балке *19* через скользуны.

На платформе крана имеется насосная станция *17*, обеспечивающая привод механизмов поворота кронштейнов, а на стреле *6* расположена насосная станция *11* для привода механизмов продольного перемещения 9, поворота в плане *16* и фиксаторов *5* стрелы. Аварийное приведение рабочего оборудования крана в транспортное положение может быть выполнено насосным агрегатом с приводом от пневматического мотора.

Когда портальные стойки 7 находятся в транспортном положении, управление краном производится через пульт 20. При работе по условиям безопасности запрещается находиться в зоне перемещения блока, поэтому управление производится через пульт 11 или через выносной пульт.

Краны УК-25СП и УК-25/28СП работают вместе со специализированным подвижным составом для укладки стрелочных переводов крупными блоками.

Технические характеристики укладочных кранов для замены стрелочных переводов блоками

Таблица 6.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | УК-25СП | УК-25/28СП |
| Грузоподъемность, кН | 200 | 300 |
| Максимальная длина блока, м | 12,5 | 25 |
| Максимальная ширина блока, м | 5,5 | 5,5 |
| Максимальная скорость, км/ч:  - своим ходом  - в составе грузового поезда | 20  80 | 20  80 |
| Конструктивная масса, кг | 98000 | 138000 |

*6.6.2. Специальный подвижной состав для укладки стрелочных переводов блоками*

Специальный подвижной состав предназначен для транспортирования блоков нового и заменяемого стрелочных переводов к месту укладки или складирования. На состав могут грузиться переводы марок 1/11, 1/9 и 1/6 с рельсами Р65, Р50 и Р43 на деревянных или железобетонных брусьях. Два состава: для новых и старых блоков стрелочного перевода и специализированный укладочный кран УК-25СП или УК-25/28СП (в количестве одной или двух единиц) составляют комплекс по замене стрелочного перевода КЗСП, спроектированный ПТКБ ЦП ОАО «РЖД» и выпускаемый ОАО «Калугапутьмаш». Состав (рис. 8.38, *а*), в зависимости от параметров стрелочного перевода и технологии укладки включает две или четыре роликовых платформы ПР *1*, платформы *2* типа ППК-2В и ППК-3В. Платформами ПР перевозятся блоки стрелочного перевода, не выходящие за габарит подвижного состава в горизонтальном положении (рамный блок со стрелкой, закрестовинные блоки). Блок соединительных путей и крестовинный блок перевозятся на платформах ППК-2В или ППК-3В в наклонном положении, так как имеют большую ширину.

Все платформы оборудуются роликовыми транспортерами, аналогичными транспортерам укладочного поезда. Роликовые транспортеры располагаются также на поворотных рамах платформ ППК-2В и ППК-3В. После приведения рам в горизонтальное положение образуется роликовый транспортер с ручьями, расположенными вдоль состава и укладочного крана УК-25/28СП. Кран УК-25СП не имеет роликового транспортера. По технической характеристике кран УК-25/28СП допускает погрузку блоков на платформы только в один слой, а кран УК-25СП – в два слоя. Пакеты могут формироваться на платформах ПР.

Механизированная платформа ППК-2В (рис. 8.38, *б*) имеет раму *3*, которая опирается на ходовые тележки *5*. Платформа имеет автосцепки *1*, тормозную систему *10*, что позволяет ставить ее в состав поезда. По концам рамы установлены роликовые транспортеры *2* типовой конструкции. В средней части платформы располагается наклонная рама *12*, которая соединена с платформой через горизонтальные оси. Гидроцилиндрами *13* рама может устанавливаться горизонтально и наклонно. В наклонном положении рама дополнительно фиксируется распорками *15*, предотвращающими ее самопроизвольное опускание при транспортировке блока. На наклонной раме также имеются роликовые транспортеры *14*, которые при ее горизонтальном положении становятся в ряд с транспортерами *2*, образуя два единых ручья для качения двух лыж *7* при перетяжке блока *8* вдоль состава. Для транспортировки блок *8* фиксируется на раме вместе с лыжами двумя упорами *9*, планками *6* и *10*, растяжками, закрепляемыми за стойки *4* обводных блоков. Кроме того, лыжи фиксируются от продольного смещения торцевыми заслонками по краям рамы *12*. Механизированная платформа ППК-3В устроена аналогично, но имеет более длинную раму *12* для размещения удлиненных блоков перспективных пологих стрелочных переводов марки 1/18. Соответственно, по концам рамы *3* платформы вместо четырех рядов роликов установлен *1* ряд. Эта платформа более универсальна.

Платформы оснащаются автономными силовыми агрегатами *11*, которые вращают валы насосов объемного гидропривода.

Блоки стрелочного перевода размещаются на платформах состава в соответствии с технологической схемой укладки. В начале работы порожний состав прицепляется к укладочному крану, наклонные рамы приводятся в горизонтальное положение и закрепляются. Состав с новыми блоками отгоняется локомотивом на станционные пути. Снимаемые укладочным краном блоки опускаются на лыжи, трос лебедки для перетяжки пакетов запасовывается через обводной блок на раме платформы, к которой должен перетягиваться блок стрелочного перевода и закрепляется за него. После этого происходит перетяжка блока на платформу. По мере снятия других блоков, операции повторяются. Блоки закрепляются на платформах в соответствии со схемами закрепления, после чего поворотные рамы приводятся в наклонное положение и фиксируются.

После разборки перевода и выполнения соответствующих работ по балластному основанию состав отгоняется и на его место переставляется состав с новыми блоками. Наклонные рамы приводятся в горизонтальное положение и фиксируются, а блоки стрелочного перевода с лыжами освобождаются от закрепления. Производится перетяжка блоков на лыжах и их укладка краном на подготовленное балластное основание, после чего состав и кран приводятся в транспортное состояние. Если используется два крана, то технология замены стрелочного перевода во многом похожа на технологию замены пути звеньями. При необходимости в состав комплекса могут включаться моторные платформы для перетяжки блоков. Комплекс КЗСП может работать без снятия напряжения в контактной сети, так как верхняя часть габарита подвижного состава не нарушается (табл. 6.5).

Технические характеристики механизированных платформ комплекса КЗСП

Таблица 6.5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | ППК-2В | ППК-3В |
| Грузоподъемность, т | 20 | 40 |
| Габариты перевозимого  блока, м:  - максимальная длина  - максимальная ширина | 12,5  5,5 | 25  5,5 |
| Мощность автономного  силового агрегата, кВт | 8 | 8 |
| Транспортная скорость, км/ч | до 80 | до 80 |
| Масса, кг | 36000 | 48000 |

**6.7. Машины для шлифовки рельсов и стрелочных**

**переводов (устройство, принцип действия)**

Машины предназначены для формирования поперечного и продольного профиля, снижения «волнообразного» износа рельсов и съема металла головки с поверхностными дефектами, для продления срока службы рельсов и восстановления первоначальных условий взаимодействия колеса подвижного состава с рельсами. Для шлифования рельсов в пути применяются три способа: торцевое шлифование рельсов вращающимися абразивными кругами; непрерывное строгание рельсов в пути с последующим виброшлифованием, скользящее шлифование.

Первый способ более производителен и позволяет получить выпуклый «ремонтный профиль» головки рельса, второму способу отдается предпочтение – это рельсошлифовальные поезда РШП-48, RR-16 и др. Третий способ используется ограниченно в некоторых странах.

Профильное шлифование головки рельсов в пути достигается абразивной обработкой вращающимися кругами (рис. 8.39) по методу «следа» торцом круга. Абразивный круг *1* вращается вокруг оси *OY* и снимает с рельса полоску металла *2* шириной *B* при продольной подаче механизма вдоль рельса. Группа кругов обрабатывает головку рельса по многоугольнику. Профильное рельсошлифование позволяет продлить ресурс рельсов с уменьшением их потребности около 30 км/год на один шлифовальный поезд. Это достигается за счет: съема металла с поверхности рельса, имеющего дефекты с начальной стадией зарождения; уменьшения вибрации и износа деталей тележек подвижного состава; экономии энергии на тягу поездов.

Процесс разрушения, как следствие контактно-усталостных повреждений головки, имеет начальную стадию – зарождение в области головки совокупности продольных микротрещин под действием напряжений от колес и напряжений наклепа. Появляются выщербины и осповидное отслаивание металла. После шлифования образуется новая форма головки, которая зависит от величины вертикального и бокового износа и плана линии.

Фирма «SPENO» (Швейцария) поставила в Россию поезда моделей URR-48 и URR-112/B, которые работают самоходом при челночном движении. Изготавливаются поезда РШП-48 совместного производства.

*Рельсошлифовальный поезд РШП-48* состоит из тягового модуля УТМ-2М и трех вагонов (модели *С2*, *С1*, *B*). В хвостовом вагоне (модель *B*) установлен пульт управления поезда, пульт управления рельсошлифовальными тележками и компьютер измерительной системы, расположенной под вагоном вместе с двумя рабочими тележками. Одна из тележек имеет 8 шлифовальных кругов с приводной мощностью 15 кВт и предельными углами наклона 0-70°. Вторая тележка, расположенная ближе к центру поезда, имеет предельные углы наклона ±20° и предназначена (как и под вагонами модели *С1* и *С2*) для шлифования поверхности катания рельсов. Рельсошлифовальная тележка, расположенная ближе к тяговому модулю УТМ-2М, предназначена для обработки внутренней или наружной выкружки головок рельсов.

Рельсошлифовальные тележки обеспечивают нормальных режим работы при разнице высоты абразивных кругов за счет их износа около 30 мм. При наличии препятствий (переезды, мосты, стрелочные переводы) тележки устанавливаются в положение «переезд». Все режимы работы и контроль за измерительной тележкой обеспечиваются из кабины модуля УТМ-2М, куда сведены системы управления поездом, контролируется скорость, наклон и ток нагрузки при прижатии абразивных кругов к головкам рельсов. Из вагона модели *B* оператор, оценивая данные, компьютера по формированию профиля рельсов, управляет всем комплексом во всех режимах работы.

*Рельсошлифовальный поезд URR-112/B* состоит из десяти вагонов (рис. 8.40), разделенных на секции А и Б по пять вагонов. Под вагонами № 1-4 и 7-10 установлены рельсошлифовальные тележки, вагоны № 4-1 и 7 являются самоходными, в вагонах № 5 и 6 размещены дизели фирмы «Deutz» (четыре, мощностью по 593 кВт). Общая длина поезда составляет 180 м, общее число рабочих головок для шлифовки рельсов 112. Рельсошлифовальные тележки установлены друг за другом в продольном направлении рельса. Шлифовальные круги имеют разные угла наклона к поверхности головки рельса. Прижимное усилие каждого рельсошлифовального шпинделя к рельсу регулируется с пульта управления поезда.

Рельсошлифовальная тележка имеет люльку *1*, на которой установлены два блока шлифовальных шпинделей с приводными электродвигателями *3* и силовыми цилиндрами управления *7* и четырех (на каждый шпиндель) цилиндров наклона *5*. Поворот шпинделей осуществляется вокруг шарниров *8*. Шарниры, люлька, шпиндели и направляющие ролики *11* смонтированы на раме *1*. Имеются гидроцилиндры *9*, *10* и тяга жесткости *4*. Шпиндель состоит из электродвигателя *3*, на нижнем конце которого в цанговом патроне закреплен абразивный круг 6.

После остановки рельсошлифовального поезда на участке пути, подлежащем шлифованию, рельсошлифовальные тележки опускаются на ролики *11* с помощью гидроцилиндров *10*. С пульта управления задаются углы наклона шлифовальных кругов *6*, шпиндели поворачиваются цилиндрами *5* вокруг шарниров *8*. Производится пробный проход нескольких метров пути при контроле углов наклона по компьютеру. Люлька *1* гидроцилиндрами *9* устанавливается в положение «переезд» и поезд движется по участку шлифования рельсов в измерительном режиме, затем возвращается к исходному пикету пути. Шлифовальные блоки опускаются на рельсы, и производится шлифование. Прижатие кругов к рельсам осуществляется цилиндрами управления *7*. После распечатки профиля рельсов задается количество проходов поезда для формирования ремонтного профиля и уменьшения волнообразных неровностей. По окончании работ гидроцилиндрами *9* и *10* тележки поднимаются в транспортное положение и устанавливаются на запоры.

Рельсошлифовальный поезд URR-48 – это фактически одна из двух секций поезда URR-112/B, концевой вагон которой оборудован пультом управления и системой контроля для челночного движения при шлифовании рельсов. Технические характеристики рельсошлифовальных поездов, эксплуатирующихся в России, приведены в табл. 8.6.

Профилактическое шлифование рельсов назначается на скоростных линиях при глубине волнообразных износов 0,7 мм; 0,5 мм; 0,3 мм (база измерения 1 м) при максимальных скоростях движения пассажирских поездов, соответственно: 140, 160 и 200 км/ч.

Машина для шлифования стрелочных переводов модели RR16PDR-1 имеет 16 шлифовальных кругов, сгруппированных по четыре на каждую рельсовую нить. Она оборудована: шлангами для подачи воды под давлением при мойке стрелок и пересечений после шлифования; металлическими щетками для очистки устройств с внешней стороны рельса; искрозащитными устройствами; аварийным электровыключателем; патрубками для разбрызгивания воды во время работы.

Задняя кабина управления оборудована всеми теми же устройствами, как и передняя. Имеется устройство для смазки стрелок и пересечений после шлифовки. Шлифовальные блоки для обработки выкружки головки рельса, по две на каждую рельсовую нить, оснащены шлифовальными кругами и расположены под углом 5° по отношению друг к другу. Регулировка угла наклона шлифовальных кругов производится дистанционно в пределах от – 20° до 70°. Специальные круги ∅130 мм позволяют обрабатывать головки рельса на всей поверхности стрелочного перевода, в том числе и в зоне контррельса. Углы наклона шлифовальных кругов программируются заранее, после чего управляются и контролируются компьютером.

Таблица 6.6

Технические характеристики рельсошлифовальных поездов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | URR-112/B | URR-48 | РШП-48 |
| Длина поезда, м | 180,3 | 95 |  |
| Ширина, м | 3,11 | 3,1 | 3,1 |
| Высота, м | 4,0 | 4,0 | 4,02 |
| Масса, т | 630 | 270 | 290 |
| Производительность по массе снимаемого металла, не менее, кг/с | 0,13 | 0,066 | 0,066 |
| Рабочая скорость при шлифовании на уклоне до 0,030, км/ч | 4…6 | 4…6 | 4…6 |
| Мощность энергетических установок, кВт | 2570 | 1298 | 1298 |
| Скорость движения, км/ч:  в транспортном режиме самоходом  в измерительном режиме в рабочем режиме | 90  10  4-8 | 80  10  4-8 | 80  10  4-8 |
| Тяговое усилие, тс | - | - | 26 |
| Минимальный радиус проходимых кривых, м:  при проезде  при шлифовании | 80  300 | 80  300 | 100  300 |
| Число шлифовальных шпинделей, шт. | 112 | 48 | 48 |
| Мощность привода шпинделей, кВт | 15 | 15 | 15 |
| Съем металла за проход (при твердости HB 480) | 0,1-0,25 | 0,1-0,25 | 0,1-0,25 |
| Отклонение от проектного, ремонтного профиля не более, мм:  на поверхности осевой линии  на боковой (рабочей выкружке) | 0,1  0,15 | 0,1  0,15 | 0,1  0,15 |

**7 Машины для сборки и разборки рельсовых звеньев**

На железных дорогах России принята звеньевая технология укладки и ремонта пути, при которой работы по разборке, сборке и ремонту звеньев рельсошпальной решетки (РШР) вынесены с перегона на стационарные производственные базы путевых машинных станций (ПМС). Звено РШР представляет собой крупный (до 25 м длиной) транспортабельный блок верхнего строения пути. Основные (характеризующие плановую деятельность) работы производственных баз: сборка, разборка и ремонт звеньев РШР и ремонт ее элементов. Вспомогательные работы: прием и хранение поступающих на базу новых материалов, отгрузка старогодних (снятых с перегона) материалов верхнего строения пути после разборки РШР, формирование, отправка на перегон и прием хозяйственных поездов, техническое обслуживание и ремонт машин и механизмов, работающих на базе и перегоне. Производственная база ПМС представляет собой технологический комплекс по сборке, разборке и (или) ремонту звеньев РШР, на территории которого размещены: звеносборочная, звеноразборочная и (или) звеноремонтная технологическая линия (основной элемент технологической структуры), складские площади под звенья РШР и их элементы, путевое развитие для обеспечения транспортных операций, ремонтно-эксплуатационный участок. Подъемно-транспортные операции с потоками грузов на производственных базах обеспечивают, как правило, обслуживающие их козловые краны (наиболее распространенный вариант – 10-тонные краны с пролетом 16 м типа КПБ-10).

В настоящем разделе описываются только серийно выпускаемые линии [48, 55, 84]. В ряде ПМС, имеются линии (в основном для сборки-разборки РШР на железобетонных шпалах), которые изготовлены в единственном экземпляре. Они не вошли в данный учебник.

###### 6.1. Звеносборочные, звеноразборочные линии для деревянных шпал

###### *6.1.1. Линии для сборки звеньев для деревянных шпал ЗЛХ-800 и ЗСЛ-150*

Структурная схема линии ЗЛХ-800 приведена на рис. 9.1, техническая характеристика – в табл. 9.1.

# Т а б л и ц а 9.1 Техническая характеристика линии ЗЛХ-800

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Производительность техническая, при эпюре  1840 шпал/км | м/ч | 125 |
| Время цикла прикрепления одной шпалы | с | 10, 12, 15 |
| Суммарная мощность электродвигателей | кВт - | 110 |
| Количество насосных станций | шт. | 6 |
| Номинальное давление в гидросистемах | МПа | 3, 4, 7, 11 |
| Емкость гидробаков | л | 1200 |
| Грузоподъемное оборудование линии | 2 козловых крана 5 т | |
| Габаритные размеры линии:  высота×ширина×длина | м | 2,5×9,5×11 |
| Масса линии | т | 35 |
| Обслуживающий персонал | чел. | 12 |

В состав участка «А» подготовки шпал к сборке входят: подвижный склад шпал *1*, шпалопитатель *2*, шаговый конвейер *3*, сверлильный станок *4* и конвейер-накопитель *5*. Подвижный склад шпал обеспечивает бесперебойное снабжение линии шпалами в течение всей рабочей смены. Состоит из подвижной подающей рамы *1*, содержащей как минимум сменный запас шпал и натягиваемой лебедкой *2* по роликовой эстакаде *3* на приемные цепные конвейеры *4* и *5*. При этом скорость конвейера *4* больше, чем скорость подачи подвижной рамы, но меньше, чем скорость конвейера *5*, за счет чего обеспечивается «растягивание» подаваемого массива шпал в более тонкий слой. Шпалы подаются на наклонный конвейер *6* шпалопитателя, который своими захватами выносит по 1 – 2 шпалы и сбрасывает их на выравнивающие ролики *7*, где они выравниваются и скатываются к передним рычагам отсекателя-кантователя *8*. Отсекатель-кантователь управляется оператором с пульта управления. Если очередная шпала ориентирована правильно (широкой пластью вниз), то оператор передает шпалу только работой отсекающего рычага, в противном случае оператор отдает команду сработать обоими рычагами (при этом шпала при подаче на шаговый конвейер переворачивается). С отсекателя-кантователя шпалы поштучно подаются на шаговый конвейер *3*, который подает шпалы в сверлильный станок, а после высверливания в них отверстий под костыли – на конвейер-накопитель. На позиции сверлильного станка шпала центруется относительно оси сверления костыльных отверстий по двум осям выравнивающими рычагами *9* и центраторами *10*, после чего подается подвижными столами *11* на сверла сверлильных головок *12*. По завершению сверления отверстий производится обратная операция и засверленная шпала шаговым транспортером передается с позиции сверления на конвейер – накопитель *5* (см. рис. 9.1). Последний является межоперационным заделом, позволяющим сгладить взаимные неритмичности работы сверлильного станка и пресс-агрегата. С конвейера-накопителя шпалы поштучно подаются на поперечный конвейер пресс-агрегата.

*Участок подготовки скреплений к сборке*предназначен для отделения подкладок и костылей из навала, их ориентирования и комплектования подкладок костылями состоит из бункеров для костылей *1* и подкладок *2* с подвижными днищами и столами *3* и *4*, двух конвейеров-накопителей подкладок *5*, питателя скреплений, состоящего из двух шаговых конвейеров скреплений *6* с желобами *7* и рабочего места оператора пресс-агрегата *8*. Монтеры пути периодически включают подвижные днища бункеров, которые выносят на столы небольшие порции костылей и подкладок. Подкладки на столе монтером пути поштучно ориентируются по подошве и подуклонке и направляются по лоткам на конвейеры *5*. Костыли попарно монтерами пути ориентируются по головке и ножке, переносятся со стола к «своему» шаговому конвейеру *6* и вставляются в отверстия подкладок.

*Участок подготовки рельсов*представляет собой рольганг *10,* состоящий из неприводных опорных и колейных роликов. Ролики рольганга установлены так, что обеспечивают размещение пары рельсов по подуклонке и колее и свободное их передвижение при введении в колейные ролики пресс-агрегата.

*Участок сборки* предназначен для прикрепления шпалы к рельсам и перемещения собираемого звена на заданный шаг эпюры и состоит из сборочного пресс-агрегата, поперечного конвейера, питателя, механизмов подачи рельсов и рельсовых упоров, а также эпюрной каретки. Пресс-агрегат(рис. 9.4, *а*, вид со стороны участка готового звена) производит непосредственно сборочную операцию – прикрепление очередной шпалы к рельсу; остальные механизмы и агрегаты предназначены для подачи в зону сборки собираемых элементов и вывода из зоны сборки собранного участка звена. Сборка производится напрессовкой шпалы вверх, на костыли комплекта скрепления. При напрессовке костыли удерживаются пуансонами *1*. Сборка производится в следующей последовательности: собранный на предыдущем такте участок звена подается эпюрной кареткой на шаг эпюры; поперечным конвейером на плиты поджимных столов *2* подается с конвейера-накопителя очередная шпала; концевыми секциями питателей в зону сборки заносятся и остаются подвешенными на секциях комплекты скреплений (предсборочное положение элементов – рис.9.4, *б*); шпала центруется в двух плоскостях выравнивающими рычагами *3* и центраторами *4*; поджимные столы напрессовывают шпалу на костыли примерно на половину их длины; концевые секции питателей убираются из зоны сборки назад; производится допрессовка шпалы; поджимные столы идут вниз, центраторы и выравнивающие рычаги разводятся.

*Участок готового звена* предназначен для приема собираемого рельсового звена и погрузки его в штабель или на платформы укладочного поезда и состоит из двух приемных рам, трех откатных тележек, тяговой лебедки, звеноперегружателя и пульта управления. Звено, выходящее из участка сборки, принимается на откатные тележки, перемещающиеся свободно вместе со звеном напором эпюрной каретки. После полного выхода звена оно располагается на всех трех тележках. Далее тележки со звеном лебедкой перетягиваются на позицию звеноперегружателя. Последний поднимает звено с тележек, которые той же лебедкой подаются обратно, на позицию ожидания следующего звена. Собранное звено убирается со звеноперегружателя козловыми кранами.

В связи с моральным старением ряда устройств линии и с возникшей необходимостью во-первых, установки нашпальнах прокладок (ранее была необязательна), во-вторых, широкого использования при капитальном ремонте пути на деревянных шпалах старогодных шпал, в 90-х годах была проведена модернизация линии. Модернизированный вариант получил наименование ЗСЛ-150 (численный индекс – часовая производительность, м). Главные отличия от ЗЛХ-800 (помимо незначительной модернизации морально устаревшего технологического и транспортного оборудования) – структурные. Так, в состав линии введен второй участок подготовки шпал (для старогодных шпал), добавлено устройство программной выдачи шпал, которое, в соответствии с заданной программой, подает поочередно новые и старогодные шпалы на поперечный транспортер к пресс-агрегату, в состав пресс-агрегата введены рабочие позиции установки нашпальных прокладок.

6.1.2. Линии разборки звеньев на деревянных шпалах

ЗРЛ и ЗРЛ-150

Структурная схема линии ЗРЛ приведена на рис. 9.5, техническая характеристика – в табл. 6.2.

# Т а б л и ц а 6.2. Техническая характеристика линии ЗРЛ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Производительность, | м/час | 90 | |
| Длина участка пути под монтаж линии | м | 130 | |
| Привод рабочих органов - | Электрогидравлический | | |
| Установленная мощность электродвигателей, | кВт | 26 | |
| Номинальное давление гидросистемы, | Мпа | 5,0 | |
| Грузоподъемное оборудование линии | 2 козловых крана 5 т | | |
| Обслуживающий персонал, | чел. | | 10 |
| Общая масса линии, | т | | 17,76 |

Линия ЗРЛ монтируется на рельсовом пути базы длиной 130 м и состоит из транспортной тележки *2*, агрегата расшивки *3*, перегружателя *4*, шпальной тележки *5*, сортировщика шпал *6* и двух тяговых лебедок *1* и *7*. Транспортная тележка служит для приема разбираемого звена и перемещения его в агрегат расшивки. Шпальная тележка предназначена для перемещения шпал и рельсов разобранного звена из перегружателя и для подачи шпал в сортировщик.

Подлежащее расшивке звено двумя кранами укладывается на стойки транспортной тележки *2*, которая тяговой лебедкой *1* подается в агрегат расшивки *3*, где производится отделение шпал от рельсов и скреплений от шпал. Рельсы после расшивки остаются на стойках тележки, шпалы укладываются на ее раму, а подкладки с костылями сбрасываются в бункера тележки. Транспортная тележка с элементами разобранного звена подается в перегружатель *4*. Подъемниками перегружателя шпалы вместе с рельсами снимаются с транспортной тележки, после чего последняя с оставшимися в ее бункерах скреплениями возвращается на исходную позицию для приема очередного звена. После этого в перегружатель подается лебедкой *7* шпальная тележка *5*. Рельсы с перегружателя забираются краном и складируются, а шпалы опускаются на шпальную тележку, которая подает их к сортировщику *6*. Сортировщик по команде оператора делит шпалы на два сорта и формирует пакеты. По мере накопления пакеты шпал из сортировщика и подкладки с костылями из бункеров транспортной тележки убираются козловым краном.

*Агрегат расшивки* (сечение А – А рис. 9.5) разделяет рельсовые звенья на составляющие элементы. Звено в агрегат расшивки подается на транспортной тележке *2*. Гидроцилиндры *8* механизма поджатия шпал прижимают шпалу к рельсам, клещи *9* захватывают подкладки и гидроцилиндром *10*, а так же связанными с ним цепной передачей рычагами *11* шпала отрывается от скреплений, опускаясь на продольные рельсовые балки транспортной тележки. Оторванная шпала специальным рычагом механизма поджатия шпал сдвигается вперед по ходу тележки, освобождая место для подающих в бункер тележки скреплений при раскрытии клещей *9*.

*Перегружатель* предназначен для перегрузки разобранного звена с транспортной тележки на шпальную. Конструкция и принцип действия аналогичны таковым перегружателя звена звеносборочной линии ЗЛХ-800.

*Сортировщик шпал*предназначен для деления шпал на два сорта и накопления их в пакеты для отгрузки. Состоит из двух не связанных между собой бункеров, прикрепленных к рабочему пути. У бункеров имеются подвижные стенки *12* и *13* и наклонные конвейеры *14* и *15*. Наклонный конвейер левого бункера (первый по ходу движения шпальной тележки) имеет один захват *16* и откидной рольганг *17*. Правый бункер имеет аналогичную конструкцию и отличается более длинным транспортером с двумя парами захватов и отсутствием рольганга. Шпальная тележка со шпалами тяговой лебедкой подается в сортировщик, проходит под левым бункером до упора шпалы в конвейер правого бункера. Захватами транспортера шпала подхватывается и сбрасывается в правый бункер, рольганг при этом приподнимается шпалой и пропускает ее, а затем опускаются в исходное положение. Шпалы другого сорта обратным ходом транспортера *15* передаются через рольганг *17* на транспортер *14* и сбрасываются в левый бункер. В начале сортировки подвижная стенка придвинута к раме, а по мере наполнения бункера отодвигается, чем обеспечивается равномерное заполнение бункера и формирование пачки шпал.

*Тяговая лебедка*предназначена для перемещения транспортной или шпальной тележки. Конструкция и принцип действия аналогичны таковым лебедки перемещения откатных тележек звеносборочной линии ЗЛХ-800.

В связи с моральным старением ряда устройств линии и с возникшей необходимостью во первых, повышения производительности, во вторых широкого использования при капитальном ремонте пути на деревянных шпалах старогодних шпал и элементов скреплений, в 90-х годах была проведена модернизация линии. Модернизированный вариант получил наименование ЗРЛ-150 (численный индекс – часовая производительность, м). Главные отличия от ЗРЛ (помимо незначительной модернизации морально устаревшего технологического и транспортного оборудования) – структурные. Так, вместо одной звеньевой тележки в состав линии входят две, причем вторая тележка перемещается на исходную позицию по обводному, вновь введенному пути во время обработки звена, размещенного на первой тележке. Это позволяет повысить производительность линии за счет исключения организационных простоев, связанных с обратным прогоном звеньевой тележки. С целью повышения доли шпал вторичного использования сортировщик шпал модернизирован на деление шпал на 3 сорта. Для повышения эффективности вторичного использования старогодних скреплений в состав линии введен сортировщик скреплений, до этого изготовляющийся и поставляющийся отдельно. Рабочий орган сортировщика – решетчатый наклонный вращающийся барабан, размеры ячейки решетки которого позволяют провалиться через него костылю, но не позволяют подкладке. Длина, частота вращения и угол наклона барабана подобраны таким образом, что за время перекатывания очередной порции скреплений все костыли гарантированно выпадут в бункер костылей, а к бункеру подкладок под нижним обрезом барабана дойдут только подкладки.

**8 МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БАЛЛАСНОЙ ПРИЗМЫ, ВЫПРАВКИ И ОТДЕЛКИ ПУТИ**

В процессе эксплуатации железнодорожного пути на путевую решетку воздействуют поездные нагрузки, которые передаются на балластный слой и вызывают его обратимые (упругие) и необратимые (остаточные) деформации. С течением времени деформации накапливаются, как правило, неравномерно по протяжению пути. Положение рельсошпальной решетки (РШР) изменяется сначала в пределах отступления I степени допусков, а затем и за пределами допусков (натурное положение), т.е. наблюдаются расстройства пути, вызывающие эксплуатационные ограничения (скорости движения поездов и др.). Для обеспечения плавного и безопасного движения поездов периодически требуется устанавливать путевую решетку в проектное положение (производить выправку) и одновременно фиксировать её уплотнением балластного слоя (производить подбивку). В путевом хозяйстве эти технологические операции выполняются машинами и механизмами для уплотнения и стабилизации балластной призмы, выправки и отделки пути.

**8.1. Физические основы уплотнения балласта, показатели качества уплотнения**

*8.1.1. Принципы работы выправочно-подбивочных машин,*

*классификация маши****н***

Путевые машины и механизмы для уплотнения балластного слоя, выправки пути и отделки балластной призмы классифицируют по периодичности действия, выполняемой рабочей функции, числу одновременно подбиваемых шпал, и др. Для механизации выправочно-подбивочных и отделочных работ применяются выправочно-подбивочно-рихтовочные машины циклического действия: магистральные типа ВПР (ВПР-02М и др.) и универсальные (для стрелочных переводов и пути) типа ВПРС (ВПРС-02, ВПРС-03, ВПРС-05, ВПР-04, *Unimat* и др.); непрерывно-циклического действия (ПМА-1, ПМА-С, «*Duomatic* 09-32 *CSM*», «*Dynamic Stophexpress 09-3X*» и др); непрерывного действия типа ВПО (ВПО-3-3000, ВПО-3-3000С). Работы по уплотнению балласта в шпальных ящиках и на откосах производятся машинами типа БУМ (БУМ-1М). Окончательное стабилизирующее уплотнение балластного слоя производится динамическими стабилизаторами пути (ДСП-С, МДС). Применяются также специализированные машины для рихтовки пути типа ПРБ непрерывного действия системы В.Х.Балашенко, машины Р-2000 и Р-02, работающие в непрерывном и циклическом режимах. В транспортном строительстве нашли применение выправочно-подбивочно-рихтовочноые машины (ВПРМ) на базе трактора.

Машинами производится уплотнение балласта, находящегося в обрабатываемой зоне призмы, способами его силового обжатия с подачей или без подачи дополнительных порций материала из других зон. Большинство механизмов рабочих органов выправочно-подбивочных и уплотнительных машин используют способ, сочетающий вибрирование в горизонтальном, вертикальном или ином направлении с принудительной силовой подачей – виброобжатие. Уплотнение слоя в подшпальной зоне осуществляется выправочно-подбивочными машинами за счет его горизонтального виброобжатия со стороны продольных кромок шпал лопатками подбоек для машин циклического и непрерывно-циклического действия и со стороны торцов шпал виброплитами с наклонными в плане уплотнительными клиньями для машин непрерывного действия. В первом случае последовательно выполняются операции заглубления подбоек, обжатия балласта при сведении к шпале их лопаток, раскрытия подбоек, подъема над УВГР и перемещения для обработки следующей шпалы или группы шпал. Во втором случае при непрерывном движении машины в направлении *V*м балласт в подшпальную зону принудительно подается клином, уплотнительная поверхность которого расположена под углом атаки β к направлению движения. Уплотнение балласта в откосно-плечевой или междупутной зонах производится виброплитами, прижимаемыми с нагрузкой *P*. Виброплита в этом случае устанавливается на откос или на плечо. Уплотнение балласта в шпальных ящиках при виброобжимном воздействии реализуется через штампы. Динамический стабилизатор пути уплотняющее воздействие на подшпальную зону балластного слоя производит через путевую решетку. Она прижимается вертикальной нагрузкой *P*, с одновременным вибрированием в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Выправка машинами рельсошпальной решетки в продольном профиле, плане и по уровню производится рабочими органами – подъемно-рихтующими устройствами (ПРУ), различными по конструктивному исполнению и принципу действия. Для устранения местных неровностей РШР используются гидравлические путевые домкраты и рихтовочные приборы или моторные гидравлические рихтовщики. Подъем путевой решетки путеподъемниками циклического действия производится с опорой на балласт, а сдвиг ее – с использованием анкерных устройств или перемещением в горизонтальной плоскости. Машины циклического действия – магистральные типа ВПР и универсальные типа ВПРС имеют ПРУ с роликовыми захватными устройствами, а машины ВПРС – дополнительно оборудуются крюковыми захватами. Подъемно-рихтовочные устройства машин непрерывного действия оснащаются гусеничными клещевыми захватами для машин типа ВПРМ, либо электромагнитно-роликовыми захватными устройствами для машин типа ВПО. Универсальные выправочно-подбивочно-рихтовочные и отделочные машины, как правило, оборудуются трехкоординатными выправочными устройствами и уплотнительными рабочими органами, так как процессы выправки и подбивки пути сопряжены по зоне и времени их выполнения.

Дополнительными рабочими органами для уплотнения балласта и выправочными системами оснащаются и другие путевые машины (электробалластеры, щебнеочистительные машины, комплекты сменного оборудования на базе тракторов и др.).

**8.2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ**

**ВЫПРАВКИ ПУТИ**

*8.2.1. Основные понятия и определения*

Вследствие накопления после пропуска поездов неупругих деформаций балластной призмы наблюдаются отступления натурного (фактического) положения пути от его проектного положения. Отступления I степени не превышают допусков на содержание колеи, а отступления со II по IV степень − превышают. В результате появляется необходимость производить выправку пути − технологическую операцию по перемещению РШР из натурного положения, характеризуемого разной степенью отступлений от допусков и норм содержания, в другое натурное положение, названное **проектным**, характеризуемое уменьшением неравномерности отступлений 1-й степени по уровню, в плане и просадкам пути (в пределах допусков). В процессе выправки положение РШР должно быть зафиксировано путем уплотнения балластного слоя.

Железнодорожный путь выправляется в трех координатных плоскостях. Выправка пути в плане – в плоскости OXY называется *рихтовкой*, в продольной вертикальной плоскости OXZ – *нивелировкой*, в поперечной вертикальной плоскости OYZ – *установкой рельсовых нитей по уровню*. С геометрической точки зрения железнодорожный путь составлен из трех видов линий: прямых; круговых кривых (левые, правые); переходных кривых (входные: левые, правые; выходные: левые, правые). В общей сумме они составляют семь элементов, которые образуют шесть сопряжений (не дифференцируемых в точках сопряжений, что осложняет решение задач по выправке).

В соответствии сконструкцией РШР при сдвиге пути в плане сдвигаются обе рельсовые нити, связанные между собой шпалами. При этом не происходит изменения положения пути в продольном профиле и по уровню, поэтому рихтовка выполняется независимо, а путевые машины оснащаются независимыми рихтовочными системами. Сдвиг пути в плане возможен и вправо и влево. Нивелировка должна производиться по правой и левой рельсовым нитям, причем изменение положения по высоте одной рельсовой нити в рассматриваемом сечении приводит к изменению положения по уровню, которое должно быть откорректировано. Нивелировочные системы путевых машин обязательно оснащены взаимосвязанными системами выправки пути в продольном профиле и по уровню. Выправка продольного профиля производится путем перемещения рельсовых нитей вверх, т.е. путем выправочной подъемки с подведением балластного материала под подошвы шпал (суфляж).

Путь в продольном профиле характеризуется сопрягаемыми друг с другом уклонами и вертикальными кривыми сопряжения. Геодезический уклон – это разность *hZ*, м, уровней начальной и конечной отметок участка, отнесенная к длине *L*уч, м, по условному направлению движения, т.е. *i* = *hZ*/ *L*уч. Основными геометрическими характеристиками вертикального сопряжения кривой является радиус *R*в кривой. В зависимости от категории линии радиусы *R*в нормированы в пределах 3000–15000 м.

Положение пути в плане, с точки зрения геометрии, имеет три характерных элемента: прямая, круговая и переходные кривые. Пусть криволинейный участок пути сопряжен с двумя прямыми подходами. На прямом участке пути радиус кривизны ρ = ∞, а кривизна *K* = 1 / ρ = 0. В круговой кривой ρ = var, *K* = var, т.е. изменяется в зависимости от пройденного пути по определенному закону. В переходной кривой требуется плавное нарастание центробежной силы подвижного состава от нуля в прямой до конечного значения. В выходной кривой ρ и K изменяются в противоположном направлении, обеспечивая плавное убывание центробежной силы.

В зависимости от режимов движения поездов и других условий радиусы круговых кривых нормированы в пределах *R* – 150–4000 м.

На отечественных железных дорогах в большинстве случаев переходная кривая устраивается по радиоидальной спирали, характеризуемой линейным соотношением кривизны от начала переходной кривой (НПК): *l* = *CK* (где *C* = *l*пк*R* – параметр переходной кривой, м2; *l*пк – длина переходной кривой, м). Радиоидальная спираль на практике аппроксимируется кубической параболой: *y* = *x*3 / (6*C*). Для высокоскоростных магистралей переходные кривые устраиваются по более плавным полусинусоидальным зависимостям.

В кривых участках пути для гашения центробежной силы, за счет горизонтальной составляющей разложения веса подвижного состава, устраивается возвышение наружной рельсовой нити над внутренней. В круговой кривой *h*к = const, в переходной кривой *h*пк нарастает или убывает по длине *l*пк пропорционально изменению кривизны. Нарастание возвышения характеризуется отводом возвышения, мм/м: *i*ов = *h*к / *l*пк (где *h*к, мм, длина переходной кривой *l*gr в метрах).

Предельное значение уклона отвода возвышения, при котором гарантируется безопасное движение подвижного состава по условию перекоса ходовой части, составляет 3,2 мм/м (при скорости не свыше 25 км/ч). Динамику вписывания подвижного состава в переходную кривую характеризует скорость подъема колеса, идущего по наружному рельсу. Расчет по нормативным данным показывает, что ее допустимые значения находятся в пределах Vпк = 0,022 − 0,045 м/с. Большие значения соответствуют средним значениям скорости подвижного состава [77].

*Характеристики положения пути в плане и профиле.* Железнодорожный путь в плане и профиле характеризуется радиусом кривизны ρ и кривизной *K*. Непосредственное измерение этих параметров в координатной системе *0XYZ* с целью получения информации для работы путевой машины представляет сложную техническую задачу.

Для выполнения работ по выправке железнодорожного пути, прежде всего, требуется информация о фактическом (натурном) положении пути. Требуется информация также о проектном положении пути, о параметрах машины и методах и способах получения информации. Работы по выправке выполняются вручную и машинным способом с использованием выправочно-подбивочно-рихтовочных комплексов, *требующих от операторов специализированных знаний и опыта*.

При ручном способе выправки надо *знать***:** вид выправки в данной точке пути (сдвиг, просадка, перекос и т.д.); абсциссу неровности (координату неровности *L*н); амплитуду неровности по модулю (|*Y*н|); фазу неровности (+– *yн(х).* Для машинного способа выправки эту информацию надо не только знать, но и *уметь* её формализовать в управляющий алгоритм. Для выполнения этой процедуры необходимо принять какую-то из определяющих величин за*переменную описания*состояния системы выправки, а какую-то – за*переменную управления*.

При получении исходной информации о положении оси существующего железнодорожного пути используются способы:

1) Положение оси пути определяется в декартовой системе *(x, y)* координат с разметкой на местности;

2) Способ измерения углов поворота …ϕn-1, ϕn, ϕn+1,... хорд со стороны левого прямого подхода при разбиении участка пути на равные по длине отрезки деления кривой, равные *а*;

3) Способ измерения стрел изгиба …*hn-1, hn, hn+1*,…точек … *n-1, n, n+1,*… от кривой до хорды *l = a + b*, натянутой между двумя ближайшими соседними точками концов деления кривой, равные *а* (рис. 10.11, *а*);

4) Смешанный способ съемки положения оси кривой, предложенный И.В.Гоникбергом [58]. Способ заключается в том, что углы поворота хорд измеряются при длине дуги *а*`=100 м, а внутри каждого промежутка делается разбивка на 20 метровые отрезки с измерением ординат оси кривой *fi* от хорд, стягивающих точки первоначальных делений;

5) Способ съемки пути с использованием нивелировочных оптических приборов, например, прибор для рихтовки пути ПРПМ, измерительные комплексы с цифровым оптическим нивелиром;

6) Тахеометрическаясъемка оси пути с использованием навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС в России, GPS за рубежом). Определяются глобальные (локальные) координаты пути с заданным шагом квантования.

Измерение всегда производится относительно*измерительной базы*. Наиболее просто реализуются измерительные базы в виде*прямой*, создаваемой: натянутым тросом, жесткой рамкой, инфракрасным поляризованным оптическим или лазерным лучом.

*Выправка прямого участка пути в плане.*

Пусть в сечении *х* имеется неровность *y*н*(х)*. Если известно направление выправляемого пути в створе (ось 2), совпадающей с измерительной базой, то выправка неровности, заключаться в перемещении точек неровности на измерительную базу, т.е. *y*н*(х)* = 0. Следовательно, перемещая (сдвигая) неровности в фиксированных точках *xi* пути на измерительную базу, мы обеспечиваем выправку пути. Иными словами, для выправки прямых достаточно иметь*направление* *измерительной базы* отсчета и величины сдвижек, измеренных в фиксированных точках пути.

*Выправка пути в продольном профиле.*

В измерении участка пути участвуют три элемента: −*визирный прибор* (излучатель), например, путерихтовочный прибор ПРПМ; −*метка* **(**приемник)**;** −*измерительная рейка* (прерыватель). Излучатель-приемник создают неподвижную (абсолютную) измерительную базу, а рейка образует третью точку в системе и выполняет функцию измерения. В результате образуется трехточечная измерительная система выправки продольного профиля, применяемая на современных машинах.

Используя линию визирования как неподвижную измерительную базу (репер) можно выправлять путь в продольном профиле вручную или машинным способом. В последнем случае до выправки надо знать величины просадок *fi* и их координаты вдоль пути, записанные на носителе.

Для определения положения пути в поперечной плоскости (по уровню) имеется природная база отсчета:вертикаль физического маятника и жидкостный уровень горизонта,широко используемые на практике. Выправка пути в поперечном профиле, не вызывает особых трудностей.

Для положения пути в плане и продольном профиле природной базы отсчета нет. В практике поиска параметров описания и управления положения пути в плане (продольном профиле) и необходимых измерительных баз отсчета, были предложены модели:

1 – кривая пути представляется совокупностью точек с координатами (*х, у*) в декартовой системе координат;

2– кривая пути представляется графиком изменения угла поворота касательной к кривой относительно левого прямого подхода; график называется − углограммой;

3– кривая пути представляется графиком изменения кривизны по длине кривой; график называется − эпюрой кривизны (графиком натурных стрел);

4 – метод фиктивных нагрузок, опубликован в 1915 г. инж. И.М.Зубовым, преобразуется в третью.

Первая модель в практике ремонтно-путевых работ вызывает трудности, особенно если трасса проходит в пересеченной местности с многочисленными естественными и искусственными объектами, поэтому используется в основном при новом строительстве. Для целей выправки при ремонте пути используется редко, так как имеется плохая сходимость результатов выправки без ввода азимута параметров кривой (Азимут (А) – угол, считаемый по ходу часовой стрелки от северного направления меридиана данной точки до искомого направления. Азимут изменяется при переходе на другой меридиан. На практике используется дирекционный угол f, с вводом коррекции – угла сближения меридианов **g**).

Вторая и третья модели используют криволинейную ось существующего пути в качестве оси абсцисс (ортогональную систему координат). Вторая модель используется реже третьей, так как измерение малых углов изгиба пути с достаточной точностью вызывает на практике определенные трудности.

*Построение графика кривизны (эпюры кривизны) по натурным стрелам изгиба рельсовых нитей от длины пути.*

На практике положение РШР в плане определяется опосредованно стрелами изгиба *hi* базовой рельсовой нити относительно базовых линий – измерительных хорд постоянной длины или углами поворота ϕ*I* этих хорд, расположенных со смещением друг относительно друга на шаг деления …*n*−1, *n*, *n*+1… пути. Длина стандартной расчетной измерительной хорды 20 м. выбрана из условия: при сдвиге пути в средней точке хорды полуволны сдвига рельсовых нитей не должны достигать соседних точек деления пути. Этим обеспечивается однозначность выправки пути.

В круговой кривой стрела *hn* изгиба, измеренная от хорды *l*, например, в точке n деления ее на отрезки *a*, *b* определяется при малом центральном угле, стягивающем хорду, по приближенной формуле:

 (8.10)

где *hn* – стрела изгиба рельсовой нити в фиксированной точке хорды, м; *a*, *b* – плечи измерительной хорды, м; R – радиус круговой кривой, м.

Для измерения стрел изгиба плана применяются устройства – стрелографы, имеющие измерительную базу *l* = *a* + *b* и датчик измерения стрелы. При постоянных плечах хорды *a* и *b* стрела изгиба *h* однозначно определяет радиус круговой кривой *R*. В прямой *R* =∞ и *h* = 0. В переходной кривой ρ = var, соответственно изменяется и стрела изгиба. Величина *F* = *ab*/2 – постоянный коэффициент, кривизна *K* = 1/ρ (в круговой кривой *K* =1/*R*). Поэтому стрела изгиба *h* = *FK* прямо пропорциональна кривизне. Рассмотрим движение хорды *l* по сопряжению прямой и кривой (см. рис. 10.11, *а*) и построим график стрел изгиба *h* в функции пройденного пути *x* от начала движения в точке *O* (рис. 10.11, *б*). Как видно из графика, на участках *1* (прямые) *h* = 0, на участке *3* (круговая кривая) *h* = const, а на участках *2* и *4* (переходные кривые) *h* изменяется. Если переходные кривые устроены по радиоидальной спирали, то кривизна нарастает пропорционально нарастанию координаты, что на графике отражается наклонными прямыми.

Теоретический график *1*-*2*-*3*-*4*-*1*, полученный путем движения измерительной хорды по идеальному участку пути, называется графиком кривизны или графиком проектных стрел и имеет вид трапеции. Если с помощью той же хорды обойти натурный участок пути, имеющий неровности в плане, и записать стрелы изгиба, то на график проектных стрел наложится график *5* натурных стред изгиба пути, отражающий имеющиеся неровности положения РШР в плане относительно проектного и имеет случайный пилообразный вид. Взятое сечение пути, например *n*, соответствует определенной фазе неровности (изолированной, периодической и др.) и одновременно несет информацию о месте расположения неровности. Разность натурной и проектной стрел изгиба Δ*h* = *h*н – *H*п содержит информацию о величине неровности и о ее направлении относительно проектного положения пути. Так как измерения стрелы производятся от хорды, всегда соприкасающейся в своих концевых точках с линией натурного положения РШР, то Δ*h* в косвенном виде несет информацию и о положении пути в концевых точках, лежащих на расстоянии *a* и *b* от рассматриваемой. Это обстоятельство в значительной мере обусловливает сложность математической формализации результатов измерения положения пути для выработки управляющих воздействий. Из анализа графиков проектного и натурного положений пути реализуется важный принцип для построения механизированных систем выправки пути – *принцип сравнения*. Он заключается в том, что разность ординат ±Δ*h* = *h*н – *H*п несет в себе информацию о месте, величине и фазе неровности пути и, следовательно, в преобразованном виде может выступать в качестве управляющей переменной процесса выправки. Большинство выправочных систем современных машин основано на этом принципе – на сравнении измеряемых натурных стрел (углов) в процессе выправки с программными или проектными стрелами (углами) в фиксированных точках деления пути … *n* – *1*, *n*, *n* + *1* … , положение которых определяется инструментально или шагом сканирования (в автоматизированных системах выправки).

При движении экипажа массой *m* со скоростью *V* в кривой возникают поперечные (вертикальные) центробежные силы , пропорциональные стреле изгиба. Поэтому критерием оценки качества выправки пути в плане (профиле) являются разности стрел изгиба (их градиенты) в смежных точках деления: для прямых и круговых кривых эти разности должны быть минимальными или раны нулю, для переходных кривых – равномерно нарастающими или убывающими. Разности стрел изгиба в смежных точках деления пути нормируются в зависимости от вида ремонта и назначаемой скорости движения поездов.

Выправочные устройства, механизмы измерительных баз которых построены на принципах измерения углов между смежными хордами, называют *углографами*, а графики углов поворота измерительных баз получили название – *углограммы*. В качестве первичных измерителей применяются датчики углов поворотов элементов. Такие системы измерения чаще всего используются машинами, работающими на узкоколейных железных дорогах, т.к. в кривых длинная хорда выходит за пределы колеи.

Неровности пути в продольном профиле характеризуют просадками *fi*, измеренными при нивелировании от визирной линии (либо от измерительной хорды), принятой за базу измерения. Стрелографы нивелировочных систем устроены и работают аналогично. Механизмы измерительных баз у них расположены в вертикальных продольных плоскостях над соответствующими правой и левой рельсовыми нитями.

В качестве механизмов измерительных баз, помимо механических систем трос–хорд и жестких рамок, используются системы с лазерным лучом.

Системы и устройства управления положением пути по уровню в качестве механизма измерительной базы используют физический маятник как наиболее простое устройство искусственного горизонта.

Исходная информация о положении РШР в плане, содержащаяся в ±Δ*h*, не может быть непосредственно использована системой управления машины для реализации требуемых смещений, называемых сдвигами, а должна быть предварительно преобразована в управляющие сигналы на смещения РШР в текущем сечении с учетом способа измерений и упругих свойств рельсовой колеи при ее сдвиге. Действительно, стрела изгиба, измеренная в каждой точке … *n* – *1*, *n*, *n* + *1* … деления кривой, зависит от положения самой точки и соседних с ней точек деления. Сплошными линиями на рис. 10.12, *а*, *б* показано положение рельсовой нити и измерительной базы до рихтовки, а штриховыми – положение после сдвижки точки *n*. При сдвиге точки *n* на +*en* стрела изгиба в этой точке увеличилась на *en,* а стрелы в соседних точках уменьшились на *en*/*2* (сдвиги наружу колеи положительные, а внутрь – отрицательные). Расстояния между точками деления и базы измерения выбираются с учетом упругих свойств РШР, прилегающей к точке сдвига, т.е. при сдвиге точки *n* на величину +*en*, точки *n* – *1* и *n* + *1* не должны сдвигаться (*en*-1 = 0 и *en*+1 = 0).

При смещении трех рядом лежащих точек (рис. 10.12, *в*) проектную стрелу в средней точке определяют, при малом центральном угле стягивающем измерительную хорду, по формуле, предложенной И.М. Зубовым (1915 г.):

 (8.11)

где *Hn*, *hn* – стрелы в точке до и после выправки, мм; *en*, *en*-1, *en*+1 – сдвиги, мм, соответственно в точках *n*, *n* – 1 и *n* + 1.

Для реализации технологического процесса выправки пути машина должна иметь систему, которая позволяет произвести измерения положения пути до выправки, в процессе выправки и после выправки относительно базы отсчета. Базы имеют определенное конструктивное устройство и используют элементы и физические явления, позволяющие построить прямолинейные измерительные хорды, связанные с положением пути в заданных сечениях, для оценки отклонений оси пути через стрелы изгиба или углы между хордами. Например, на рис. 10.13 показаны: (*а*) абсолютная (неподвижная), подвижная (*б*) и совмещенная (*в*) базы измерения.

В случае (*а*) подъемно-рихтующее устройство (ПРУ) в процессе выправки пути устанавливается на базовую ось визирования *3*. Положение ПРУ контролируется по показаниям датчика *4*. В случае (*б*) хорда *9* движется с машиной *6*, передней точкой *8* повторяя имеющиеся неровности пути. Можно сказать, что система имеет искривленную в соответствии с неровностями пути до выправки "линию визирования", отслеживаемую передней точкой *8*. Положение ПРУ *5* устанавливается по показаниям датчика *10* стрел изгиба пути системой управления по заложенному алгоритму выправки. Неровности положения пути до выправки проявляют себя в виде остаточных неровностей после выправки. Такие системы проявляют свойства фильтра длинных неровностей (неровности, соизмеримые по длине с измерительной базой выправляются, а значительно превосходящие ее по длине не выправляются).

В случае (*в*) хорда также движется вместе с машиной, а положение ПРУ *5* устанавливается относительно хорды системой управления через датчик *10* стрел изгиба пути. В отличие от случая *б* передняя концевая точка *12* отслеживает положение правильной по форме, не искаженной исходным неровностями, линии визирования *3* путем смещения её в поперечном относительно пути направлении, как условно показано стрелкой. Точка *12* направляется сама и направляет выправочную систему в целом по проектной оси пути. В этом случае требуется предварительно измерить отклонения фактической оси пути от проектной оси.

Системы, у которых передняя точка подвижной измерительной базы перемещается по пути до выправки и является направляющей для системы в целом, являются системами сглаживающего типа.

Системы, реализующие методы выправки с использованием неподвижных относительно пути баз – линий визирования, называются системами, работающими по точному методу (метод фиксированных точек).

Универсальные выправочные системы содержат в себе элементы систем сглаживания и систем выправки относительно неподвижной базы измерения.

**8.3. ВЫПРАВОЧНО-ПОДБИВОЧНО-ИХТОВОЧНЫЕ**

**МАШИНЫ ВПР-02М, ВПРС-02**

Выправочно-подбивочно-рихтовочные машины ВПР-02, ВПРС-02 это машины циклического действия, выполняющие в комплексах машин финишные работы по выправке пути с уплотнением балластной призмы для уменьшения степени неравномерности его отступлений по уровню, в плане и просадкам. Магистральная машина ВПР-02 прошла модернизацию и в модернизированном варианте получила название ВПР-02М. Она выпускается ОАО «Калугапутьмаш». На смену универсальной машине ВПРС-02 ОАО «Кировский машзавод 1 мая» (г. Киров) выпускает новую машину ВПРС-03. Машины приспособлены для работы на тяжелых конструкциях пути с щебеночным балластным основанием.

*Общее устройство*. Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина циклического действия ВПР-02М (рис. 10.24) выполняет за один проход комплекс работ по выправке пути в плане, продольном профиле и по уровню с одновременным уплотнением балласта под шпалами и в зонах у торцов шпал. В режиме измерения машина может измерять геометрическое положение пути с записью натурных параметров.

Машина относится к единице специального самоходного подвижного состава (ССПС) и состоит из базовой машины и сцепленной с ней постоянно через сферический шарнирный узел полуприцепной платформы *1*. Как ССПС она оснащена автосцепками *8*, тормозной системой, сигнальными устройствами и комплексным устройством локомотивной безопасности для ССПС – КЛУБ-УП. Машина транспортируется самоходом, отдельным локомотивом или в составе хозяйственного поезда.

Базовая машина содержит сварную раму *4*, имеющую по концам площадки для установки через амортизаторы кабины оператора *7* и кабины машиниста *3*. В средней части рамы размещается силовой дизельный агрегат 5, гидромеханическая силовая передача *12* с компле4ксным гидротрансформатором, насосная станция объемного гидропривода.

В передней части рама через центральное рессорное подвешивание опирается на тяговую тележку *11* с приводными колесными парами, а в задней части – на бегунковую тележку *19*, колесные пары которой могут иметь привод только в рабочем режиме. Чтобы предотвратить раскачивание корпуса машины при работе, обеспечив требуемую точность выправки пути, в рабочем режиме блокируется центральное и буксовое рессорное подвешивание бегунковой тележки и буксовое подвешивание одной колесной пары тяговой тележки. При этом дополнительными гидроцилиндрами разгружается центральное рессорное подвешивание тяговой тележки.

Рабочее оборудование машины включает два двухшпальных подбивочных блока *18*, ПРУ *15*, две виброплиты *22* для уплотнения балласта у торцов шпал, два плуга 13 для очистки поверхности рельсов и многофункциональную контрольно-измерительную систему (КИС). КИС, в свою очередь, подразделяется на четырехточечную КИС рихтовки, включающую переднюю *9*, измерительную *16*, контрольно-измерительную *20* и заднюю *24* тележки с тросом-хордой *14*, и нивелировочную КИС *6* с измерительным устройством *16*. Для определения положения машины относительно точек вдоль пути, с привязкой к которым производится автоматический расчет корректировочного управления выправкой, на передней тележке *9* устанавливается импульсный датчик пути с мерным колесом *10*. Обычно полный оборот колеса соответствует 1 м пройденного машиной пути.

На полуприцепной платформе *1* размещаются две виброплиты *22* для уплотнения балласта у торцов шпал, дополнительный топливный бак *2* и бортовой кузов для перевозки путевых материалов и инструментов.

*Силовая передача (трансмиссия)*. Силовая передача обеспечивает работу машины в транспортном и рабочем режимах, а также в режиме измерительной поездки. Трансмиссии машин класса ВПР имеют похожую структуру. Источником энергии для привода всех механизмов и систем служит силовой дизельный агрегат 9, который через карданный вал *8* связан с входным валом реверсивной гидромеханической передачи *7* с гидротрансформатором, гидромуфтой и гидродинамическим тормозом (гидропередача *T* 211 *r*.3 фирмы *Voith* (Германия)). Гидропередача обеспечивает плавное регулирование и реверсирование направления вращения карданного вала *6*, соединяющего его с раздаточной коробкой *5*. Система циркуляции масла содержит маслоохладитель 11 с принудительным воздушным охлаждением от вентилятора. На раздаточной коробке установлены насосы 4 привода рабочего оборудования и вспомогательных систем. В рабочем режиме привод колесных пар осуществляется гидромотором *19*, а в транспортном – напрямую от дизеля *9*. Вращение через карданный вал *18* передается на входной вал промежуточного редуктора *17*, который имеет входной и два выходных вала. Один из них через карданный вал 16 соединен с коническим осевым редуктором 12 задней колесной пары 1, а другой – через карданные валы 15, 13 и вал 14 на промежуточной опоре соединен с аналогичным редуктором 12 передней колесной пары тяговой тележки.

В рабочем режиме машина передвигается циклически с интенсивным разгоном, поэтому для увеличения сцепного веса колесные пары бегунковой тележки могут получать привод от гидромоторов 3 через осевые цилиндрические редукторы 2. Для исключения заклинивания колесных пар в транспортном режиме шестерни и колеса редукторов автоматически выходят из зацепления.

*Подбивочные блоки*. Машина оснащена двумя двухшпальными подбивочными блоками, используемыми для уплотнения балластного слоя под подошвами шпал. Подбивочный блок (рис. 10.26) представляет собой литую станину *1*, установленную в двух направляющих цилиндрических колоннах *6*. Колонны закреплены в проемах рам, которые могут перемещаться в поперечном оси пути направлении, компенсируя боковой относ блоков в кривой относительно осей рельсов. Блок в вертикальном направлении перемещается по направляющим колоннам гидравлическим цилиндром *8*, шток которого соединен с его станиной через резьбовое соединение.

Для уплотнения балласта подбойки *12*, *13* совершают два движения: колебания с заданной амплитудой и частотой, а также подачу по направлению к шпале с установленной скоростью. Поэтому подбивочный блок оснащается механизмом вибраций и механизмом подачи подбоек. Механизм вибраций включает в себя эксцентриковый вал *19*, который установлен в центральной части станины на подшипниках *18*. Вал приводится во вращение от гидравлического мотора *10* через упругую муфту *14*, позволяющую амортизировать и демпфировать возникающие высокочастотные крутильные колебания.

Обоймы *16*, *17* гидравлических цилиндров *3* привода внутренних подбоек соединяются с эксцентричными поверхностями вала через шатунные подшипники *20*. При вращении вала вибрационные движения передаются на цилиндры *3* и далее на рычаги *11* внутренних подбоек *13*. С упомянутыми обоймами через шарнирные узлы соединены гидравлические цилиндры *5*. Вибрации передаются также и через них на рычаги *4* наружных подбоек *12*. Рычаги совершают крутильные колебания вокруг шарниров *2* их соединения со станиной *1*.

Привод подачи подбоек при обжиме балласта осуществляется цилиндрами *3*, *5*. При выдвижении штоков цилиндров *5* и втягивании штоков цилиндров *3* рычаги поворачиваются, смещая соответствующие подбойки к оси шпал. При раскрытии подбоек штоки цилиндров смещаются в противоположных направлениях.

Шарнирные узлы подбивочного блока имеют централизованную смазку самотеком. Система смазки наполняется из бачка *7*.

Амплитуда колебаний *A* для внешних и внутренних подбоек имеет фиксированное значение (*A* = 4,5 мм – для наружных подбоек и *A* = 6,5 мм – для внутренних подбоек). Угловая частота колебаний = 220 рад/с также неизменна. Поэтому система управления машиной позволяет регулировать скорость подачи лопаток подбоек и тем самым настроить режим взаимодействия подбоек и балласта, соответствующий условиям уплотнения.

Гидроцилиндр Ц1 вертикального перемещения подбивочного блока управляется через сервовентиль Р1, который позволяет регулировать подачу масла в полости гидроцилиндра, обеспечивая необходимый скоростной режим опускания блока, точное позиционирование после заглубления лопаток подбоек ниже подошв шпал, а также остановку блока и в верхнем рабочем положении.

В исходном состоянии при опускании подбивочного блока штоки цилиндров Ц4, Ц5, Ц8, Ц9 привода рычагов наружных подбоек втянуты, а штоки цилиндров Ц12, Ц13, Ц16, Ц17 привода рычагов внутренних подбоек выдвинуты. Для этого распределители Р18, Р10 включены в нейтральную позицию. Поршни цилиндров наружных подбоек прижаты давлением к дну корпусов, а поршни цилиндров внутренних подбоек разностью давлений прижаты к крышкам. Прижим обеспечивает жесткую передачу вибраций от эксцентрикового вала, который вращается гидромотором М1, на рычаги и подбойки. В момент заглубления подбоек в слежавшийся балласт (машины применяется и для рыхления балласта) распределителем Р14 масло под давлением может быть подано в преобразователь (мультипликатор давления) ГП1. В его штоковой полости развивается давление до 21 МПа, подаваемое в момент заглубления в штоковые полости цилиндров Ц4, Ц5, Ц8, Ц9.

При поступлении сигнала на обжим балласта распределители Р18, Р10 включаются в рабочие позиции. Масло под давлением начинает поступать в поршневые полости цилиндров привода рычагов наружных подбоек, вследствие чего они включаются по дифференциальной схеме, их штоки выдвигаются, и наружные подбойки производят вибрационный обжим балласта. Скорость подачи лопаток наружных подбоек определена настройкой дросселя клапана ДР1. Кроме того рабочее давление 11,5-14,0 МПа подается в штоковые полости цилиндров Ц12, Ц13, Ц16, Ц17 привода рычагов внутренних подбоек, а сниженное давление 3,5 МПа поддерживается в поршневых полостях. Штоки втягиваются, балласт обжимается внутренними подбойками. Усилие обжима балласта наружными подбойками ограничено настройкой редукционного клапана КР5. Благодаря асинхронному принципу подбивки усилие обжима балласта точно ограничено, что способствует равномерности уплотнения. Кроме того, при асинхронном принципе подбивки давление на балласт справа и слева от шпалы приблизител6но равно, что исключает продольный сдвиг шпалы. Вспомогательным распределителем Р4 поддерживается одна из трех ступеней заданного давления в линии управления клапана КР5, соответственно его давление перекрытия.

После прекращения подачи сигнала на обжим балласта отключаются рабочие позиции распределителей Р18, Р10, рычаги подбоек возвращаются в исходное положение, соответствующее раскрытым подбойкам.

*Виброплиты уплотнения балласта у торцов шпал*. Для уплотнения балласта у торцов шпал машины оснащаются дебалансными виброплитами. Уплотнение необходимо для заполнения пустот, образующихся у торцов шпал после рихтовки для повышения устойчивости пути горизонтальным нагрузкам. Виброплиты перемещаются в нижнее и промежуточное рабочие положения, а также в транспортное положение шарнирно-рычажным механизмом с гидроприводом. При установке виброплиты на раме подбивочного блока (ВПР-02) она подвешивается на двух рычагах с гидроцилиндрами через шарнирную систему с серьгами. При модернизации машины (ВПР-02М) была изменена конструкция шарнирно-рычажного механизма. Виброплита соединяется с рычагом шарниром, ось которого перпендикулярна продольной оси машины, что дает возможность продольного поворота виброплиты при ее опускании на неровный балласт. Передний и задний дебалансы виброплиты находятся на одном валу и повернуты друг относительно друга на угол 180°, поэтому виброплита совершает колебательные движения вокруг шарнира ее соединения с рычагом. Опускание виброплит в рабочем цикле машины согласуется с опусканием подбивочных блоков. Это позволяет осуществитькомплексное вибрационное воздействие на балластный слой.

*Подъемно-рихтовочное устройство*. Машина ВПР-02 (ВПР-02М) для перемещения и фиксации в заданном положении РШР оснащена подъемно-рихтовочным устройством (ПРУ). В общем случае ПРУ включает механизмы захвата рельсов и механизмы манипулирования положением РШР при выправке.

ПРУ содержит балансир *13*, на котором по краям размещены передний *8* и задний *14* роликовые клещевые захваты с роликами *9* «тарельчатого типа». Ролики переднего захвата находятся относительно роликов заднего захвата на более низком уровне, чтобы скомпенсировать кривизну упругой линии рельсов при подъемке. Своими ребордами ролики захватывают рельсы за головку. Привод раскрытия и закрытия захватов осуществляется гидравлическими цилиндрами *7*, *15*. Захваты обеспечивают передачу вертикальных нагрузок на рельсы для подъема и перекоса РШР. При этом кинематическая схема захватов способствует такому распределению усилий и моментов на рычагах, что при подъемке имеет место самозахват рельсов. Горизонтальные ролики *10* имеют две реборды, что позволяет передавать через них на РШР горизонтальные усилия, необходимые для сдвига пути в плане при рихтовке.

Балансиры закрепляются на кронштейнах *6* через вертикальные оси *16* с серьгами. Оси дают возможность поворота балансиров относительно кронштейнов на ограниченный угол, чтобы скомпенсировать изменения кривизны пути в плане при работе ПРУ. Кронштейны в свою очередь устанавливаются на вертикальных цилиндрических направляющих колоннах *4* и могут перемещаться вдоль них и одновременно поворачиваться в плане. Вертикальное перемещение подъемных механизмов производится гидравлическими цилиндрами *18*, соединенными через сферический шарнирный узел *17* с кронштейнами. В верхней части цилиндры через универсальные шарнирные узлы *19* соединяются с поперечной балкой *20*.

Фиксация подъемных механизмов в транспортном положении производится крюком *3*, поворачиваемым пневматическим цилиндром *5*, на упоре *2*.

Балансиры *13* через сферические шарнирные узлы также соединяются с рихтующими гидравлическими цилиндрами *2*1, которые со стороны корпусов через другие аналогичные узлы присоединены к кронштейнам *23*, приваренным к хребтовой балке *22*. Штоки цилиндров согласованно смещаются вместе с РШР, обеспечивая ее необходимый сдвиг в плане. Во время зарядки или разрядки подъемные механизмы могут поворачиваться в плане независимо друг от друга, обеспечивая точное центрирование захватов над рельсами, снижая вероятность их случайного повреждения.

Для сбрасывания излишков балласта с концов шпал на балансирах закреплены тросовые щетки *17*, а для реализации автоматического управления рабочим циклом может быть дополнительно установлен индуктивный датчик *12*, связанный с системой точной остановки машины над рабочей зоной подбивки.

Гидравлическая система привода ПРУ обеспечивает точное отслеживание в рабочем цикле задаваемых положений РШР, являясь усилительно-преобразовательным элементом следящей системы выправки. При зарядке и разрядке ПРУ обеспечивается независимое перемещение подъемных механизмов.

Гидравлическими цилиндрами Ц27, Ц28 захватные механизмы по направляющим колоннам перемещаются вертикально и независимо друг от друга. Рассмотрим, например, привод цилиндра Ц28. В нейтральной позиции распределителя Р23 сообщение штоковой полости с гидросистемой перекрыто, шток с захватным механизмом зафиксированы в определенном положении. При подаче сигнала на подъем рельсовой нити включается электромагнит *YA42*, соединяя штоковую полость с сервовентилем СК2. Включается позиция сервовентиля, показанная снизу. Сигнал на подъем отрабатывается до перекрытия сервовентиля. Если сигнал соответствует опусканию рельса, то включается позиция СК2, показанная сверху. Полость цилиндра Ц28 соединяется с баком. Цилиндр работает в плавающем режиме, предотвращая дополнительное вертикальное давление на путь. Очевидно, что в этом случае режим вывешивания и подъемки РШР был задан неправильно, и в пути останется горб. Для быстрого опускания механизма из транспортного положения в рабочее включается электромагнит *YA43*. Штоковая полость напрямую соединяется с баком.

Сдвиг пути в плане производится гидравлическими цилиндрами Ц30, Ц31, штоковые полости которых соединяются с системой через гидроуправляемые клапаны КУ5, КУ6. В нейтральной позиции пилотов клапаны свободно пропускают масло в любом направлении, а при включении рабочей позиции движение масла перекрывается. Таким образом, можно блокировать работу одного цилиндра, подавая к другому масло под давлением.

При передвижении машины в рабочем режиме с опущенным на рельсы ПРУ распределитель Р3 соединяет все полости цилиндров с баком. Их штоки находятся в плавающем положении, обеспечивая свободное качение подъемных механизмов по горизонтальным неровностям.

После подачи сигнала на рихтовку пути распределитель Р3 переключается в рабочую позицию, перекрывая сообщение полостей цилиндров с баком. Направление и скорость сдвига РШР в этом случае определяется включенной позицией и степенью открытия золотника сервовентиля СК1, на электромагнит которого имеет выход система управления выправкой пути. При достижении требуемого положения РШР в плане золотник сервовентиля занимает нейтральное положение с перекрытием линий основного потока масла.

*Контрольно-измерительная система управления выправкой*. Контрольно-измерительная система (КИС) обеспечивает измерение отклонений в положении пути, выработку и передачу сигнала на управление механизмами подъемки и сдвижки, контроль результатов выправочных работ и запись положения пути. Машина оснащена независимыми нивелировочной, рихтовочной и контрольной системами. В зависимости от требований к пути и технологии работ системы выправки могут работать по методу сглаживания, фиксированных точек с предварительным измерением положения рельсовых нитей оптическим нивелировочным комплектом, с использованием лазерного луча или по расчету, проводимому на основе данных измерительного проезда бортовой ЭВМ.

Система выправки пути в продольном профиле и по уровню имеет выход на ПРУ *9*, которое является ее исполнительным механизмом. Положение правой и левой рельсовых нитей в продольном профиле измеряется двумя соответствующими измерительными системами, реализующими измерение по трем точкам с использованием передней корректирующей хорды.

Измерения осуществляются относительно правого *24* и левого *25* тросов-хорд. Их передние концы закреплены на нивелировочных устройствах *28*, *29* через следящие механизмы *30*, *31*, обеспечивающие установку по высоте относительно нулевой отметки, что позволяет задавать выправочную подъемку пути. Задние концы нивелировочных тросов закреплены на контрольных устройствах *19*, *21* через обводные блоки и натяжные пневматические цилиндры *18*, *20*. Нивелировочные устройства в свою очередь опираются через опорные площадки на передний рычаг *6*, а контрольные устройства − на рычаг контрольно-измерительной тележки *13*. Передний рычаг соединен с передней тележкой *1* рихтовочной КИС, с одной стороны, а с другой через универсальный шарнирный узел подвешен снизу шкворневой балки тяговой тележки *7*.

Измерения стрел изгиба рельсовых нитей в продольном профиле производятся датчиками *22*, *23* специальной конструкции с прецизионными потенциометрами. Датчики устанавливаются на нивелировочно-рихтовочном измерительном устройстве *27*, которое опирается на рельсы в точках выправки пути. На этом устройстве также установлен маятниковый датчик 26, связанный с системой отслеживания уровня в точке выправки. В ряде модификаций машин используются отдельные измерительные устройства нивелировочной системы, размещаемые на подвижных рамах подбивочных блоков. Такие устройства более сложны, но позволяют точку измерения продольного профиля совместить с зоной подбивки пути (но это зона повышенной вибрации), в которой производится окончательная фиксация пути. Размещение измерительного устройства в зоне между ПРУ и подбивочными блоками позволяет более свободно его скомпоновать, облегчить эксплуатацию, несмотря на небольшую погрешность, связанную со смещением точки выправки и закреплением положения РШР после выправки.

Нивелировочное устройство, кинематическая схема которого показана на рис. 10.31, является передней направляющей точкой измерительной системы, которая в масштабе повторяет начальные неровности пути в продольном профиле с возможностью ввода корректировочного управления положением троса относительно нулевой отметки. Устройство монтируется на стойке *14*, размещенной в кабине оператора, и опирается через штангу *16* и наконечник *2* на опорную площадку *1* переднего рычага. На штанге смонтирована винтовая передача *7* с приводом вала от электродвигателя *5* через редуктор *4*, которая позволяет перемещать вертикально выдвижную часть *10* из корпуса *6* пиноли. Вертикальные перемещения регистрируются потенциометрическим датчиком *8*, связанным через тросик с выдвижной частью. Одновременно при настройках системы положение троса можно контролировать по масштабному указателю *20*. Трос *11* перемещается вместе с выдвижной частью. Усилие натяжения передается через втулку *12*, которая может перемещаться по направляющей *13*. Пружина *17* гарантирует постоянный контакт наконечника *2* и площадки *1*.

Нивелировочно-рихтовочное измерительное устройство, кинематическая схема которого показана на рис. 10.32, позволяет измерить стрелы изгиба рельсовых нитей в продольном профиле, их положение по уровню, а также измерительную стрелу изгиба для работы рихтовочной КИС. Рама *19* устройства при работе опирается на РШР *21* через катки *6* с ребордами. Она перемещается вертикально и прижимается к рельсам через катки двумя пневматическими цилиндрами *14*. Цилиндрические направляющие *15* и кронштейны, при этом, позволяют компенсировать движение устройства по неровностям пути. Пневматические цилиндры *16* обеспечивают прижим одного катка к базовому рельсу для рихтовки. На раме установлен датчик *20*, позволяющий производить измерение стрелы изгиба пути относительно троса-хорды *10*.

Стрелы изгиба рельсов в продольном профиле измеряются датчиками *2* с прецизионными потенциометрами, которые через кронштейны *3* установлены на вертикальных штангах. Штанги через катки *8* опираются на направляющие *7*. Это дает возможность скомпенсировать боковой относ нижней части устройства при прохождении кривых. Штанги соединены между собой поперечной балкой *18*, на которой установлен маятниковый датчик *4* положения пути по уровню в зоне выправки. По этому датчику производится установка взаимного положения небазового рельса относительно базового. Балка вместе с маятником носит название маятникового моста.

В транспортном положении устройство фиксируется пневматическими стопорами *17*.

В основу работы нивелировочной системы как следящей системы автоматического регулирования положен принцип сравнения текущего положения пути в продольном профиле и по уровню, измеряемого описанной выше системой, через датчики с установочным положением пути, которое задается через систему задающих устройств. Управляющие рассогласования отрабатываются (делаются ниже порога чувствительности системы) перемещениями РШР в точке выправки. В общем случае при управлении выправкой задаются общая подъемка пути и превышение по уровню небазовой рельсовой нити относительно базовой.

Сглаживающие свойства системы в продольном профиле характеризуются описанными в первой части пособия показателями, основным из которых является статический коэффициент сглаживания. Как можно увидеть на рис. 10.30, его значение:

(8.33)



где *F*н, Δ*f*н – отклонение передней точки корректировочной хорды на исходной неровности и отклонение положения хорды в точке выправки относительно отслеживаемой отметки (в общем случае с подъемкой); *l*, *L* – длины главной и корректировочной хорд; *l*1, *L*1 – задние плечи хорд.

Система проявляет все описанные ранее сглаживающие свойства: уменьшение исходной изолированной неровности и разнесение ее на большую длину, получение плавных отводов в начале и в конце работы, уменьшение гармонических неровностей заданного спектра.

Выправочная подъемка системой может быть реализована двумя способами: *а)* отслеживанием смещенного относительно исходного положения *нулевой* точки управления (сдвиг *нуля* управления); *б)* установкой переднего конца базового нивелировочного троса на высоту, соответствующую выправочной подъемке.

В основу управления выправкой положены следующие группы операций:

– выбор базового рельса. На прямом участке пути выбирается любой рельс, а в кривой – внутренний, относительно которого устанавливается продольный профиль;

– установка необходимой величины выправочной подъемки, гарантирующей сокрытие исходных неровностей;

– установка необходимой величины возвышения небазового рельса относительно базового.

ПРУ является исполнительным механизмом также системы рихтовки (рис. 10.33). База рабочей части системы выполнена по четырехточечной измерительной схеме с возможностью переключения в трехточечный режим измерений положения пути в плане. Измерения стрел изгиба осуществляются от стального троса *7*, который при работе натянут между передней *4* (точка 1) и задней *12* (точка 4) концевыми тележками, измерительным *14* и контрольным *15* датчиками перемещения с прецизионными потенциометрами *16* и трособлочными передачами от поводков *17*, контактирующих с тросом-хордой. Измерительный датчик установлен на измерительной тележке *9* (точка выправки 2), расположенной рядом с ПРУ *8*, а контрольный датчик – на контрольно-измерительной тележке *10* (контрольная точка 3).

На передней тележке установлен винтовой следящий механизм *5* бокового корректировочного смещения переднего конца измерительной хорды *7*. Положение каретки механизма измеряется датчиком *13* с прецизионным потенциометром.

Принцип работы такой системы был описан в п. 10.3. Обозначения измерительных точек и отрезков троса-хорды аналогичны. В режиме сглаживания, если передняя тележка (точка 1) наезжает на неровность *H*н, то происходит отклонение хорды из исходного положения (показано сплошной линией) в другое положение, показанное пунктирной линией. Это вызывает наращивание измерительной стрелы *h*2 на величину *H*2, а контрольной стрелы *h*3 на величину *H*3. Нарушается заложенное в алгоритм функционирования системы соотношение между стрелами изгиба, которое отслеживается в соответствии с формулой выправки (*h*2 = *k h*3, где *k* – постоянный для данной системы коэффициент, принимающий значение для конкретного приведенного соотношения отрезков хорды *k* = 1,37). После отработки возникших в системе рассогласований ПРУ смещает РШР с проектной оси пути в новое положение на величину *h*2, соответствующую необходимой компенсации для восстановления указанного выше соотношения. Это первая остаточная неровность. Ее отношение к начальной неровности было определено как статический коэффициент сглаживания *m* = *H*н / *h*2. Для конкретных значений отрезков хорды *m* = 6,59. При относительно небольших неровностях, если отсутствует смещение оси пути на большой длине, то при работе в четырехточечном режиме система обладает приемлемыми сглаживающими свойствами.

Если в пути имеют место отклонения от проектной оси на большой длине, предъявляются повышенные требования к точности постановки пути на проектную ось, то система может реализовать работу по методу фиксированных точек с предварительным измерением положения пути в плане, как изложено в п. 10.3. В этом случае трос *7* защемляется на контрольно-измерительной тележке *10*, а сигнал контрольного датчика *15* не принимается системой. Короче говоря, система переводится в режим измерения по трем точкам: точки 1 и 3 становятся концевыми, а точка 2 – сохраняет свою функцию активной точки выправки. Коэффициент сглаживания в таком режиме *m* = (*b*+*c*) / *b* = 3,17. Относительно небольшое значение коэффициента сглаживания компенсируется точной установкой передней точки хорды по проектной оси пути.

В процессе выправки кривых, чтобы избежать одностороннего смещения пути с проектной оси, производятся корректировки управления. Система позволяет делать ввод корректировок путем сдвига *нуля* управления, при котором отслеживается смещенное относительно хорды положение ПРУ, и сдвигом передней точки троса-хорды с помощью следящего механизма.

В режиме сглаживания требуется повышенное значение коэффициента сглаживания, чтобы отклонения передней точки на неровностях минимально передавались бы в точку выправки, т.к. они не компенсируются. Поэтому в работу включается система с измерением положения пути в плане по четырем точкам. Корректировки управления производятся только при работе в переходных кривых и при проходе системой точек сопряжения участков пути с разным характером изменения кривизны. Корректировки могут производиться либо путем сдвига *нуля* управления, либо сдвигом передней точки. Для расчета корректировок используются перестановочные таблицы, либо параметры кривых задаются через ввод блока корректировки с ручным переключением в точках начала и конца участков. При оснащении машины бортовой вычислительной системой появляется возможность, помимо расчета корректировок, измерять и восстанавливать проектные параметры положения пути в плане.

В режиме работы по фиксированным точкам повышенное значение коэффициента сглаживания отходит на второй план, т.к. положение передней направляющей точки корректируется по проектной оси. Система измерения положения пути по трем точкам более простая, поэтому дает меньшие погрешности при работе. На корректировочные смещения, связанные с компенсацией неровностей, накладываются смещения, обусловленные необходимостью проходить кривые.

Некоторые машины оборудуются контрольными системами, которые служат для независимой от рабочей системы записи параметров геометрического положения пути в плане и по уровню. Запись производится в графическом или цифровом виде на носителях (бумаге, мониторе ЭВМ, дискете или компакт-диске, винчестере), соответствующем уровню оснащения машины. Измерения положения пути в плане могут производиться от хорды *11* приблизительно в ее середине. Записываются для дальнейшего анализа стрелы изгиба *h*К в точках сканирования вдоль пути при дискретной записи, или непрерывно при аналоговой записи. Одновременно записываются положения пути по уровню от маятникового датчика, расположенного на задней тележке КИС.

При наличии на машине бортовой ЭВМ запись может быть произведена и от рабочей КИС с последующим программным преобразованием цифровых массивов для получения необходимой информации.

Универсальная машина ВПРС-02 по многим сборочным единицам и системам унифицирована с базовой магистральной машиной ВПР-02. Она может работать в режиме «стрелки» и в режиме «путь». В режиме «стрелки» управление между правым и левым подбивочными блоками разделяется, чтобы обеспечить работу на стрелочном переводе или пересечении, имеющем сложную конфигурацию. В рабочем режиме управление производится из кабины оператора и из рабочей кабины, расположенной в средней части рамы под главными несущими балками. Выпускается более совершенная машина ВПРС-03.

*Рабочий цикл машины*. Анализ рабочего цикла машины позволяет решать ряд вопросов проектирования: определять производительность машины, исследовать и оптимизировать по выбранным критериям распределение нагрузок на дизель и силовую передачу в течение цикла, определять скоростные параметры рабочего оборудования, параметры гидроаккумулятора и другие вопросы. Производительность выправочно-подбивочной машины циклического действия, шп/ч:

 (8.34)

где *n*щп – число одновременно подбиваемых за цикл шпал; *T*ц – время рабочего цикла, с.

При теоретической производительности машины 1400 шп/ч время рабочего цикла должно составить 5,2 с. Время цикла при автоматическом режиме определяется настройкой системы управления, а при ручном режиме – квалификацией и опытом персонала, условиями работы, состоянием машины и пути, организационными факторами и др. Для магистральных машин циклического действия оно в среднем составляет 6-10 с. Структура рабочего цикла определяется по циклограмме, пример которой показан на рис. 10.34. В ней перечислены основные рабочие операции цикла и время их выполнения без учета вероятных пауз между операциями. Многие операции выполняются параллельно, что приводит к пиковым нагрузкам на привод и дизель. Например, система управления машиной позволяет реализовать обычный режим подъемки, когда ПРУ начинает работать после достижения заданного заглубления подбоек, режим ранней подъемки с началом работы ПРУ сразу после поступления сигнала на опускание блоков и режим многократной подбивки, когда ПРУ удерживает РШР независимо от положения блоков. Совмещена по времени работа блоков и виброплит.

При известном времени работы механизма и размерах элементов конструкции машины можно определить скорость движения рабочего органа. Информация о возникающих рабочих нагрузках позволяет определить мощности приводов, объемные подачи насосов, нагрузки на приводные элементы силовой передачи в рабочем режиме и т.д. Например, если известны: *t*оп, *t*р, *t*т – общее время выполнения операции, время разгона и торможения устройства рабочего оборудования, с; *L*у – расстояние перемещения устройства, м, принимая переходные режимы с постоянным ускорением и замедлением, установившаяся постоянная скорость движения устройства, м/с:

 (8.35)

Ускорения, определяющие избыточные динамические силы в периоды разгона и торможения устройства рабочего оборудования, м/с2:  – ускорение разгона;  – ускорение торможения. Указанные силы, кН:

 и . В зависимости от направления действия статических сил, динамические нагрузки могут с ними складываться или вычитаться.

После расчета мощностей привода различных устройств временной циклограмме сопоставляются циклограммы нагрузок, мощностей и др. На основании анализа производится необходимая оптимизация параметров привода.

**8.4. Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина**

**DUOMATIC 09-32 CSM**

Высокая производительность непрерывного метода выправки и подбивки пути в сочетании с возможностью получения требуемого качества выполнения технологических операций привело к созданию машин, которые по своему принципу работы являются машинами циклического действия, но при работе движутся по пути непрерывно. К ним относятся выправочно-подбивочно-рихтовочные машины «Duomatic 09-32 CSM» (в дальнейшем 09-32 *CSM*), «Dynamic Stophexpress 09-3X» совместного производства с австрийской фирмы «Plasser & Theurer», ПМА-1 филиала ОАО «РЖД» Калужского завода «Ремпутьмаш». Основное назначение машины 09-32 *CSM*, 09-3Х – производство чистовой выправки пути с подбивкой при ремонте и текущем содержании пути. Машина включена в состав многих технологических комплексов.

*Общее устройство*. Машина (рис. 10.35) включает две подвижные единицы − базовую машину и постоянно сцепленную с ней через универсальный шарнирный узел полуприцепную платформу *2*, составляющие единицу ССПС. Базовая машина опирается на две тележки: тяговую *15* с приводными колесными парами в рабочем и транспортном режимах и бегунковую *25* с неприводными колесными парами. Платформа опирается на путь колесной парой *28*, которая в транспортном режиме свободно вращается, а в рабочем режиме имеет привод от отдельного гидромотора через осевой редуктор для выборки зазора в шарнирном узле и предотвращения колебаний рихтовочного троса-хорды.

Основное рабочее оборудование машины размещается на спутнике (сателлите) *18*, который при работе машины движется циклически в отличие от машины и платформы. Спутник сзади опирается на путь приводной колесной парой *23*, а спереди связан с рамой *6* машины через горизонтальные направляющие и гидроцилиндр–ускоритель. Привод колесной пары в рабочем режиме также осуществляется гидромотором через осевой редуктор. Колесная пара с указанным цилиндром обеспечивают быстрый разгон и торможение спутника в рабочем цикле.

На спутнике для выполнения технологических операций размещены: ПРУ *19*, во многом конструктивно аналогичное ПРУ машины ВПР-02, два двухшпальных подбивочных блока *22* и дебалансные уплотнители *21*, предназначенные для уплотнения балласта у торцов шпал.

Источником энергии для привода всех механизмов и систем машины является дизельный агрегат *9* мощностью 361 (354) кВт, который связан с силовой передачей (трансмиссией) *16*. Трансмиссия аналогично трансмиссии в машине ВПР-02 в транспортном режиме обеспечивает передачу крутящих моментов на колесные пары тяговой тележки, а в рабочем режиме − привод насосов гидравлической системы рабочих органов, передвижения машины и вспомогательных механизмов.

Машина оснащена четырехточечной КИС рихтовки с измерением положения пути относительно натянутого между передней *14* и задней *29* тележками троса-хорды *17*. Измерения производятся двумя датчиками стрел изгиба, один из которых находится на измерительной тележке *20*, другой − на контрольно-измерительной тележке *26*.

Машина оснащается системой выправки пути в продольном профиле и по уровню. Применена традиционная двухтросовая система измерения, включающая нивелировочные *10* и контрольные устройства *24*, между которыми слева и справа натянуты два троса *8*. Измерения положения пути в продольном профиле производятся измерительным устройством *7*, расположенным на подвижных рамах подбивочных блоков. На передней тележке *14*, измерительном устройстве 7 и на тележке контрольных устройств *24* также установлены маятниковые датчики уровня. Система управления выправкой может быть дополнительно оснащена устройствами корректировки положения пути в плане и продольном профиле по лазерному лучу. С этой целью в комплект машины входит лазерная тележка, а на передней тележке КИС устанавливается лазерная приемная камера *12*.

Функции управления машиной в рабочем и транспортном режимах распределены между кабиной машиниста *5* и кабиной оператора *11*. Аналогично машине ВПР-02 в кабине машиниста имеется рабочее место управления транспортным движением машины по направлению назад и рабочее место управления выправкой и подбивкой, а в кабине оператора одно рабочее место предназначено для управления транспортным движением машины вперед, другое – для управления выправкой.

Для эксплуатации на российских железных дорогах машина оснащена стандартными автосцепками *1*, тормозной системой, устройствами сигнализации и КЛУБ-УП.

*Силовая передача (трансмиссия)*. На машине также применена гидромеханическая силовая передача (рис. 10.36), которая обеспечивает привод в рабочем и транспортном режимах колесных пар тяговой тележки *11*, а в рабочем режиме дополнительно колесных пар *23* сателлита и *25* платформы. Привод производится гидромотором: *22* через редуктор *21* и карданный вал *20*, соединенный с реверсивной передачей *5*, и гидромоторами *1*, *3* через цилиндрические осевые редукторы *2*, *4*. Спаренный насос *10*, вал которого непосредственно соединен с выходным валом дизеля через карданный вал *8*, приводит в действие гидромоторы *1*, *22*. Гидромотор *3* получает питание от рабочей гидросистемы.

Четырехступенчатая реверсивная передача *5* в транспортном режиме передает вращение от вала дизеля *7* через карданные валы *19*, *17*, *16* и *13*, межосевой редуктор *18*, промежуточную опору с валом *14* и конические осевые редукторы *15*, *12* на колесные пары тяговой тележки *11*. В рабочем режиме передача передает вращение валам насосов привода гидросистем машины. Она соединена с контуром, содержащим воздушный маслоохладитель *9*.

На рис. 10.37 представлена общая кинематическая схема реверсивной передачи с гидравлическими контурами управления и охлаждения масла. Передача позволяет переключать 4 диапазона передаточных чисел, плавно регулировать скорость движения машины за счет применения комплексного гидротрансформатора и регулирования подачи топлива дизелю, производить реверсирование в транспортном режиме, передавать крутящий момент на валы насосов при стабильной скорости их вращения в рабочем режиме (производить отбор мощности на насосы).

При работе передачи вращение передается через карданный вал 21 на входной вал передачи с насосным колесом Н гидротрансформатора ТР. Через зубчатую передачу *19*, *20* вал насоса Н4 циркуляции масла через систему охлаждения и управления фрикционными муфтами получает постоянное вращение. Реактивный аппарат Р гидротрансформатора ТР связан с муфтой свободного хода (обгонной муфтой) *18*. Муфта при относительно большом скольжении в начале разгона воспринимает реактивный крутящий момент, действующий на аппарат Р, а затем при достижении 80 % номинальной скорости вращения турбинного колеса Т дает возможность указанному аппарату свободно вращаться в одну строну вместе с другими колесами. Гидротрансформатор переходит в режим работы гидромуфты.

Передача имеет систему блокирования работы гидротрансформатора муфтой сцепления *WK* при достижении турбинным колесом Т скорости вращения 1700 об/мин. Эта муфта напрямую соединяет насосное и турбинное колеса. Включение блокирования происходит также автоматически при работе на третьей и четвертой передачах. Скорость вращения турбинного колеса контролируется импульсным магнитным датчиком *BV2*, взаимодействующим с зубьями колеса, напрямую через передачу *7*–*8* связанного с турбинным колесом Т. При работе передачи зубчатые колеса *5*, *7*, *8* всегда вращаются.

Переключение передач под нагрузкой и реверсирование направления движения производится фрикционными муфтами, включаемыми через гидроцилиндры. Муфты *KV* и *KR* обеспечивают изменение направления движения машины, муфты *B*, *KIII*, *K1/K3* и *K2/K4* переключают передачи и рабочий и транспортный режимы. На каждой передаче включены три муфты и три муфты отключены. Отношение передаточного числа более низкой передачи к передаточному числу последующей равно 1,9. Поэтому за счет применения гидротрансформатора для перекрывания диапазона транспортных скоростей до 90 км/ч достаточно четырех ступеней передач.

Муфты *2*…*4* отключаются только при транспортировке машины на дальние расстояния. При выезде на перегон их разрешается не отключать. При этом должна быть гарантирована разгрузка предохранительных клапанов насосной станции гидросистемы.

Крутящий момент от гидромотора в рабочем режиме напрямую передается через выходной вал передачи от карданного вала *22* на карданный вал *23*.

В рабочем режиме, как отмечалось выше, для привода непрерывного движения базовой машины и платформы используются два гидромотора, один из которых связан с колесными парами тяговой тележки, а другой – с колесной парой платформы. Оба гидромотора включены в гидросистему с закрытой циркуляцией основного потока масла, принципиальная схема которой показана на рис. 10.38.

Основной поток масла подается большой секцией насоса Н1, которая позволяет изменять направление потока масла для движения машины вперед или назад, а также регулировать поток для настройки темпа движения машины и автоматического регулирования скорости в зависимости от положения спутника относительно базовой машины. С насосом напрямую через трубопроводы соединены параллельно упомянутые выше гидромоторы М1 привода тяговой тележки и М2 привода колесной пары платформы. Частота и направление вращения валов гидромоторов полностью определяются подачей и направлением потока масла.

Гидроцилиндры Ц1, Ц2 осуществляют поворот хвостовика насоса для регулирования подачи. В нейтральной позиции распределителя Р1 и сервовентиля Р2 поршневые полости обоих гидроцилиндров соединены между собой. Под действием пружин их штоки устанавливаются в положение, соответствующее нулевой подаче. Машина стоит даже при работе дизеля (см. рис. 10.36). При поступлении сигнала на передвижение распределитель Р1 переключается в рабочую позицию, перекрывая сообщение цилиндров Ц1, Ц2 между собой. Положение их штоков в этом случае будет определяться состоянием включения сервовентиля Р2, через который автоматически отслеживается заданная скорость рабочего движения машины.

Обратные клапаны КО1, КО2 позволяют перепускать масло в бак через предохранительный клапан КП2, отрегулированный на давление 24 бар (примерно, 24 кгс/см2). Давление управления передается от секции Н2 спаренного насоса через дроссель с обратным клапаном ДР1, которым можно настроить плавность регулирования производительности насоса Н1. Секция Н2 забирает масло из бака гидросистемы через всасывающий фильтр Ф1.

При работе секции Н1 одна из линий становится напорной, другая – возвратной. При подаче масла под давлением к гидромотору М1 одновременно переключается распределитель Р3, соединяя возвратную линию с предохранительным клапаном КП6, отрегулированным на давление 20 бар. Подпор в возвратной линии позволяет избежать кавитации. Напорная и возвратная линии гидромотора М2 привода колесной пары платформы соединены между собой предохранительными клапанами КП7, КП8, отрегулированными на давление 180 бар. Предохранительные клапаны в этом случае позволяют ограничить крутящий момент на легко нагруженной колесной паре платформы, а значит, избежать ее буксования.

Предохранительные клапаны КП1, КП2 и КП4, КП5 ограничивают рабочее давление в напорной линии, перепуская при его превышении масло в бак через предохранительный клапан КП2. Обратные клапаны КО3, КО4 держат рабочее давление в напорной линии и позволяют перепустить масло в бак из возвратной линии в случае превышения 24 бар.

Включенное состояние гидросистемы регистрируется реле давления РД1. Давление в системе подпитки и в основной системе контролируется по манометрам МН1, МН2. Переключательный клапан К1 позволяет измерять давление в напорной линии при любом направлении движения машины.

*Подбивочные блоки*. Основными уплотнительными рабочими органами машины являются два двухшпальных подбивочных блока. Схема механизмов привода рычагов подбоек и принцип действия аналогичны машине ВПР-02 (см. рис. 10.26). В отличие от упомянутых блоков они имеют систему принудительной смазки шарнирных узлов с приводом от специального лубрикатора.

В конструкции блока применен составной эксцентриковый вал *11*, который получает вращение от гидромотора *2* через зубчато-ременную передачу (рис. 10.39). Передача содержит шкивы: ведущий *17*, соединенный с валом гидромотора, и ведомый *14*, установленный на эксцентриковом валу. Шкивы между собой соединены зубчатым ремнем *15*. Шкив *17* опирается через подшипниковый узел *18* на опору *19*, установленную на кронштейне *3* и соединенную с ним дополнительно через механизм регулировки натяжения ремня. Ременная передача дополнительно служит амортизатором и демпфером крутильных динамических нагрузок между эксцентриковым валом и валом гидромотора.

Части эксцентрикового вала *11* устанавливаются на коренных подшипниковых опорах *4*, *7*. Опоры *4* устанавливаются на специальных опорных кронштейнах *13* станины *9*, а опоры *7* – на самой станине. Валы между собой соединены узлом, состоящим из двух полумуфт *10*, соединенных с частями вала шпонками и торцевыми шайбами. Полумуфты соединяются друг с другом муфтой *8* через шлицевые соединения. При таком конструктивном исполнении узла установки эксцентрикового вала по сравнению с консольным расположением подшипниковых узлов обойм гидроцилиндров уменьшаются изгибающие моменты, действующие на него, соответственно уменьшаются и знакопеременные изгибные напряжения. Увеличивается усталостная прочность вала.

На рис. 10.40 показана принципиальная схема гидросистемы привода рычагов подбоек. Наружные подбойки приводятся в движение цилиндрами Ц5…Ц8, внутренние подбойки цилиндрами Ц9…Ц12. Гидроцилиндры привода рычагов наружных подбоек могут также оснащаться дополнительными гидроцилиндрами Ц1…Ц4 для ограничения раскрытия этих подбоек, которые устанавливаются на гидроцилиндрах привода рычагов наружных подбоек.

Для более рационального распределения усилий, развиваемых гидроцилиндрами при работе, масло под давлением подается из трех гидросистем: двух рабочих с давлениями 175 и 150 бар, а также из системы противодавления 35 бар.

В исходном состоянии механизмов привода рычагов подбоек масло под давлением через распределитель Р4 поступает в штоковые полости цилиндров Ц5…Ц8. Их поршневые полости через обратный клапан КО1 и распределитель Р2 соединены с баком. Штоки гидроцилиндров втянуты, поршни давлением прижаты к дну. Вибрации без потери амплитуды жестко передаются на рычаги наружных подбоек. Одновременно поршневые полости цилиндров Ц9…Ц12 постоянно соединены с системой противодавления, включающей в себя также гидропневмоаккумуляторы АК1, АК2. Их штоковые полости соединены с баком. Штоки выдвинуты, поршни давлением прижаты к крышкам корпусов. Вибрации также без потери амплитуды передаются на рычаги внутренних подбоек.

После заглубления подбоек в балласт и подачи сигнала на его обжим распределитель Р1 включается в рабочую позицию. Цилиндры Ц5…Ц8 включаются по дифференциальной схеме. Их штоки выдвигаются, рычаги поворачиваются, подбойки обжимают балласт. Время обжима балласта определяется настройкой реле времени. Усилие обжима ограничивается давлением перекрытия редукционного клапана КР1. Величину этого давления можно плавно и оперативно регулировать с помощью дополнительного подпорного клапана КП1 с пропорциональным электроуправлением.

Как видно из схемы, имеется возможность останавливать обжим балласта при включении распределителя Р4 в рабочую позицию, перекрывая выход масла из штоковых полостей рассматриваемых цилиндров.

При включении гидрораспределителя Р2 в рабочую позицию масло под давлением подается в штоковые полости цилиндров Ц9…Ц12 привода рычагов внутренних подбоек. Рабочее давление в несколько раз превышает противодавление, поэтому штоки цилиндров втягиваются − внутренние подбойки обжимают балласт.

После прекращения сигнала на обжим балласта распределители переключаются в нейтральные позиции. Штоки гидроцилиндров возвращаются в исходные положения. Аккумуляторы АК1 и АК2 способствуют более быстрому раскрытию внутренних подбоек, т.к. масло из них быстро выжимается.

Если возникает необходимость ограничить раскрытие наружных подбоек, то включаются распределители Р3 и/или Р6, которые запирают поршневые полости цилиндров Ц1…Ц4. Втягивание штоков гидроцилиндров Ц5…Ц8 ограничивается.

Гидросистема привода вертикального перемещения подбивочного блока аналогична системе машины ВПР-02.

ПРУ и виброплиты для уплотнения балласта у торцов шпал аналогичны.

*Контрольно-измерительная система выправки пути*. При работе машины 09-32 *CSM* опорная базовая часть КИС выправки перемещается непрерывно вместе с машиной, а измерительные устройства на спутнике совершают циклические движения относительно базовых частей. Это приводит к необходимости вводит в систему управления дополнительные корректировки, учитывающие относительное положение спутника и машины.

Нивелировочная система машины (рис. 10.41) содержит измерительную базу продольного профиля по правому и левому рельсам в виде двух тросов-хорд *24*, *25*, подвешенных передними концами на нивелировочных устройствах *3*, *26*, а задними концами − на контрольных устройствах *11*, *14*. Передние концы тросов закреплены непосредственно на нивелировочных устройствах. Измерения положения пути в продольном профиле производятся датчиками *16*, *17*. Датчики закреплены на измерительном устройстве, которое монтируется на рамах подбивочных блоков.

Система управления положением пути по уровню включает три маятниковых датчика: передний *27*, установленный на передней тележке *1*, измерительный *19*, установленный на маятниковом мосту *18* измерительного устройства, и *13*, установленный на тележке контрольных устройств *11*, *14*. Первый из них вырабатывает сигнал положения пути по уровню до выправки, второй – в рабочей зоне, третий – после выправки.

Текущее положение спутника относительно машины преобразуется в электрический сигнал датчика *5*.

Рассмотрим принцип функционирования системы выправки пути в продольном профиле по одной рельсовой нити (рис. 10.42). Условно пренебрегаем действием корректировочной хорды, считая, что передняя точка 1 опирается на путь.

Традиционно на машинах ВПР для реализации выправочной подъемки пути передний конец троса поднимается относительно нулевой отметки на величину *H*1 = *h*в (*h*в – выправочная подъемка). Во время работы в установившемся режиме трос-хорда фактически занимает положение *1*. Поэтому виртуальное смещение переднего конца *H*1 должно быть трансформировано в эквивалентное смещение *нуля* управления ПРУ. Это означает, что должно отслеживаться положение ПРУ по виртуальной хорде *2*, расположенной параллельно уровню продольного профиля пути. Процесс выправки осуществляется при остановленном спутнике, поэтому, если начальное относительное положение спутника соответствует точке 2 деления хорды на отрезки *a* и *b*, в котором начальная корректировка должна быть *h*2н, то после смещения спутника на величину *d* относительно машины (если придерживаться принципа обратимости движения) корректировка примет значение *h*2. Считая это смещение *нуля* управления текущим, его можно выразить:

 (8.36)

где *n*п1, *n*п2 – постоянные для данной системы продольного профиля коэффициенты.

Таким образом, для того чтобы отслеживать виртуальное положение хорды с учетом позиционирования спутника относительно машины, можно задавать виртуальный подъем переднего конца хорды задатчиком и преобразовывать этот сигнал с учетом сигнала датчика относительного положения спутника и машины. Иначе говоря, имеется возможность задавать сигналы, эквивалентные смещениям передних концов хорд.

После выбора базового рельса можно задать общую подъемку *h*в, а также превышение, отслеживаемое через передний маятниковый датчик *27* (. Система по указанным зависимостям трансформирует этот передний ввод в сдвиг «нуля» управления. Это отражает первую особенность нивелировочной системы.

Другая особенность нивелировочной системы – ввод корректировки положения пути по уровню в точке выправки по показаниям маятникового датчика *13*, сигнал которого отражает положение пути по уровню после выправки. В процессе работы машины, когда точка выправки уже «ушла» из некоторого поперечного сечения пути, в нем могут появиться осадки одной из рельсовых нитей. Система позволяет произвести «упреждающее повышение» отметки *нуля* управления по рельсовой нити, положение которой по уровню относительно датчика *13* лежит ниже. Для этого сравниваются два сигнала: маятникового датчика *19* и маятникового датчика *13*. Последний датчик считается базовым для определения разности уровней.

Пусть, например, для рельсовой нити *3* в начальной точке 2 позиционирования спутника зафиксирована начальная осадка *h*он. В начальной точке эта осадка преобразовывается в «добавку» сдвига *нуля* управления. По мере позиционирования стоящего спутника при движении машины вперед эта поправка должна уменьшаться в пропорции сокращения расстояния между текущим положением точки 2’ и задней точкой 3. Теоретически, если указанные точки совпадут, то, чтобы «избежать излома рельса под углом 90°»,положения по уровню должны совпасть. Поэтому текущее значение поправки на осадку рельса:

(8.37)

где *K*пр – коэффициент ввода упреждающей поправки на осадку. Учитывая, что оседать может и базовая, и небазовая рельсовые нити, машинист может выбирать в пределах от 0 до 100% уровень ввода поправок; *n*о = 1/*a* − постоянный коэффициент.

Машина 09-32 *CSM* имеет однохордовую систему выправки пути в плане. Система позволяет в зависимости от режима работы измерять положения пути по четырем или трем точкам (рис. 10.43). Инструкцией по эксплуатации машины рекомендуется выбирать измерение по четырем точкам при рихтовке методом сглаживания и по трем точкам при использовании методов фиксированных точек или при работе по лазерному лучу. В первом случае предпочтение отдается более высокому коэффициенту сглаживания, во втором *–* более простой схеме измерений с меньшими погрешностями. Поскольку точка выправки 2 при работе перемещается относительно базовой части системы измерения назад (используя принцип обращения движения), то изменяется и фактический коэффициент сглаживания системы. Для трехточечной системы (см. рис. 10.43, *а*) коэффициент сглаживания:

 (8.38)

где *b*, *c* – плечи измерительной хорды; *d* – текущее смещение спутника относительно начальной точки на машине.

Формула показывает, что коэффициент сглаживания при работе трехточечным методом в начальной точке принимает максимальное значение, а по мере продвижения машины вдоль пути увеличивается.

Для работы системы в режиме измерений по четырем точкам коэффициент сглаживания:

 (8.39)

Коэффициент сглаживания в начальной точке положения спутника принимает минимальное значение, а затем увеличивается по нелинейной зависимости.

В процессе работы системы должна отслеживаться контрольная стрела изгиба *h*3 установкой положения пути в точке выправки через соотношение с коэффициентом:

 (8.40)

После преобразований:

 (8.41)

Последнее выражение показывает: для того, чтобы система автоматически ставила путь в прямой и круговой кривой на проектную ось, необходимо отслеживать постоянную составляющую *K*с, которая не зависит от относительного положения спутника и базовой части системы, а также переменную составляющую *K*м, зависящую нелинейно от параметра *d* относительного положения спутника. Такие зависимости реализуются электронными схемами статических преобразователей или программно с использованием ЭВМ.

Система позволяет рихтовать путь на прямых участках без излома профиля за счет корректировки положения передней точки по вертикальной составляющей лазерного луча. Передний конец рихтовочного троса закреплен на передней концевой тележке без возможности его физического сдвига. Корректировка осуществляется по показаниям лазерной приемной камеры, установленной на тележке. В камере группой фотоэлементов измеряется смещение тележки на неровности относительно оптической оси лазерного луча *H*н, которое преобразовывается в сдвиг *нуля* управления *h*2 точки выправки 2. Этот сдвиг должен соответствовать постановке оси пути на прямую по визирной оси. Исходя из подобия образующихся треугольников, он будет равен:

 (8.42)

где *r*1, *r*2 – коэффициенты преобразования исходного отклонения оси пути на неровности в смещение *нуля* управления в точке выправки.

Это смещение является результатом сложения составляющих, одна из которых соответствует преобразованию сигнала переднего ввода при начальном положении спутника, а другая *–* преобразованию сигнала переднего ввода с учетом текущего положения спутника относительно машины.

Машины 09-32 CSM, начиная с 2002 г. выпуска, оснащаются отечественной автоматизированной системой выправки железнодорожного пути «Навигатор» и системой управления «КОМПАС-4».

*Рабочий цикл машины*. Определим длину размаха *L*рс, м спутника в его движении относительно базовой машины. Если смотреть из кабины машиниста (относительное движение), то спутник, совершая в течение времени рабочего цикла *T*ц, с возвратно-поступательное движение, проходит путь 2 *L*рс. При движении спутника вперед его относительная средняя скорость составит , м/с (, *V*м абсолютные (относительно пути) средние скорости движения машины и спутника, м/с), а при движении назад относительная скорость *V*нс = *V*м (спутник стоит и выполняет технологические операции, машина продолжает движение). Выразим относительный путь спутника, м:

 (8.43)

где *t*лс, *t*сс – время движения и стоянки спутника в течение рабочего цикла, с.

Учитывая, что  – длина участка пути, обрабатываемого за один цикл (*n*шп – количество обрабатываемых за цикл шпал, *L*эп – расстояние между осями шпал по эпюре, м), а также, что *t*сс = *T*ц – *t*лс, получим выражение для размаха спутника в его движении относительно базовой машины, м:

 (8.44)

Производительность машины, Пт шп/ч определяется по формуле (10.34), так как спутник в течение рабочего цикла *T*ц, с передвигается аналогично машине циклического действия. Поэтому скорость движения базовой машины, м/с: , м/с.

С другой стороны, в относительном движении спутник должен проходить одинаковые расстояния вперед и назад. Поэтому в относительном движении . После подстановок и преобразований, абсолютная средняя скорость движения (без учета времени разгона и торможения спутника)  и абсолютная скорость движения машины *V*м связаны соотношением:

 (8.45)

Учитывая разгон и торможение, при условии постоянства ускорений, постоянная абсолютная скорость движения спутника, м/с:

 (8.46)

где *t*пс, *t*рс, *t*тс – время движения с постоянной скоростью, время разгона и торможения спутника, с.

Время разгона и торможения определяется в результате анализа уравнений динамики разгона и торможения спутника с учетом сопротивлений движению. Для более точного позиционирования спутника относительно шпал оно должно быть минимальным.

Длина размаха спутника *L*рс учитывается при выборе длины проема в раме машины под установку спутника, при расчетах скорости движения спутника с учетом его разгона и торможения, параметров привода передвижения и тормозов, при составлении циклограмм для расчетов работы машины в автоматическом режиме и т.д. В режиме дистанционного позиционирования машинист, наблюдая за процессом, согласует скорость движения машины и размах спутника вручную. При автоматическом позиционировании остановка спутника производится по сигналам датчиков, реагирующих на рельсовые скрепления.

**8.5. Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина UNIMAT COMPACT 08-275/3*S*-16**

Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина *Unimat Compact* 08-275/3*S*-16 является универсальной машиной для работы на стрелочных переводах, пересечениях и на пути. Она выпускается серийно в ОАО Калужский завод «Ремпутьмаш» совместно с фирмой *Plasser & Theurer* (Австрия).

*Общее устройство*. Машина относится к ССПС и состоит из базовой машины и полуприцепной одноосной платформы *1*.

Рама машины опирается на тяговую *11* и бегунковую *20* двухосные ходовые тележки. Тяговая тележка имеет приводные колесные пары. Силовая передача и привод колесных пар аналогичен машине *Plasser Duomatic* 09-32 *CSM*. Машина имеет кабины управления: кабину оператора *7*, рабочую кабину *14* и кабину машиниста *4*. Рабочие места управления выправкой и подбивкой пути располагаются в кабине оператора и рабочей кабине.

Рабочее оборудование машины включает два одношпальными подбивочных блока *18* с двумя рядами откидывающихся подбоек, установленных на подвижных рамах. Блоки с рамами могут смещаться поперек оси пути, а также поворачиваться на небольшой угол в плане благодаря специальной конструкции подвески. Это позволяет лучше ориентировать блоки относительно брусьев стрелочного перевода. Уплотнение балласта у торцов шпал осуществляется двумя виброплитами *19* дебалансного типа.

Вывешивание путевой решетки при работе на пути производится ПРУ *16*, оснащенным крюковыми и роликовыми клещевыми захватами. Для работы на стрелочном переводе в его широкой части применяются два консольных телескопических крана *5* и захватные траверсы *15*. Обычно в работе участвует один кран, находящийся со стороны рамного рельса перевода. Это позволяет снизить нагрузки на ПРУ и скрепления перевода, сделать более точную установку по уровню. Привод рабочего оборудования машины гидравлический.

Машина оснащена рихтовочной и нивелировочной КИС. Рихтовочная КИС содержит переднюю измерительную тележку *9* с датчиком пути *10*, нивелировочно-рихтовочное измерительное устройство *17*, контрольно-измерительную тележку *21* и заднюю тележку *23*. Между передней и задней тележками натягивается измерительный трос-хорда *13*. Нивелировочная система двухтросовая, традиционная для этого класса машин.

Полуприцепная платформа позволяет удлинить измерительную базу рихтовочной КИС, в бортовом кузове *2* перевозить путевые материалы и инструмент, обеспечить дополнительный запас топлива в баке *3*. Платформа соединена с базовой машиной через сферический шарнирный узел и опирается на путь колесной парой *22*.

Машина, как единица ССПС, оснащается стандартными автосцепками *8*, тормозной рычажной передачей с пневматическим приводом, осветительными и сигнальными устройствами, системой КЛУБ УП.

*Подбивочные блоки* машины по своему конструктивному исполнению аналогичны блокам машины ВПРС-03 (см. рис.10.48). Их отличительная особенность – во время работы на стрелочном переводе положение подбивочных блоков относительно корпуса машины может изменяться с помощью специального механизма подвески, который монтируется в верхней части поперечных балок подвески блоков. Блоки перемещаются независимо в поперечном и вертикальном направлении относительно рамы машины при помощи гидроцилиндров, обеспечивая охват подбивочными блоком требуемой зоны стрелочного перевода.

Принципиальная гидравлическая схема приводов гидроцилиндров; Ц1 – вертикального перемещения подбивочного блока, Ц2 – Ц5 привода рычагов подбоек и Ц6 – Ц9 привода откидывания подбоек показана на рис. 10.45. Масло от рабочей гидросистемы постоянно подается в штоковые полости цилиндров Ц2 – Ц5, обеспечивая раскрытие подбоек и стабилизацию амплитуды их колебаний при заглублении. Через распределитель Р2 масло подается в поршневые полости, включая указанные цилиндры по дифференциальной схеме. Усилие обжима балласта ограничивается настройкой по давлению редукционного клапана КР1, как было описано для других машин.

Подбойки внешнего ряда поворачиваются гидроцилиндрами Ц6, Ц9. Они управляются одновременно и имеют только два положения – откинутое в сторону и положение, соответствующее фиксации рядом со смежной подбойкой внутреннего ряда. Подбойки внутреннего ряда поворачиваются в поперечном направлении цилиндрами Ц7, Ц8. Они управляются через распределители Р4, Р5 независимо друг от друга. Распределители совместно с гидрозамками ЗМ1, ЗМ2 обеспечивают фиксацию положения подбойки внутреннего ряда а вместе с ней, если необходимо, также подбоек внешнего ряда.

Управление гидроцилиндром Ц1 производится через сервовентиль Р1, обеспечивающий заданные режимы вертикального перемещения подбивочного блока.

*Устройства: подъемно-рихтовочное и подъема стрелочного перевода за третий рельс*. Универсальное ПРУ машины может использоваться при работе на пути и стрелочном переводе с использованием дополнительно одной из телескопических крановых установок.

ПРУ включает раму, состоящую из продольной *8* и поперечной *10* сварных балок, соединенных между собой через шарнирный узел *13* и регулировочные растяжки *14* (рис. 10.46). В задней части балка *8* соединена с рамой машины через ползун *7* и направляющую. Гидроцилиндром *6* ПРУ имеет возможность смещаться в продольном направлении для маневрирования относительно шпальных ящиков при работе крюками *11* с захватом под подошву рельса. Гидроцилиндры *4*, соединенные шарнирно корпусными частями с рамой рабочей кабины, а штоками с балкой *8* используются при рихтовке пути. Гидроцилиндры *1* обеспечивают вывешивание пути. В верхних частях они шарнирно прикреплены к раме машины, а штоками – к поперечной балке *10*.

Захват рельсов за головки в режиме «Путь» производится роликовыми захватами, состоящими из горизонтальных (тарельчатых) роликов с ребордами *12*, рычагов *17* и гидроцилиндров *18*. В режиме «Стрелки» рельсы зажимаются крюковыми захватами *11* и роликами с ребордами *9*. Более надежно рельс удерживается при захвате крюком под подошву. При избытке балласта возможен захват под головку. В вертикальном направлении захват перемещается гидроцилиндром *3*. Захват с гидроцилиндром закреплен на каретке *2*, которая может перемещаться поперек пути по направляющим 15 гидроцилиндром *16*.

Машина имеет систему вывешивания стрелочного перевода за три точки. Подъем стрелочного перевода за третий рельс производится краном с телескопической стрелой при помощи тросовой подвески с захватной траверсой. Траверса при работе контактирует с рамным рельсом через два двухребордчатых ролика и роликовый захват. В систему подъема третьего рельса входит телескопическая тяга *7*, которая через универсальные шарниры одним концом соединена с рамой машины, а другим концом – с траверсой, обеспечивая позиционирование подвести при вывешивании стрелочного перевода.

На машине устанавливается контрольно-измерительная система, аналогичная применяемой на машинах *Plasser Duomatic* 09-32 *CSM*.

**8.6. Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина для**

**пути и стрелочных переводов ВПРС-03**

На замену устаревшим машинам ВПРС-500 и ВПРС-02 ОАО «Кировский машиностроительный завод имени 1 мая» выпускает универсальную выправочно-подбивочно-рихтовочную машину ВПРС-03.

*Общее устройство*. Машина является сочлененной единицей ССПС, состоящей из базовой машины и одноосной платформы, которые между собой соединены через универсальный шарнирный узел. Экипажная часть базовой машины включает в себя сварную раму *2*, которая опирается на двухосные типовые тележки: тяговую *8* и бегунковую *16*. Энергетические потребности машины обеспечивает дизельный агрегат *3*, который через гидромеханическую силовую передачу *9* в рабочем режиме передает вращение насосам гидросистемы, а в транспортном режиме – колесным парам тяговой тележки. Экипажная часть платформы состоит из рамы *22*, опирающейся на колесную пару *23*. На платформе имеется дополнительный топливный бак *18* и бортовой кузов *20* для перевозки путевых материалов и инструмента. Как единица ССПС машина оснащена стандартными автосцепками *6*, тормозной системой, сигнальными устройствами и системой КЛУБ-УП.

Управление машиной в рабочем режиме производится из кабины оператора *5* и из рабочей кабины *12*. При транспортировке машины своим ходом управление движением производится из кабины оператора *5* или из кабины машиниста *1*.

Для уплотнения балластного слоя в зоне под подошвами шпал используются два универсальных одношпальных подбивочных блока *15*. Блоки устанавливаются на подвижных рамах, имеющих вертикальные направляющие колонны. При работе в кривых участках пути или на стрелочном переводе блоки вместе с рамами могут смещаться в поперечном направлении для установки над осью рельса.

Для постановки РШР или стрелочного перевода в проектное положение при выправке пути используется ПРУ *13* с крюковыми и роликовыми захватами. При работе на стрелочном переводе в работу включается одно из дополнительных подъемных устройств *10*, обеспечивающих вывешивание перевода за три точки.

Уплотнение балласта у торцов шпал производится виброплитами *22*, которые располагаются на платформе и полностью унифицированы с аналогичными устройствами машины ВПР-02М.

Рихтовочная КИС машины включает трос-хорду *11*, переднюю *7*, контрольно-измерительную *17* и заднюю *24* тележки, а также нивелировочно-рихтовочное измерительное устройство *14*. Машина оснащается типовой двуххордовой нивелировочной КИС *4*. Система выправки унифицирована с машиной ВПР-02М.

*Подбивочные блоки*. Универсальный подбивочный блок машины (рис. 10.48) в качестве базовой сборочной единицы имеет станину *5*, которая отверстиями *1* устанавливается на направляющих колоннах подвижной рамы. Через резьбовое отверстие *2* блок соединяется со штоком гидроцилиндра его вертикального перемещения. Аналогичную систему вертикального перемещения блока содержат все машины класса ВПР.

Блок имеет эксцентриковый механизм вибрации, который установлен на коренных подшипниках в станине, имеет маховиками *4* и упругую муфту, соединяющую вал с аксиально-поршневым гидромотором *12*. Привод подачи подбоек (внешнего ряда *10* и внутреннего ряда *11*) включает шатунные гидроцилиндры *16*, которые своими проушинами корпусов соединены с шатунными подшипниками эксцентрикового вала, а проушинами штоков – с рычагами *6* подбоек. При вращении эксцентрикового вала вибрации через цилиндры *16* передаются на концы рычагов подбоек. Выдвижением или втягиванием штоков цилиндров относительно их среднего положения производится обжим балласта подбойками под средней шпалой и двумя соседними шпалами.

При работе подбивочного блока на стрелочном переводе требуется манипулировать угловым положением подбоек, поэтому рычаги в нижней части через шарниры *9* соединены с поворотными кронштейнами *7*, *8* подбоек наружного *10* и внутреннего рядов *11*. Подбойки наружного ряда поворачиваются в поперечном направлении гидроцилиндрами *14*, а подбойки внутреннего ряда – гидроцилиндрами *13*. Для полного вывода (откидывания) подбойки из рабочей зоны она может поворачиваться на угол 85º, а также поворачиваться к шпале на угол 15º.

Подбивочный блок имеет централизованную систему смазки с баком *15*. В транспортном положении он фиксируется через проушину *3* с отверстием.

Гидроцилиндры Ц2 … Ц5 (рис. 10.49) привода рычагов подбоек имеют внешний поршень со штоком и внутренний поршень. Внутри корпуса цилиндра сделан упор для внутреннего и внешнего поршня. Масло от рабочей гидросистемы, пройдя редукционный клапан КР1, имеет стабилизированное давление 12 МПа, которое в нейтральной позиции распределителя Р4 поступает в поршневые полости внутренних поршней. Внутренние поршни прижимаются к упорам и ограничивают полное втягивание штоков цилиндров вследствие постоянно подаваемого в штоковые полости давления 12 МПа. В промежуточные поршневые полости цилиндров подается сниженное редукционным клапаном КР2 до 2,5 МПа давление. Подбойки фиксируются в среднем положении. Подбивочный блок опускается гидроцилиндром Ц1 и подбойки внедряются в балласт.

После их заглубления сначала производится подача балласта под шпалу *2*. Для этого распределитель Р3 включается в рабочую позицию, при которой средние поршневые полости подключаются к линии давления 12 МПа. Внешние поршни подключаются по дифференциальной схеме. Штоки выдвигаются, балласт под шпалой 2 обжимается. Для обжима балласта под шпалами *2* и *3* распределитель Р3 снова включается в нейтральную позицию, а распределитель Р4 – в рабочую. Масло под сниженным давлением 2,5 МПа поступает в среднюю и внутреннюю поршневые полости. Под действием повышенного давления в штоковых полостях штоки втягиваются до прижима внутренних поршней к дну цилиндров.

После завершения обжима распределитель Р4 переводится в нейтральную позицию. Давление 12 МПа снова передается во внутренние поршневые полости цилиндров, прижимая внутренние поршни к упорам. Подбойки возвращаются в среднее фиксированное положение. Гидроаккумулятор АК1 способствует более быстрому движению подбоек к среднему положению.

Вертикальное перемещение подбивочного блока производится двухскоростной системой, состоящей из гидроцилиндра Ц1, сервовентиля Р1 и распределителя Р2. При опускании блока с повышенной скоростью из верхнего рабочего положения сервовентиль Р1 и распределитель Р2 включаются в позиции, показанные справа. Гидроцилиндр Ц1 включается по дифференциальной схеме с ускоренным ходом штока. При приближении подбоек к поверхности балласта Р2 снова переводится в нейтральную позицию, соединяя штоковую полость цилиндра с баком через сервовентиль. Скорость перемещения блока при заглублении снижается, но увеличивается вертикальное усилие. Для подъема блока сервовентиль Р1 включается в позицию слива, соединяя штоковую полость с напорной линией, а поршневую – со сливной. Необходимые режимы позиционирования, ускорения и замедления блока реализуются путем изменения тока в обмотках сервовентиля.

Привод вибрации осуществляется от гидромотора М1, напрямую подключенного к соответствующему насосу.

*Устройства: подъемно-рихтовочное и подъема стрелочного перевода за третий рельс*. Машина оснащается универсальным подъемно-рихтовочным устройством (рис. 10.50). Устройство включает сварную раму *15*, которая соединяется с основной рамой машины *1* подъемными гидравлическими цилиндрами *3* через шарнирные соединения *2*. Путевая решетка этими гидроцилиндрами вывешивается на необходимую высоту и устанавливается по уровню. При работе рама *15* опирается на рельсы через ролики *9*, имеющие реборды. Рама спереди через амортизаторы *6*, два гидроцилиндра *5* и кронштейн *4* связана с основной рамой машины. Гидроцилиндры позволяют осуществлять продольное смещение ПРУ при работе для лучшей ориентации относительно элементов конструкции пути.

Рама через гидроцилиндры *10* и шарнирные соединения связана с хребтовой балкой *20*. Этими гидроцилиндрами осуществляется сдвиг пути в плане при рихтовке.

В режиме «Путь» для захвата РШР за головки рельсов включаются роликовые захваты, состоящие из ребордчатых горизонтальных роликов *17*, рычагов *18* и гидроцилиндров *19*. Захват головки рельса обеспечивается зажимом между роликами *9* и *17*. В режиме «Стрелки» во многих местах перевода захват за головку рельсов роликами невозможен. В этом случае используются крюковые захваты *8*. Захват может быть помещен либо под головку, либо под подошву. Вертикальное перемещение крюковых захватов осуществляется гидроцилиндрами *13*, которые своими корпусами соединены с ними через кронштейны, а штоками – с выдвижными каретками *7*. Каретки *7* в поперечном направлении смещаются соединенными с ними через штоки гидроцилиндрами *16*. Согласованными движениями в вертикальном и горизонтальном направлениях крюки позиционируются относительно рельса и захватывают его.

В транспортном положении ПРУ фиксируется стопорами *12* с приводом от пневматических цилиндров *11*.

Устройство для подъема стрелочного перевода за третий рельс, кинематическая схема которого показана на рис. 10.51, подвешивается на раме *1* машины через вертикальную поворотную колонну *2*, которая в нижней части неподвижно соединена с опорным кронштейном *23*. С кронштейном *23* через горизонтальные шарниры *24* соединена укосина *5*, которая может поворачиваться в вертикальной плоскости на небольшой угол с помощью гидроцилиндра *3*, соединенного с ней горизонтальными шарнирами *4*.

Внутри укосины в направляющих размещается телескопическая балка *22*. Она дополнительно опирается на направляющий ролик *21*. В верхней части укосины располагается выдвижной гидроцилиндр *7*, который своим корпусом соединен с ней через горизонтальные шарниры *6*, а штоком через шарнир *8* – с выдвижной балкой *22*. На конце телескопической балки *22* через вертикальную ось *11* закрепляется поворотная головка устройства. Головка имеет основание *12* в виде консольной сварной балки. В направляющих балки *12* устанавливается опора *14*, которая соединена со штоком подъемного гидроцилиндра *9*. Гидроцилиндр *9* через горизонтальные шарниры *10* соединен с балкой *12*.

При работе устройства опора через плиты *15* и анкеры *16* устанавливается на балласт шпального ящика. Шарниры *10* в этом случае компенсируют перекосы, связанные с неровностями поверхности балласта, а анкеры предотвращают соскальзывание опоры. Для лучшей фиксации и прилегания опоры к поверхности балласта на ней установлен дебалансный вибровозбудитель с приводом от гидромотора (на рисунке не показан).

Рельс захватывается за головку системой, включающей два горизонтальных ролика с ребордами *18* и два роликовых захвата. Роликовый захват состоит из горизонтального тарельчатого ролика *17*, рычага *19* и гидроцилиндра привода *20*.

Во время работы согласованными движениями поворота устройства вокруг колонны *2*, поворота головки *12*, выдвижения телескопической балки *22* и опускания укосины *5* гидроцилиндрами *7*, *3* устройство роликами *18* устанавливается на рельс. Роликовыми захватами рельс фиксируется. Затем гидроцилиндром *9* опускается опора и после контакта с балластом в шпальном ящике третий рельс стрелочного перевода вывешивается. Вывешивание третьего рельса согласовано с работой подъемного гидроцилиндра ПРУ, находящегося со стороны устройства.

В 2007 году изготовлена и осваивается машина ВПРС-05, на которой в качестве дополнительного рабочего оборудования установлен блок динамической стабилизации стрелочного перевода.

**8.7. Подбивочно-выправочная машина-автомат ПМА-1**\*

Подбивочно-выправочная машина-автомат ПМА-1 (рис. 10.52). имеет непрерывно-циклический принцип подбивки, аналогичный применяемому в машине Plasser Duomatic 09-32 CSM. Компоновка основных составных частей в целом традиционна для машин класса ВПР. Однако сателлит *15* подвешен на продольных направляющих рамы *2* и соединен с ней гидроцилиндром продольного перемещения.

Сателлит представляет собой подвижную раму *15* (рис. 10.53), установленную на роликовых опорах *4* с ребордами на направляющих *8*.Снизу также имеются дополнительные поддерживающие роликовые опоры *11*, предотвращающие сход рамы с направляющих. Рама перемещается в продольном направлении гидроцилиндром *5*. На раме размещены два двухшпальных подбивочных блока *16*, которые перемещаются по направляющим колоннам *12* гидроцилиндром *6*. Положение блоков регистрируется датчиками *12*. В транспортном положении блоки фиксируются упорами *14*. Направляющие *8* установлены на мосту *10*, который через цилиндрические направляющие *3* закреплен на раме машины *7*. При работе машины в кривой для ориентации блоков по оси пути мост может перемещаться в поперечном направлении гидроцилиндрами *2*. В транспортном положении мост фиксируется упорами *7*, а сателлит – упором *9*.

Привод гидроцилиндра Ц1 продольного перемещения сателлита производится от рабочей гидросистемы машины (рис. 10.54) [24]. Рабочая гидросистема имеет систему автоматического поддержания давления в заданных пределах (до 14 МПа). Система включает в себя предохранительный клапан КП1, управляемый через трубопровод обратной связи давлением в гидропневмоаккумуляторах АК1, АК2, и обратный клапан КО2, предотвращающий падение давления в моменты разгрузки насосов Н1, Н2. Включение системы в начале работы и отключение в конце производится распределителем Р1.

При работе шток гидроцилиндра Ц1 совершает возвратно-поступательные движения. Часть рабочего цикла он движется принудительно вперед, чтобы подбивочные блоки подбойками ориентировались над шпальными ящиками, а часть цикла перемещается назад в плавающем режиме, когда подбойки находятся в балласте, и подбивочные блоки с сателлитом зафиксированы относительно РШР.

Управление принудительным перемещением штока цилиндра Ц1 производится через сервовентиль Р2. В начале цикла производится ускоренное движение штока вперед с постепенным замедлением, начиная с середины хода. Для этого Р2 включается в позицию, показанную сверху, и уменьшается раскрытие золотника к концу прямого хода. При соответствующем позиционировании относительно шпал подбивочные блоки быстро опускаются, а гидроцилиндр Ц1 переводится в плавающий режим работы путем включения в рабочую позицию распределителя Р3. Шток вместе с движением машины втягивается, масло из поршневой полости цилиндра через Р3 выжимается в сливную линию, а обратный клапан КО4 обеспечивает соответствующий подсос из этой линии. После завершения обжима балласта подбойками блоки поднимаются, и операции цикла повторяются.

Управление обратным движением штока может также производиться с помощью включения сервовентиля Р2 в позицию, показанную снизу. При этом имеется принципиальная возможность регулировать скорость обратного хода сателлита. Обратный ход также можно включить при рабочей позиции распределителя Р4. В этом случае масло в штоковую полость подается под давлением, соответствующим давлению перекрытия редукционного клапана КР1. Для выхода масла в сливную линию включается распределитель Р3.

Давление в рабочих полостях указанного цилиндра ограничено настройкой предохранительных клапанов КП3, КП4. Регулировка давления позволяет более гибко настроить режимы разгона и торможения сателлита. Кроме того, ограничение давления в полостях гидроцилиндра уменьшает вероятность повреждений подбивочного блока, его направляющих колонн и шпал при возникновении аварийных ситуаций, связанных с возможными сбоями в системах автоматики.

По данным заводских испытаний машина развивает производительность без потери качества уплотнения 2400-3000 шп/ч. Машины ПМА-1 оборудуются автоматизированной системой управления выправкой пути «Навигатор» НИЦ «Путеец» и приборами безопасности КЛУБ УП. Все машины оснащаются необходимыми устройствами и системами, позволяющими им без ограничений эксплуатироваться на сети ОАО «РЖД».

**8.9. Выправочно-подбивочно-отделочная машина**

**непрерывного действия**

*8.9.1. Выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПО-3-3000С*

Машина ВПО-3-3000С, выпускаемая ЗАО «Тулажелдормаш», предназначена для выполнения комплекса заключительных работ технологических процессов ремонта и строительства пути. Основными операциями машины являются выправка пути в продольном профиле, по уровню и в плане и уплотнение балластной призмы по всему ее объему (в подшпальной, откосно-плечевой и междупутной зонах). Вместе с основными технологическими операциями могут выполняться также дозировочно-планировочные работы, динамическая стабилизация балластного слоя, очистка шпал и рельсов от излишков балласта после прохода машины. Машина применяется при усиленном капитальном, капитальном, усиленном среднем, среднем и подъемочном ремонтах пути. Все технологические операции выполняются при непрерывном движении машины тепловозом.

*Общее устройство*. В состав экипажной части машины (рис. 10.61) входит ферма *3*, состоящая из двух балок с поперечными связями, которая опирается на заднюю *12* и переднюю *20* ходовые тележки типа 18-100. Машина, как единица специального подвижного состава (СПС), оборудована стандартными устройствами и системами, позволяющими включать ее в состав поезда: автосцепками *8*, тормозной системой, сигнальными устройствами. В последовательности выполнения технологических операций на ферме с двух сторон или симметрично смонтированы рабочие органы: правый и левый дозаторы *19*, позволяющие при необходимости осуществлять дозировку балласта и планировку поверхности балластной призмы; рабочий орган динамической стабилизации пути в виде одного виброблока машины ДСП-С (см. п. 10.12); ПРУ *5* с электромагнитно-роликовыми захватами; основные виброплиты *17* с механизмами *4* для их установки в рабочее и транспортное положения; подборшик балласта *15* с роторной тросовой щеткой и выбросным ленточным транспортером; правый и левый планировщики *13*, служащие для засыпания траншей у торцов шпал, образуемых виброплитами с одновременным формированием плеча и откоса балластной призмы; правый и левый уплотнители *11* откосно-плечевых и междупутных зон; правые и левые активные роторные щетки *10* для очистки скреплений и боковых поверхностей рельсов. Энергоснабжение основных механизмов осуществляется от основного дизель-электрического агрегата переменного тока, расположенного под капотом *1*. Здесь же располагается аварийный дизель-электричский агрегат, используемый для приведения рабочих органов в транспортное положение при отказе основного агрегата, а также для вспомогательных нужд. В большинстве рабочих органов используется объемный гидропривод, насосная станция которого смонтирована под капотом *7* в задней части машины.

Машина оснащается трехкоординатной трехточечной КИС системы ВНИИЖТа с использованием микропроцессорного управления [26, 27, 28, 29].

Управление машиной осуществляется из передней кабины *2* (управление дизель-электрическими агрегатами, дозатором и рабочим органом динамической стабилизации пути) и из задней кабины *6* (управление выправкой, подбивкой, уплотнением откосно-плечевых и междупутных зон балластной призмы, отделкой пути). Кабины установлены на резино-металлических амортизаторах, служащих виброизоляторами.

*Основные виброплиты*. Уплотнительные рабочие органы – основные вибрационные подбивочные плиты (виброплиты) предназначены для уплотнения балласта в подшпальной зоне при непрерывном его вибрационном обжиме в горизонтальной плоскости со стороны торцов шпал.

Виброплита (рис. 10.62, *а*) состоит из корпуса сварной конструкции с твердосплавной износостойкой наплавкой. Корпус имеет заостренную в плане носовую часть *16*, основной *15* и дополнительный *13* уплотнительные клинья, через которые осуществляется виброобжимное воздействие на подшпальную зону балластной призмы. Внутри корпуса установлен шестидебалансный вибровозбудитель *14* с направленной поперек пути вынуждающей силой, который генерирует поперечные вибрации. Виброплита подвешена на сварной продольной балке *8* через комплекты листовых рессор *5*, *10*, выполняющих функции упругих связей в колебательной системе. На балке установлен электродвигатель *6*, связанный с входным валом вибровозбудителя через карданный вал *7*. Продольная балка устанавливается проушинами *3*, *12* через шарнирные узлы на подъемно-поворотных кронштейнах механизма подвески виброплит. Рассекатель *1*, расположенный в передней части балки позволяет уменьшить тяговую нагрузку на рессорные комплекты. Отбойный лист *2* служит для уменьшения потерь балластного материала, направляемого в зону уплотнения.

Вибровозбудители виброплит находящейся в эксплуатации ранее выпускавшейся машины ВПО-3000 (рис. 10.62, *б*) и машины ВПО-3-3000С (рис. 10.62, *в*) содержат дебалансы *17*, установленные на вертикальных осях в подшипниковых опорах, и синхронизирующие зубчатые колеса *18*, находящиеся в зацеплении друг с другом. В варианте (*в*) косозубые колеса *18* находятся сверху, позволяя понизить уровень расположения по высоте вектора вынуждающей силы, приблизив его к уровню вектора реакции балласта. По условиям оптимального сочетания параметров вибрирования требуется повышенная угловая частота вибрирования, по сравнению со стандартной для электропривода промышленного исполнения частотой (25 Гц), поэтому в виброплите применена дополнительная ускоряющая передача 19. Это позволяет достигать частоты вибраций 33,5 Гц.

Предприятием-изготовителем рекомендуется использовать машину для уплотнения балластного слоя после глубокой очистки за три прохода. Первый проход осуществляется при заглублении клиньев виброплит ниже подошв шпал на 40 – 45 см. При этом достигается общее предварительное уплотнение объема балласта. Во втором проходе заглубление составляет 15 – 20 см. Уплотняется зона балластной призмы, непосредственно прилегающая к подошвам шпал, в которой возникают наибольшие напряжения от поездной нагрузки. В третьем проходе производится динамическая стабилизация объема балласта соответствующим рабочим органом.

Виброплита *5* (рис. 10.63) подвешивается на продольной балке *6*, которая является элементом механизма ее перемещения в рабочее и транспортное положения. Механизм обеспечивает перемещение виброплиты в вертикальном и поперечном направлениях. Балка через шарнирные узлы соединяется с передним и задним поворотными кронштейнами *2*, которые устанавливаются на вертикальных колоннах *1* и могут относительно их поворачиваться в плане и перемещаться вертикально. На этих колоннах установлены также промежуточные кронштейны *4*, соединенные шарнирно со штоками гидроцилиндров Ц1 и Ц2 вертикального перемещения виброплиты. Ферма машины, поворотные кронштейны *2* и продольная балка *6* образуют в плане шарнирный параллелограмм, который позволяет относить виброплиту *5* в сторону, соблюдая ее параллельность продольной оси машины. Для такого перемещения служит гидроцилиндр Ц3, закрепленный штоком на вертикальной оси *7* и корпусом через проушину *3* на передней вертикальной колонне *1*.

При опускании или подъеме виброплиты необходимо синхронизировать перемещения переднего и заднего концов балки. Такая синхронизация обеспечивается делителем потока ДП1, выполненным в виде шестеренчатого дозатора, применяемого на укладочном кране. Распределители Р1 и Р2 включаются одновременно и согласовано по позициям. Для уменьшения вероятности повреждения элементов механизма и РШР при неосторожном подъеме виброплиты усилие подъема ограничивается настройкой предохранительных клапанов КП1, КП2 на сниженное давление 6,0 МПа.

Гидроцилиндр Ц3 поперечного перемещения виброплиты управляется через распределитель Р3. На всех гидроцилиндрах установлены гидрозамки, позволяющие фиксировать штоки в требуемом положении и предотвращающие падение подвески и виброплиты в случае обрыва шлангов гидросистемы. В транспортном положении виброплиты фиксируются винтовыми стяжками.

*Откосные виброплиты*. Уплотнитель откосов и междупутья балластной призмы (откосные виброплиты) (рис. 10.64) содержит уплотнительную виброплиту, имеющую корпус *14* с рабочей уплотнительной поверхностью. На корпусе неподвижно установлены два строительных инерционных вибратора *12*. При работе вибраторов проявляет себя самосинхронизация, поэтому суммарная вынуждающая сила направлена перпендикулярно уплотнительной поверхности независимо от положения виброплиты. Виброплита через закрытые пружинные амортизаторы *11* и горизонтальные оси *13* соединена с шарнирно-рычажным механизмом, имеющим привод от гидроцилиндров *4*, *8*. Механизм включает также две рамы *9*, *10*, которые соединены между собой через шарнирные узлы и установлены на поперечной балке *5*. Механизм является манипулятором, позволяющим устанавливать виброплиту в любое положение на откосно-плечевой и междупутной зонах балластной призмы (см. рис. 10.64, *б*). Гидроцилиндром *16* достигается регулирование угла атаки виброплиты при ее непрерывном движении вместе с машиной по поверхности балластной призмы. В транспортном положении уплотнитель закрепляется винтовыми стяжками *2*. Уплотнение откосно-плечевых и междупутных зон балластной призмы способствует повышению сопротивляемости пути поперечным нагрузкам, возникающим при движении поездов или при температурных деформациях уложенных в путь длинномерных рельсовых плетей. Такая технологическая операция, таким образом, способствует повышению безопасности движения поездов.

*Подъемно-рихтовочное устройство*. ПРУ (рис. 10.65) предназначено для выправки пути и является исполнительным органом автоматизированной системы управления выправкой. Оно состоит из захватной части, включающей в себя четыре электромагнитно-роликовых захвата *7*, подвешенных через шарнирные узлы на траверсах *8*, одновременно выполняющих функции балансира компенсации изгиба рельсовых нитей при вывешивании РШР. Механизмы подъема правой и левой рельсовых нитей состоят из гидроцилиндров *4*, которые проушинами штоков через сферические шарнирные узлы *9* соединены с траверсами, а проушинами корпусов – через другие шарнирные узлы – с поперечным кронштейном *2*, установленным на ферме *1* машины. Т.к. правый и левый гидроцилиндры подъема работают независимо, то в совокупности они также производят и установку пути по уровню.

Механизм сдвига путевой решетки состоит из правой и левой выдвижных трубчатых балок *11*, которые вварены в траверсу *8*. Эти балки через промежуточные втулки подвижно установлены на центральной трубчатой балке *18*. Внутри балок располагаются гидроцилиндры *16*, соединенные с ними через сферические шарнирные узлы. Этими гидроцилиндрами выдвижные балки могут перемещаться в поперечном оси пути направлении относительно центральной балки. Внизу балок на вертикальных осях установлены рихтующие ролики *10*, которые при работе контактируют с головками рельсов с внутренней стороны колеи, передавая усилия сдвига РШР. Реактивное усилие, связанное со сдвигом путевой решетки, воспринимается центральной балкой и через шарнирный узел *17* передается на реактивный кронштейн *13*. Этот кронштейн с другой стороны через шарнирные узлы *14* закреплен на кронштейне *15* фермы машины.

При приведении ПРУ в транспортное положение траверсы *8* и захваты *7* сдвигаются к середине фермы, гидроцилиндры *4* поднимают захваты до их контакта с упорами *5*, после чего они дополнительно закрепляются винтовыми стяжками *6*.

Структуры гидросистем привода гидроцилиндров Ц1, Ц2 одинаковы, поэтому показана только гидросистема привода цилиндра Ц2 (рис. 10.66). Для подъема ПРУ в транспортное положение и его опускания в рабочее положение штоки цилиндров перемещаются с повышенной скоростью. Это соответствует включенной позиции распределителя Р2. В этом случае масло поступает к распределителю Р1 напрямую. В зависимости от включенной позиции Р1 происходит ускоренное втягивание или выдвижение штока. При выправке пути требуется замедленная скорость вертикального перемещения штока цилиндра Ц2. При небольшой скорости достигается точная установка путевой решетки в продольном профиле и по уровню. В этом режиме распределитель Р2 включен в нейтральную позицию, масло поступает к распределителю Р1 через регулируемый дроссель ДР1. Предохранительный клапан КП1 ограничивает перегрузку ПРУ и гидроцилиндра в случае, если распределитель Р1 включен в нейтральную позицию, а ПРУ наехало на вертикальную неровность в виде горба. Обратный клапан КО1 обеспечивает подачу масла из бака в штоковую полость цилиндра Ц2 при таком смещении штока вверх.

Структуры гидросистем привода цилиндров Ц3, Ц4 сдвига РШР в плане также аналогичны друг другу, поэтому показан только привод цилиндра Ц4. Для приведения ПРУ в транспортное положение распределитель Р3 включается в рабочую позицию, показанную справа. Масло через дроссель ДР2 и распределитель Р3 поступает в штоковую полость цилиндра. Его поршневая полость при этом соединена с баком. Телескопические балка с захватами перемещается к середине машины. При подаче сигнала на выдвижение штока (сдвиг пути в рабочем режиме вправо или выдвижение телескопической балки для приведения в этот режим) включается рабочая позиция распределителя Р3, показанная слева. Масло через дроссель ДР1, распределители Р3, Р4 поступает в поршневую полость цилиндра Ц4. Его штоковая полость при этом через распределитель Р3 соединяется с баком.

Если происходит сдвиг пути гидроцилиндром Ц3 влево, то, чтобы предотвратить сброс РШР, должен сохраняться контакт правого рихтующего ролика и рельса. В этом случае распределитель Р3 включается в рабочую позицию. Масло выжимается под сниженным давлением через распределитель Р4, обратный клапан КО2 и предохранительный клапан КП2 в бак. При этом обеспечивается всасывание масла в штоковую полость из бака через распределители Р4, Р3.

*8.9.2. Система выправки пути машины ВПО-3-3000С*

Машина ВПО-3-3000С оснащаются цифровой трехкоординатной системой выправки пути в плане, продольном профиле и по уровню ВНИИЖТ-МАТЕСС [29, 81]. Имеется несколько вариантов количества и схем размещения измерительных тележек. В варианте (рис. 10.67, *а*) обеспечивается работа системы: как от короткой, так и от длинной хорды, что позволяет эффективно работать в режиме без предварительной измерительной поездки и в режиме с предварительной измерительной поездкой.

Измерительная (точка 3), контрольная (точка 2) и задняя (точка 4) тележки КИС установлены на машине, а передняя тележка (точка 1) – на постоянно сцепленном бытовом пассажирском вагоне. Между передней и задней тележками натягивается трос-хорда. Аналогично машинам типа ВПР, переключение на работу от длинной хорды к короткой производится защемлением троса фиксатором контрольной тележки. Преобразование сигналов от датчиков измерения геометрии пути, вычислительные операции, формирование управляющих сигналов осуществляются в бортовом компьютере (БК), размещаемом в кабине управления машиной. Там же размещается клавиатура промышленного типа.

Датчики стрел изгиба пути в плане и в продольном профиле размещены на измерительной тележке (точка 2, рис.10.67, *б*). Использованы датчики перемещений, унифицированные с соответствующими датчиками машин ВПР. Измерение стрелы изгиба пути в плане осуществляется первичным преобразователем *2*, содержащим прецизионный потенциометр *4*, соединенный через тросовую передачу *3* с вильчатым поводком, надетым прорезью на базовый трос-хорду *1*. Первичный преобразователь установлен на тележке *6*. При отклонениях тележки от оси троса смещения преобразуются в электрический сигнал, согласованный по полярности и пропорциональный величине смещения.

Для измерения стрел изгиба пути в продольном профиле служит пропорциональный датчик высоты, применяемый на машинах типа ВПР. В нем первичный преобразователь *7*, имеющий поводок 8, контактирует с тросом 1. Поводок через тросовую передачу связан с прецизионным потенциометром. Преобразователь закреплен на тележке. Изменения положения тележки (точка 3) по высоте относительно троса-хорды также преобразуются в электрический сигнал. Так как на результаты измерения стрел изгиба в вертикальной плоскости по оси пути влияет положение пути по уровню, то для исключения этого влияния на все измерительные тележки устанавливаются датчики уровня (на рисунке не показаны), имеющие на выходе сигналы, пропорциональные углам наклона измерительных тележек. Выходное напряжение датчиков уровня с учетом соответствующих коэффициентов передачи алгебраически суммируются с напряжением на выходе датчика продольного профиля. Результирующий сигнал управляет подъемом (опусканием) базовой нити (правой или левой) продольного профиля, а управление по небазовой нити (соответственно левой или правой) осуществляется от датчика уровня, установленного на измерительной тележке (точка 3). В качестве датчиков уровня применяются бесконтактные маятниковые датчики индуктивного принципа действия или маятниковые датчики с прецизионным потенциометром, используемые на машинах типа ВПР.

С длинной хордой (от точки 1 до точки 4) работают в режиме сглаживания без предварительной измерительной поездки при работе в «окно» сразу после работы щебнеочистительной машины. В этом случае отдается предпочтение более высокому коэффициенту сглаживания, достигающему значений 5-7, при котором хорошо выправляются неровности пути в пределах длинной хорды без предварительной измерительной поездки, которая нерациональна при поточном методе производства работ в «окно». В этом режиме для кривых задаются проектные параметры кривизны и возвышения, в бортовом компьютере производится расчет поправок, вводимых в рихтовочную КИС и КИС выправки пути по уроню.

Короткая хорда (от точки 2 до точки 4) используется в работе с предварительным измерительным проездом. При этом формируется массив натурных стрел изгиба пути *h*н2 (рис. 10.68, *а*) с привязкой к точкам сканирования (режим регистрации или записи). График проектных стрел *h*п2 (рис. 10.68, б) формируется на основе проектных данных, или определяется в диалоговом режиме оператора и БК. После формирования графика определяется график командных стрел (рис. 10.68, в) изгиба пути *h*к2 (режим вычислений), который отслеживается системой при рабочем проходе машины (режим управления) с привязкой к точкам деления пути (точкам сканирования). Расчет позволяет производить постановку пути на проектную ось, одновременно выправляя неровности до 150 м и более.

*Трехкоординатная выправочная система ВНИИЖТа.* На железных дорогах России, стран СНГ эксплуатируются выпущенные ранее выправочно-подбивочно-отделочные машины ВПО-3000 (выпуск начался с 1964 г.) [17, 28]. Машина входит в состав основного комплекса машин при выполнении ремонтных путевых работ, механизирует и автоматизирует трудоемкие операции по выправке пути, подбивке балласта и отделке пути.

В 70 - 80-е годы ВНИИЖТом, МИИТом (в настоящее время МГУПС), ЛИИЖТом (ПГУПС) и др. предложены и реализованы различные технические решения выправочных систем этих машин. Прежде всего, машины оборудовались системами рихтовки [17]. С 1991 г. серийно выпускается выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПО-3-3000.

Первые машины ВПО оборудовались трехкоординатными аналоговыми системами управления выправкой пути [17, 28,]. С 1996 г. на машины ВПО разного типа устанавливают микропроцессорную систему управления выправкой пути – МС ВНИИЖТ-МАТЕСС [27, 81], имеющую существенно большие, по сравнению с аналоговой системой, функциональные возможности. Эта система аналогична микропроцессорной системе, устанавливаемой на машины типа ВПР [52].

Первые варианты трехкоординатной системы ВНИИЖТ представляли собой двухкоординатный механизм измерения стрел изгиба и прогиба пути в плане, продольном профиле [17]. Так как на результаты измерения стрел прогиба в вертикальной плоскости по оси пути влияет положение пути по уровню, то для исключения этого влияния на все измерительные тележки установлены датчики уровня (на рисунке не показаны), имеющие на выходе сигналы, пропорциональные углам наклона измерительных тележек. Выходное напряжение датчиков уровня с учетом соответствующих коэффициентов передачи алгебраически суммируются с напряжением на выходе датчика продольного профиля. Результирующий сигнал управляет подъемом (опусканием) базовой нити (правой или левой) продольного профиля, а управление по небазовой нити (соответственно левой или правой) осуществляется от датчика уровня, установленного на средней измерительной тележке.

Во всех вариантах измерение положения пути в продольном профиле производится от общего с рихтовочной системой троса-хорды, а измерение положения по уровню – с помощью маятниковых датчиков различного типа.

На первых машинах типа ВПО-3000 использовались маятники контактного типа с тросо-блочной передачей, на машинах более позднего выпуска устанавливались на балке электромагнитов маятники с использованием сельсин-датчиков, сельсин-приемников и тросо-блочных передач. При оборудовании машин типа ВПО микропроцессорными системами управления выправкой пути устанавливаются прецизионные маятники типа *ELT*-133 с потенциометрическим датчиком преобразования угла наклона в электрический сигнал, устанавливаемые на машины типа ВПР.

В памяти бортового компьютера (БК) одновременно может храниться информация о натурных стрелах изгиба (прогиба) пути в плане, продольном профиле и положения пути по уровню на участке длиной свыше 300 км. При необходимости, накопленную информацию можно удалить. Расчет сдвижек пути в плане, подъемок в продольном профиле и возвышений по уровню проводится для участков длиной до 2,2 км. Регистрация стрел изгиба и возвышений может осуществляться со скоростью движения машины до 10 км/ч. Для определения положения машины относительно начальной точки работы используется мерное колесо, с реверсивным датчиком пути.

Промышленный компьютер (с центральным процессором по шине *PC*-104) в бортовом исполнении и клавиатура имеют герметичное, пылевлагозащищенное, виброударопрочное исполнение с внутренним электрическим монтажом и внешними разъемами и соответствуют стандарту *NEMA* 4/12. Диапазон рабочих температур от –20 до +70ºС. Сохраняет работоспособность при вибрации, ударах, электрических и радиопомехах. БК и клавиатура монтируются в кабине управления машины ВПО (на левом пульте по ходу движения машины). Питание МС осуществляется от аккумуляторных батарей (потребляемая мощность не более 30 Вт).

В состав МС ВНИИЖТ-МАТЕСС входит следующее оборудование [81]:

– бортовой компьютер, предназначенный для выполнения вычислительных операций, хранения введенной информации и результатов расчета, включающий в себя:

– корпус металлический, в котором смонтированы разъемы, соединительные жгуты с соответствующим крепежом и необходимые коммутационные элементы;

– монитор *PLANAR EL* 640.480 33-*АС* *IP*65, на который выводятся алфавитно-цифровая и графическая информация: меню; информация о дате и месте работы машины; графики стрел изгиба и прогиба пути, положения пути по уровню до и после работы машины; проектные параметры пути; графики положения пути в плане, в продольном профиле по уровню; максимальные и минимальные сдвиги пути и т.д.;

– системную плату *OCTAGON SYSTEMS* с процессором, в котором выполняются вычислительные операции;

– оперативную память, которая обеспечивает тестирование БК, начальную загрузку операционной системы, а также выполнения услуг ввода-вывода данных; для передачи изображения на экран; для хранения различных расширений операционной системы и др.;

– конструктив корпуса для встраивания его в панель или установку на площадку;

– флэш-диск эмулирует жесткий диск (НЖМД), являющийся загрузочным и рабочим, на котором находится программное обеспечение МС. Наличие флэш-диска позволяет повысить надежность работы МС в условиях вибрации;

– модули питания, формирующие стабильное напряжение питания для всех элементов и печатных плат МС при колебаниях напряжения питания на входе модуля в диапазоне 18-36 В;

– интерфейсные платы (УСО), обеспечивающие преобразование аналоговой информации, поступающих с выхода датчиков стрел изгиба, прогиба и длины пути, датчика положения пути по уровню, в цифровую, поступающую на вход БК, а также формирующие управляющие сигналы, поступающие на исполнительные устройства ПРУ для обеспечения требуемых сдвигов и подъемок пути и возвышения по уровню в функции длины пути;

– клавиатура *INDUKEY*, необходимая для ввода данных (алфавитно-цифровых) машинистом машины и пр.

Программное обеспечение МС ВНИИЖТ-МАТЕСС, реализующее запатентованный способ выправки пути [26], *с предварительной регистрацией стрел изгиба* (прогиба) и положения пути по уровню позволяет:

– рассчитывать пространственное положение пути в плане и в продольном профиле относительно начала и конца выправляемого участка пути, определять требуемые сдвиги пути в плане, подъемки в продольном профиле, устанавливать путь на проектную ось в плане и проектные отметки в продольном профиле, обеспечивая при этом рихтовку длинных неровностей ("заводин") в плане и выправку длинных лощин в продольном профиле;

– формировать возвышение по уровню на прямых и кривых участках пути, обеспечивая при этом соответствие изменения отвода возвышения по уровню изменению кривизны в плане;

– вводить ограничения на сдвиги (подъемки) пути, несдвигаемые (неподнимаемые) точки;

– выполнять перечисленные выше расчеты, в том числе для кривых участков неограниченного количества и их сложности (однорадиусные с симметричными и несимметричными переходными кривыми, многорадиусные одного направления и направленные в разные стороны с прямыми вставками и без них, с промежуточными переходными кривыми и без них и т.д.), с учетом введения указанных выше ограничений;

– формировать сигнал управления на основе рассчитанных сдвигов, подъемок и возвышений, обеспечивая при этом реализацию проектных параметров пути;

Программное обеспечение микропроцессорной системы *без предварительной регистрации стрел изгиба* пути позволяет:

– вводить проектные параметры пути (радиус, направление и возвышение в круговой кривой, длину переходной кривой, виды сопряжений);

– рассчитывать поправки в кривых участках пути и вводить эти поправки через УСО, обеспечивая при этом режим работы машины по сглаживанию.

Измерительная поездка может осуществляться как при прямом, так и при обратном ходе машины.

Программа имеет графическую оболочку и удобный пользовательский интерфейс. Диалоговый режим работы программы позволяет эксплуатировать микропроцессорную систему машинистами, изучившими техническое описание и инструкцию по эксплуатации этой системы на машине, без специальной для этого подготовки по компьютерной технике.

МС ВНИИЖТ-МАТЕСС имеет три основных режима работы:

– режим регистрации (записи),

– режим вычислений,

– режим управления.

В режиме записи в процессе движения машины по участку ж.-д., пути информация с датчиков стрел изгиба пути в плане, стрел прогиба пути в продольном профиле и положения пути по уровню считывается по импульсам, поступающим с датчика пути. Эта информация в виде исходных данных записывается в файле стрел на флэш-диске.

В режиме вычислений информация, полученная при режиме записи, обрабатывается в БК и производится расчет положения пути в плане, в продольном профиле и по уровню. На основании этого расчета определяются командные сдвиги (подъемки) пути, необходимые для постановки его в проектное положение.

В режиме управления, рассчитанные в процессе вычислений командные сдвиги (подъемки) пути, в виде электрических сигналов с выходов БК поступают на промежуточные реле управления сдвигом (подъемом) электромагнитов. Так как исполнительные органы подъема (сдвига) пути всех типов машин ВПО релейного типа, то на выходе всех автоматизированных систем управления выправкой пути формируются сигналы релейного характера.

Все режимы работы МС выводятся на экран монитора БК. Процесс записи индицируется на экране в графическом режиме. На графиках показывается процесс изменения стрел изгиба пути в плане, стрел прогиба пути в продольном профиле и положения пути по уровню, а также их цифровые величины и длина пройденного пути.

В режиме вычислений на экран выводятся графики стрел на записанном участке и плоскостное положение пути в заданной системе координат.

В процессе управления на экран выводятся: диаграмма, программные стрелы в плане, в продольном профиле и возвышения пути по уровню для установки его в заданное положение, текущие стрелы и возвышения по уровню, а также вводимые, при необходимости, с клавиатуры ручные поправки.

МС ВНИИЖТ-МАТЕСС обеспечивает работу выправочных систем машины с предварительной записью положения пути, когда надо установить путь в проектное положение, и без предварительной записи, когда используется режим сглаживания. В последнем случае БК рассчитывает корректирующие величины (поправки) стрел изгиба пути в плане и изменение возвышения по уровню при работе на кривых участках с использованием проектных данных. МС ВНИИЖТ-МАТЕСС успешно эксплуатируется на ряде машин ВПО-3000, ВПО-3-3000.

**8.11. Динамические стабилизаторы пути ДСП, МДС**

Идея имитации уплотняющего воздействия поездной нагрузки машиной впервые была высказана отечественными учеными в 40-х годах прошлого века, а затем в 50-е годы ВНИИЖТ провел серию экспериментов, подтвердивших технико-экономическую целесообразность такого способа уплотнения. Доказано, что при наличии вертикальной составляющей вибрирования достигается более эффективное стабилизирующее воздействие при меньшей энергоемкости (в 1,25 – 1,3 раза). В 70-е годы австрийской фирмой *Plasser & Theurer* освоен выпуск динамических стабилизаторов *DGS-62N*. Рабочими органами динамической стабилизации пути оснащаются многие современные путевые машины. Екатеринбургским ремонтно-механическим заводом по проекту ЦКБпутьмаш в 80-х годах освоен серийный выпуск отечественных динамических стабилизаторов пути, превосходящих по своим параметрам лучшие зарубежные образцы. Этот тип машин постоянно совершенствуется. Накоплен большой опыт их эксплуатации на железных дорогах.

*8.11.1. Устройство и принцип действия динамических стабилизаторов пути*

Динамический стабилизатор пути (ДСП) это машина, предназначенная для ускоренной и контролируемой стабилизации балластного слоя с сохранением в пределах установленных допусков и норм содержания положения РШР в продольном профиле, по уровню и в плане. Он используется в комплексах по выполнению финишных отделочных работ, включая работы после глубокой очистки балластного слоя. ДСП производит искусственное осаждение РШР под воздействием передаваемых через нее вибраций в сочетании с вертикальным прижимом.

В путевом хозяйстве применяются динамические стабилизаторы пути серий ДСП, ДСП-С (в т.ч. модификаций ДСП-С4 и ДСП-С6), МДС. Технические характеристики динамических стабилизаторов приведены в табл.10.2.

Динамический стабилизатор пути серии ДСП-С (рис. 10.74) имеет экипажную часть в виде рамы *2*, опирающейся на переднюю тяговую *8* и заднюю бегунковую *15* ходовые тележки. На раме установлен силовой дизельный агрегат *3* с трансмиссией *9*, унифицированной с машинами ВПР, устройства гидропривода, тормозная система, автосцепки *5*, сигнальные устройства и устройства системы безопасности движения КЛУБ-УП. Основным рабочим органом машины является блок динамической стабилизации пути *14*. Положение рельсовых нитей пути в продольном профиле и по уровню контролируется двухтросовой КИС, стрелографы которой выполнены по трехточечной схеме измерения. КИС включает переднюю тележку *6* с установленным на ней датчиком пути *7*, измерительное устройство *10* с двумя датчиками продольного профиля *11* и заднюю тележку *16* с маятниковым датчиком уровня. На тележках монтируются стойки, между которыми натягиваются нивелировочные измерительные тросы *13*.

Машина может дополнительно оснащаться КИС для контроля параметров положения пути в плане с базовой трос-хордой *12*, натянутой между тележками *6* и *16*. В этом случае на измерительном устройстве *10* дополнительно устанавливается датчик стрелы изгиба пути в плане.

Управление машиной в рабочем и транспортном режимах производится из кабин *1* и *4*, в зависимости от направления движения.

В транспортном режиме привод на колесные пары тяговой тележки осуществляется, в зависимости от модификации машины, через механическую или гидромеханическую трансмиссию. В рабочем режиме колесные пары машины приводятся от гидромотора. Ходовые тележки ДСП унифицированы с тележками машин ВПР, имеющих специальный диаметр колесных пар по кругу катания ∅710 мм.

В настоящее время освоен выпуск машины для динамической стабилизации пути МДС (рис. 10.75). Модернизации в основном подверглась экипажная часть машины – применены ходовые тележки бесчелюстной конструкции с увеличенным диаметром колес по кругу катания. Для более удобного реверсирования рабочего направления движения применены два измерительных устройства: переднее *8* и заднее *12*. Стабилизатор дополнительно оснащен гибкой автоматизированной системой регулирования прижима виброблоков в зависимости от текущих осадок правой и левой рельсовых нитей. Регулируется рабочее давление в пневматических камерах соединения виброблоков и общей рамы. Применен более совершенный гидропривод рабочего органа и передвижения машины. Помимо автоматизированной системы контроля продольного профиля и уровня машина оснащена автоматизированной системой диагностики состояния во время работы основных узлов и систем.

Силовая передача МДС (рис. 10.76) включает реверсивную трехступенчатую гидромеханическую передачу импа T211 r.3 фирмы Voith (ФРГ) *7*, которая через карданный вал связана с коробкой отбора мощности *4*. Внутри коробка имеет зубчатую муфту *5* включения отбора мощности насосов *2* и *3*, а также зубчатую муфту *23*, включаемую в транспортном режиме передвижения машин. В рабочем режиме муфта *23* размыкается, а шестерня *24* входит в зацепление с зубчатым колесом. Вращение выходного вала коробки в этом случае передается от гидромотора *22* рабочего передвижения машины. Коробка *4* через карданный вал *21* связана с редуктором *19*, имеющим дополнительно зубчатую муфту *20*, отключаемую в режиме буксировки машины локомотивом или в составе поезда. Вращение от редуктора *19* передается через карданные валы *18* и *15* на осевые редукторы *16* и *13*. Конструкции передней и задней тележек *17* одинаковы. В рабочем режиме задняя ходовая тележка получает привод на колесные пары *14* через редуктор рабочего хода *27*, у которого включена зубчатая муфта *29*, от гидромотора *28*. В транспортном режиме, чтобы исключить заклинивание колесных пар, муфта *29* отключается. Масло в контуре охлаждения гидротрансформатора гидропередачи *7* циркулирует через воздушный маслоохладитель *1* с приводом вентилятора от гидромотора *30*.

Конструкция и принцип действия рабочего оборудования в основном аналогичны стабилизатору ДСП-С.

Блок динамической стабилизации пути (рис. 10.77) содержит промежуточную раму *5*, на которой через кронштейны *3* и пневмокамеры *2* установлены последовательно расположенные блоки *10*, *13* и *16*. Подъем в транспортное положение, опускание в рабочее положение и вертикальный прижим рамы с виброблоками к путевой решетке производится четырьмя гидроцилиндрами *4*. Крепление промежуточной рамы в транспортном положении обеспечивается крюковыми захватами *17*. Возникающие сопротивления движению блока динамической стабилизации воспринимаются тягами *7*, *8*. Тяги через универсальные шарнирные узлы соединяют раму и виброблоки с рамой машины *1*. Винтовыми стяжками *1* производится регулировка продольного положения виброблоков относительно рамы 5.

Каждый виброблок имеет систему ребордчатых роликов и роликовых захватов, гарантирующих надежное удержание РШР при передаче вибраций. Во время работы виброблоки катятся по рельсам роликами *14*. С внешней стороны головок рельсы одновременно захватываются роликовыми клещевыми захватами *15*, которые приводятся гидроцилиндрами *20*. Прижим роликов ребордами к головкам рельсов производится гидроцилиндрами *19*. Параметры гидроцилиндров выбраны таким образом, что при закрытии захватов силы, действующие на головку рельса, уравновешены. Это позволяет при изменениях ширины колеи во время работы в кривых эффективно передавать вибрации на путевую решетку.

На каждом виброблоке установлен четырехдебалансный вибратор *18*, позволяющий генерировать согласованные направленные вертикально и горизонтально вибрации, причем частота вертикальных вибраций в два раза выше частоты горизонтальных вибраций. Привод вибраций осуществляется от двух аксиально-поршневых гидромторов *6* через карданные валы *9*, *12*, соединяющие ведущие валы вибраторов и валы гидромторов.

Чтобы обеспечить соотношение частот горизонтальных и вертикальных вибраций ωг // ωв = 1 / 2 (рис. 10.78), соотношение числа зубьев колес *5* и *3* выбрано 2 / 1. Зубчатые колеса *5* синхронизируют вращение валов дебалансов 6 горизонтальных вибраций, а также ускоренного в два раза вращения дебалансов *4* вертикальных вибраций. Такое сочетание частот позволяет обеспечить формы траекторий колебаний путевой решетки в поперечной плоскости в виде фигур Лиссажу. Крайние траектории соответствуют вырожденным фигурам. Соотношения фаз колебаний блоков и путевой решетки в горизонтальной и вертикальной плоскостях выбрано таким образом, чтобы получить вырожденные траектории колебаний, соответствующие наиболее эффективному уплотнению балласта. На рисунке показаны положения дебалансов со сдвигом по фазам колебаний последовательно в одну строну: горизонтальных на π / 4, а вертикальных на π / 2. Это позволяет получить продольные формы колебаний путевой решетки в вертикальной плоскости, приближающиеся к получаемым при воздействии движущегося поезда, т.е. в виде бегущей волны, позволяющей чередовать нагружения и разгрузки слоя с большой частотой (скорость бегущей волны в м/с определяется по известной формуле *vб = lб f*, где *lб* – длина волны, м; *f*  – частота колебаний, Гц). В балласте происходят динамические процессы, аналогичные воздействию поездной нагрузки. Балластный слоя под шпалами эффективно уплотняется, путь приобретает свойства стабильности по отношению к нагрузке от поездов.

Для контроля геометрического положения рельсовых нитей в процессе работы и в измерительных проездах ДСП оснащаются КИС (рис. 10.79). Их принцип работы аналогичен КИС машин класса ВПР: используется трехточечная схема измерения стрел изгиба пути в продольном профиле по правому и левому рельсам с измерением относительного положения рельсовых нитей по уровню (двухкоординатная КИС). Вырабатываемые сигналы управления используются для автоматического регулирования усилия прижима рабочего органа по правому и левому рельсам, что дает возможность управлять осадками пути.

Измерение положения правой и левой рельсовых нитей в продольном профиле производится относительно правого *1* и левого *2* тросов-хорд, закрепленных на стойках *3* передней измерительной тележки *4* и стойках *16* задней измерительной тележки *14*. При работе тележки вертикально прижимаются к рельсам пневмоцилиндрами для их подъема в транспортное и опускания в рабочее положения (не показаны). Натяжение хорд производится пневматическими цилиндрами *15*, которые соединяются штоками с соответствующими трос-хордами, а корпусами закрепляются на задних стойках *16*. Потенциометрическими датчиками продольного профиля *9* измеряются стрелы изгиба относительно тросов-хорд. Датчики устанавливаются на стойках *8*, связанных с измерительными тележками *7*, *12*. В зависимости от направления движения, в работу включается одна из указанных тележек. Контроль положения рельсовых нитей по уровню производится датчиком уровня *17*, расположенным на задней тележке *14*. Координатная привязка к положению пути в точках сканирования датчиков осуществляется импульсным датчиком *5*, который связан с измерительным колесом. В зависимости от конструктивного исполнения, датчик за один оборот вырабатывает от 5 до 20 импульсов на сканирование.

Машина оснащается аппаратно-программным комплексом «ЭСКОРТ-4100», разработанное НПФ «Электронные системы управления и приборы» (ООО НПФ «ЭСУП», г. Санкт-Петербург). Комплекс в зависимости от направления движения позволяет работать из передней и задней кабин управления, так как содержит две равнозначных по функциям контроля и управления группы блоков «ЭСКОРТ-4100.1» и «ЭСКОРТ-4100.2». Группа, в свою очередь, состоит из блока индикации КИС контроля положения пути *18*, *20* и блока диагностики и клавиатуры *19*, *21*.

Комплекс обеспечивает: получение и сохранение измерительной информации о продольном профиле и осадках рельсов; автоматическое или полуавтоматическое управление давлением воздуха в пневматических амортизаторах виброблоков; диагностический контроль параметров рабочего режима узлов и систем машины. Данные о геометрическом положении пути с привязкой к расположению пикетных и километровых столбов записываются в виде стрел изгиба в продольном профиле, измеренных относительно хорд *1*, *2* датчиками *9* (диапазон измерений ± 50 мм на длине хорды 18 м), данных о положении пути по уровню, измеренных маятниковым датчиком *17* (диапазон измерений ± 200 мм), расчетные значения осадок а также перекосов на базе до 20 м.

Контроль параметров геометрии пути может производиться в измерительном проезде и рабочем проходе. Длина каждого проезда должна составлять не более 10 км. Дискретность измерений пройденного пути составляет 1 м. Результаты измерений записываются в энергонезависимую память и могут отражаться на дисплеях блоков *18*, *20*.

Программно-аппаратный комплекс позволяет производить работу в следующих режимах: основной режим сбора и отображения информации датчиков с записью; режим индикации осадки по данным предварительного проезда; режим просмотра результатов измерений и записи; режим настройки каналов и установки пределов измерений; режим ввода констант – геометрических параметров КИС и пределов датчиков измерения продольного профиля и уровня; режим установки даты и времени; режим выбора масштабов графиков отображения информации; режим обмена информацией с автономным накопителем; режим тестирования устройства по запросу оператора; режим тестирования устройства; режим тестирования автономного накопителя; режим тестирования работоспособности датчиков и кабелей. Во всех режимах на экране отображается соответствующая информация в виде записей и графиков, позволяющая работать в интерактивном режиме с вводом необходимых данных через систему экранных меню и клавиатуру. Кроме того, на лицевых панелях блоков управления *18* … *21* имеются светодиоды индикации включения питания, возникновения отказов в системе и предупреждений.

При работе ДСП-С и МДС система позволяет произвести измерительные операции по контролю положения рельсовых нитей до и после рабочего прохода машины, а также в процессе работы осуществить оперативный контроль, получать визуальную информацию для принятия решений по управлению режимом работы машины, контролировать качество произведенной работы по стабилизации пути, а также реагировать на появление сообщений об ошибках. В рабочем режиме производятся измерения положения правой и левой рельсовых нитей в продольном профиле и по уровню с расчетом перекосов.

Для оценки осадки пути после работы ДСП-С или МДС необходимо производить два проезда: один измерительный, а второй – рабочий проход машины. При этом в измерительном проезде записываются стрелы изгиба пути *h*2иi, (рис.10.80, *а*) а в рабочем проходе – стрелы изгиба *h*2рi (рис. 10.80, *б*). Таким образом, в измерительном проезде косвенно записывается искривленная линия, характеризующая положение рельсовой нити до работы, служащая своеобразной базой для отсчета осадок стабилизации. В рабочем проезде принято допущение, что при стабилизации балластного слоя исходные неровности относительно большой длины не выправляются, так как выправка пути производится выправочно-подбивочной машиной. Кроме того, принимается, что измерительные точки *1* и *2* находятся на не выправленном пути. Поэтому стрела изгиба *h*2рi, записываемая в рабочем проходе, содержит в себе информацию об исходном положении пути и о положении пути после работы ДСП. Это позволяет оценить текущее значение осадки пути в точке *3* хорды, имея информацию стрелах изгиба в точке *2* по формуле, мм:



(8.116)

где *a*, *b* – плечи измерительной хорды, мм.

Соотношение *n* = (*a* + *b*) / *b* – постоянный для КИС коэффициент, который заводится в режиме ввода констант. Для ДСП-С *n* 3,5, для МДС при движении вперед *n* 3,4, а при движении назад *n* 4,0.

Измерения продольного профиля производятся на правой и левой рельсовых нитям, поэтому вычисляется оценка общей осадки пути путем усреднения измеренных осадок, мм:



(8.117)

где *S*3лi, *S*3пi – стабилизационные осадки левого и правого рельсов в *i*-й точке сканирования датчиков, мм.

Программой также предусмотрена отдельная оценка осадок правой и левой рельсовых нитей. При первичной статистической обработке данных измерений определяется средняя глобальная осадка на участке работ фронтом до 10 км.

*8.11.2. Уплотнение балластного основания рабочим*

*органом динамического стабилизатора пути*

Отдельно взятый виброблок ДСП совершает синусоидальные колебательные движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, причем частота вертикальных колебаний ωв = 2ω, рад/с, в 2 раза превышает частоту горизонтальных колебаний ωг= ω, рад/с, а вертикальные колебания отстают по их расчетной начальной фазе на угол π/2 от горизонтальных колебаний. Это эквивалентно опережению по начальной фазе горизонтальных колебаний на π/4 по отношению к вертикальным колебаниям. Результирующая траектория вибрационного движения подошвы шпалы в поперечной плоскости представляет собой вырожденную седлообразную фигуру Лиссажу. Одновременно производится погружение шпалы в балластный слой, поэтому на колебательные движения накладывается постоянное смещение подошвы шпалы вниз со скоростью подачи *V*п,.

Рассмотрим качественный характер процессов, происходящих при внедрении шпалы в балластный слой (рис. 10.81).

При уплотнении происходит виброударное взаимодействие подошвы шпалы с уплотняемым балластом. Особенностью процесса является то, что в течение цикла горизонтальных колебаний сначала происходит косой удар справа – налево (*б*), а затем косой удар слева – направо (*в*). При отрывном режиме взаимодействия (*а*) поверхность шпалы в точке *1* ударяет по поверхности балласта, после чего балласт обжимается в вертикальном направлении на величину *S*в(1-2) до точки *2*. В этой точке имеет место отрыв поверхности шпалы от балласта, после чего происходит упругая отдача балласта вверх. После прохода крайней точки *3* траектории шпала движется вниз до удара в точке *4* с балластом. Происходит обжим балласта до точки *5* на величину *S*в(4-5), после которой шпала снова отрывается от балласта.

Одновременно с вертикальным обжимом подошва шпалы смещается сначала влево на величину *S*г(1-2), а затем вправо на величину *S*г(4-5). При смещении шпалы в контакте подошвы и балласта возникает сила нормального давления *P*н, а также сила трения *P*тр (см. рис. 10.81, *б*, *в*). При вибрационном смещении шпалы влево сила трения, воздействующая на балласт, направлена влево, а при смещении вправо – вправо. Результирующая сила воздействия *P*, направлена под углом трения φтр, к силе нормального давления. Сила трения *P*тр совершает работу на участках горизонтальных перемещений Sг(1-2) и Sг(4-5), а сила нормального давления *P*н – на участках вертикальных перемещений Sв(1-2) и Sв(4-5). При расчете захватываемого вибрационным воздействием объема необходимо учитывать угол передачи давления в щебеночном балласте αп.

Амплитуды *A*г и *A*в горизонтальной и вертикальной составляющих колебаний шпалы определяются из анализа динамических колебательных систем «виброблок – путь». Используя принцип суперпозиции общую колебательную систему можно разложить на две отдельных подсистемы – со смещениями составляющих масс в горизонтальном и вертикальном направлениях. Модели, в которых рассматривается одна масса виброблока и пути, дают сильно заниженные значения амплитуд. В них не учитываются вертикальные и горизонтальные упругие связи рельсовых скреплений, упругость балластного слоя и сниженная поперечная упругость пути в целом. Для учета этих факторов необходимо анализировать сложные многомассные колебательные схемы.

**8.12. Машины для правки стыков (устройство, принцип действия)**

Под воздействием движущихся поездов происходит износ верхнего строения пути, в том числе, проявляющийся в появлении пластических деформаций рельсовых нитей. Наибольшие динамические нагрузки взаимодействия колеса и рельса возникают в местах резкого продольного изменения целостности поверхности катания (наличие прокладок, мест термического влияния контактной сварки плетей, элементы стрелочных переводов), появления концентраторов напряжений. Например, в местах стыков динамические нагрузки могут достигать (40-50)g, и даже больше. В результате в зонах стыков и сварных контактных соединений появляются провисания концов смежных рельсов. Особую актуальность эта проблема приобретает в связи с широким внедрением скоростного движения поездов, так как в этих случаях предъявляются повышенные требования к плавности положения поверхностей катания головок рельсов под нагрузкой.

В состав работ по техническому обслуживанию пути входят работы по правке рельсовых стыков и мест контактной сварки. Технологией производства таких работ предусмотрено: определение места наличия провисания (или, в некоторых случаях, горба) с определением его величины; устранение указанного дефекта методом холодной гибки рельсовых нитей с образованием внутри материала наклепа, способствующего повышению несущей способности стыка; измерения качества правки; при необходимости, если при правке нарушена целостность балластного основания в зоне стыка – дополнительная локальная подбивка балласта. Такой комплекс работ может выполнить машина для правки стыков рельсов в пути МПРС (рис. 10.82). Машина применяется при текущем содержании и всех видах ремонта железнодорожного пути колеи 1520 мм с рельсами Р50 и Р65, с деревянными и железобетонными шпалами, при всех видах скреплений и балласта. Правке подлежат рельсовые стыки, имеющие неровности величиной более 1 мм.

Машина МПРС представляет собой двухосный самоходный экипаж, состоящий из рамы *2*, которая несет на себе все оборудование машины и опирается на рельсы через приводную *9* и не приводную *14* колесные пары. Машина оборудована автосцепками *8* типа СА-3. Привод машины осуществляется от дизельного силового агрегата через механическую трансмиссию *10* в режиме транспортного передвижения и через трансмиссию и объемную гидропередачу *3* в рабочем режиме. Управление машиной производится из кабины *1*. В качестве основных рабочих органов используются правый и левый, работающие независимо друг от друга, блоки правки стыков рельсов *12*. Машина оснащается также одним одношпальным подбивочным блоком *13*, конструкция которого полностью аналогична блокам машин ВПРС-02. Для выполнения дополнительных сопутствующих операций по техническому обслуживанию стыков машина оснащается бензо-электрическим агрегатом *6*, который служит источником питания для электрического путевого инструмента.

Схема блока правки стыков рельсов показана на рис. 10.83. Он состоит из корпуса *15*, который крепится подвижно в горизонтальной плоскости на кронштейне 7 и может относительно него поворачиваться на небольшой угол. Кронштейн 7 установлен на цилиндрической направляющей 6, относительно которой он может перемещаться вертикально гидроцилиндром *4* и поворачиваться в плане гидроцилиндром *8*. Направляющая под небольшим углом наклонена относительно вертикали, что позволяет производить гибку рельсовых нитей в продольной плоскости симметрии поперечных сечений рельсов (компенсация наклона рельсов внутрь колеи вследствие подуклонки). В центральной части корпуса *15* вварен гидроцилиндр *20* с двумя штоками *26* и *28*. Нижний шток *28* соединен с вилкой *16*, в которой через шарнир *29* установлен крюк *17*. Вилка может передавать вертикальное давление на рельс через свою нижнюю поверхность, либо передавать подъемное усилие крюку.

В крайних частях корпуса установлены упоры *14*, которые могут переставляться для регулировки базы изгиба рельса. В этих же зонах размещены клещевые захваты, состоящие из рычагов *13*, *33*, которыми рельсовая нить может быть захвачена заголовку. Привод рычагов осуществляется от гидроцилиндра *32*. Опорные ребордчатые ролики *12* перемещаются вертикально гидроцилиндрами 10 по двум цилиндрическим направляющим *9*. Они служат для опоры блока на рельсы при рабочих передвижениях машины между обрабатываемыми стыками, расположенными близко.

Блок имеет систему датчиков, позволяющую измерить провисание рельсов до работы, контролировать процесс правки во время работы и произвести контроль качества после работы.

При необходимости произвести правку стыка, если имело место провисание, блок устанавливается на рельсовую нить в зоне стыка, блок упорами *14* опирается на рельс, совместной работой гидроцилиндров *19*, *20* крюк *17* подводится под головку рельса. Одновременно крайние клещевые захваты также захватывают рельс. При движении штока *28* вверх, производится изгиб рельсов в стыке до достижения необходимого уровня. При выправке рельсовых стыков реализуется технология холодной знакопеременной правки, причем последней операцией правки должен быть изгиб рельса в направлении поездной нагрузки. Микропроцессорная система управления позволяет произвести циклическое нагружение рельсовой нити с полной ее разгрузкой или уменьшенной нагрузкой в противоположном направлении. Это способствует увеличению упругих и прочностных свойств стыка, путем образования наклепа внутри материала рельса, упрочняющего стык (число циклов нагружения материала с большим запасом должно быть меньше критического числа, при котором проявляет себя явление усталости материала). В случае наличия горба в стыке, крайние клещевые захваты удерживают рельсовую нить, а давление вниз передается через вилку *16*.

Смещения рельсов в вертикальной плоскости сопровождаются также смещениями шпал в балласте, что нарушает уплотненную структуру балластного слоя в зоне стыка. Универсальный подбивочный блок позволяет произвести дополнительную, локальную подбивку слоя балласта под шпалами, прилегающими к стыку.

В зарубежной практике используются аналогичные машины, например машина «Unimat Compact 08-16 Strait» австрийской фирмы «Plasser & Tueurer».

Техническая характеристика

Производительность, стыков/ч 14

Выправленная неровность (при базе

измерения 1400 мм), мм: сварного стыка до 4

болтового стыка до 8

Количество блоков правки, шт 2

Максимальное усилие правки, кН 2000

Транспортная скорость, ем/ч: своим ходом 80

в составе поезда 100

Минимальный радиус проходимых кривых, м 160

Мощность силовой установки (ЯМЗ-238М2), кВт 176

Габарит вписывания по ГОСТ 9238-83 02-ВМ

Масса в снаряженном состоянии, т 32

Обслуживающий персонал, чел. 2

**8.13. Выправочно-подбивочно-рихтовочные машины зарубежного производства**

Разработка конкурентоспособных отечественных технологий и машин для выправки и уплотнения пути невозможна без внимательного изучения опыта ведущих зарубежных фирм-производителей путевой техники. В настоящее время на сети ОАО «РЖД» эксплуатируются образцы машин для выправки пути и уплотнения балластного слоя производства ведущей машиностроительной фирмы Plasser & Theurer (Австрия), которые описываются в этом разделе.

*8.13.1. Выправочно-подбивочно-рихтовочные*

*машины серии 09-3X*

Стремление обеспечить максимальную производительность выправочно-подбивочных работ привело к созданию серии «подбивочных экспрессов»: Stophexpress 09-3X и Dynamic Stophexpress 09-3X. Вторая из этих машин является постоянно сцепленным агрегатом, который состоит из базовой машины и ДСП. Машины реализуют принцип непрерывно-циклической подбивки.

Машина (рис. 10.84) состоит из базовой машины *4* и соединенного с ней полуприцепного ДСП *2*. В передней части она опирается на двухосную тяговую тележку *13*, колесные пары которой в транспортном режиме приводятся через гидродинамическую трансмиссию *16*, а в рабочем режиме – от гидромотора также через трансмиссию. В задней части располагается бегунковая тележка *26*, имеющая привод в рабочем режиме задней колесной пары от гидромотора. Основное рабочее оборудование базовой машины смонтировано на спутнике (сателлите) *6*. Спереди спутник через две боковые направляющие балки *15* опирается на роликовые направляющие *17*, а сзади – на двухосную тележку *23*, имеющую привод колесных пар в рабочем режиме от гидромоторов. Чтобы гарантировать четкое исполнение рабочего цикла при непрерывном движении машины и цикличном движении спутника по скользким рельсам применяются дополнительные нагрузочные устройства *3*, через которые может передаваться на колесные пары тележки *23* часть веса машины, который добавляет сцепной вес колесным парам тележки.

Машина оснащается четырьмя подбивочными блоками с 48 подбойками: передними *21* и задними *22*. Если шпалы по эпюре расположены равномерно, то машина, работая в непрерывно-циклическом режиме, может развивать производительность до 3300 шп./ч. На участках, где нарушается расположение шпал по эпюре, например в зонах стыков, работа выполняется в циклическом режиме, причем работает один ряд подбивочных блоков. Производительность машины резко падает, поэтому ее можно эффективно использовать в первую очередь на бесстыковом пути.

На спутнике также расположено ПРУ *18* с клещевыми роликовыми захватами и двухребордными рихтующими роликами. Захватная часть ПРУ соединена с продольной балкой, которая в своей передней части через шарнирный узел закреплена на поперечной балке, соединенной с передними концами направляющих балок *15*. ПРУ является исполнительным механизмом КИС выправки пути в плане, продольном профиле и по уровню. Машина оснащена трехточечной рихтовочной КИС с тросом-хордой *14*, закрепленным между передней *11* и тележкой *25*. Датчик стрелы изгиба пути находится на тележке *19*. Так как машина в основном предназначена для рихтовки пути точными методами, то более высокий коэффициент сглаживания четырехточечной ситемы не требуется.

На машине применена традиционная для этого класса двухтросовая нивелировочная система. Передние нивелировочные устройства опираются на тележку *11*, контрольные устройства – на тележку *25*. Измерения положения правой и левой рельсовых нитей производятся датчиками измерительного устройства *20*. Для измерения положения пути по уровню применяются маятниковые датчики, расположенные на тележках.

Управление выправкой производится специальной автоматизированной системой WIN ALC. Предусмотрено управление выправкой по лазерному лучу. Для этого на передней тележке машины располагается фотоприемник лазерного луча *10*.

Подбивочные блоки по своей структуре аналогичны типовым двухшпальным подбивочным блокам. В отличие от последних, со стороны примыкания друг к другу у них отсутствуют ряды наружных рычагов и подбоек. Для динамического уравновешивания при передаче вибраций применены грузы *7*. При работе внутренние подбойки *13*, расположенные на рычагах *12*, производят обжим балласта под средней шпалой, а подбойки *14*, расположенные на рычагах *10*, обжимают балласт под крайними шпалами совместно с наружными подбойками *15*, расположенными на рычагах *17*.

Непрерывный характер движения базовой машины *4* (см. рис. 10.2) при работе позволяет совместно работать ДСП, как машине непрерывного действия. В передней части ДСП *2* опирается через универсальный шарнирный узел на базовую машину, а в задней части – на ходовую тележку *33*. На машине имеется отдельный дизельный агрегат привода механизмов. Рабочий орган ДСП состоит из двух совместно работающих виброблоков *29*, *31*. Он полностью унифицирован с соответствующим рабочим органом динамического стабилизатора пути DGS-62N. Двухтросовая КИС продольного профиля, включающая измерительные тележки *28*, *30*, *32* и *34*, также унифицирована с КИС упомянутого ДСП.

*8.13.2. Выправочно-подбивочно-рихтовочная*

*машина 08-475 Unimat 4S*

Стрелочные переводы должны гарантировать безопасное движение поездов с установленной скоростью при движении по прямому направлению. Скорость движения на боковой путь определяется конфигурацией стрелочного перевода в плане. В связи с перспективами развития высокоскоростного движения для эксплуатации на главных ходах ОАО «РЖД» были приобретены универсальные выправочно-подбивочно-рихтовочные машины типа 08-475Unimat 4S. Машина является сложным современным агрегатом, оборудована автоматизированными системами управления рабочими процессами выправки рельсовой колеи и уплотнения балласта под шпалами на базе компьютерных технологий.

Машина представляет собой постоянно сцепленную единицу самоходного специального подвижного состава, состоящую из базовой машины *2* и дополнительного вагона *34*. Машина оснащена дизельным агрегатом мощностью 348 кВт, который в транспортном режиме через трансмиссию *16* передает вращение колесным парам тяговой тележки *15*. В рабочем режиме дизельный агрегат через силовую передачу передает вращение валам насосов объемного гидропривода рабочих органов и механизма передвижения. Задняя ходовая тележка *24* оснащена приводами на колесные пары от гидродвигателей, которые включаются в рабочем режиме. Вагон *34* опирается на две колесные пары *28*. Для эксплуатации на сети ОАО «РЖД» машина оснащается автосцепками *11*, тормозной системой, сигнальными устройствами и устройствами безопасности движения КЛУБ УП.

ПРУ *21* оснащено крюковыми захватами и по конструкции полностью аналогично ПРУ машины Unimat Compact 08-275/3S*-*16.Для предотвращения перегрузки ПРУ при работе на стрелочном переводе, вследствие несимметричного приложения подъемной нагрузки, машина оборудована правым и левым подъемными механизмами *19* с роликовыми захватами. При работе механизмы захватывают стрелочный перевод за рамный рельс. Система управления обеспечивает синхронный подъем стрелочного перевода за три точки, предотвращая его перекос. Для более точной установки третьего рельса в продольном профиле и по уровню применяются дополнительные КИС на базе лазера. Каждая такая система имеет лазерную пушку *22* с модуляцией горизонтальной составляющей луча и фотоприемник *20*. Лазерная пушка находится на нивелировочно-рихтовочном измерительном устройстве *8*, а фотоприемник *20* – на захвате дополнительного подъемного механизма *19*. После достижения заданного уровня третьего рельса подъемка автоматически прекращается.

Уплотнение балласта в подшпальной зоне производится четырьмя одношпальными подбивочными блоками *23*. Блоки имеют два ряда подбоек, которые могут поворачиваться (откидываться) поперек пути от рельса на угол 85° и к рельсу на угол 15°. Два блока расположены снаружи от колеи, а два блока – внутри колеи. Внутренние блоки установлены на раме *7*, которая закреплена на машине через подвеску *5*. Конструкция рамы и подвески аналогична машине Unimat Compact 08-275/3S-16 (см. рис. 10.44). Каждый внешний подбивочный блок также установлен в раме *6*, которая через вертикальный шарнирный узел соединена с поворотной телескопической стрелой *3*. Стрела в плане поворачивается гидроцилиндром *1*, а рама *6* относительно стрелы поворачивается гидроцилиндром *4*. Гидроцилиндр *36* служит для выдвижения телескопической части стрелы. Все блоки традиционно установлены в вертикальных направляющих и перемещаются по ним гидроцилиндрами. Таким образом, каждый подбивочный блок может быть установлен в любой зоне стрелочного перевода, что сокращает число рабочих проходов машины по нему. Технология выправки и подбивки стрелочного перевода обычно предусматривает сначала обработку зон внешних (рамных) рельсов для стабилизации положения перевода по уровню, а затем обрабатываются остальные зоны балластного слоя. При работе машины могут использоваться виброплиты *25*, уплотняющие балласт у торцов шпал. В варианте конструктивного исполнения машины виброплиты монтируются на вагоне *34*.

КИС машины включает в себя рихтовочную и нивелировочную системы, устройство которых традиционно для машин типа ВПР. Рихтовочная система четырехточечная, состоящая из концевых тележек *13* и *31*, нивелировочно-рихтовочного измерительного устройства *8* и контрольно-измерительной тележки *26*. Между передней и задней тележками натягивается измерительный трос-хорда *17*. На передней тележке *13* устанавливается колесо с датчиком пути *14* и фотоприемник лазерного луча *12*. Нивелировочная система двухтросовая, содержит нивелировочные и контрольные устройства, опирающиеся на тележки *13* и *26*, между которыми натянуты трос-хорды *9*. Измерение стрел изгиба в точках выправки и положения пути по уровню производится датчиками, расположенными на устройстве *8*.

Управление выправкой осуществляется автоматизированной системой типа ALC.

Вагон *34* оснащается вспомогательным оборудованием для распределения объемов балласта вдоль стрелочного перевода или пути. Оборудование включает подборщик *33* с щеточным ротором, транспортер *32* для загрузки излишнего балласта в бункер *29*, а также дозатор *30*, через который балласт в месте его недостатка может возвращаться в путь.

Управление рабочими процессами осуществляется из кабины оператора *10*, рабочей кабины *18* и задней кабины *35*.

Фирма Plasser & Theurer выпускает (2003 год) новые универсальные выправочно-подбивочно-рихтовочные машины непрерывно-циклического действия Unimat-09-32 4S с двухшпальными подбивочными блоками и Unimat-09-16 4S с одношпальными подбивочными блоками. Рабочее оборудование монтируется на спутнике, поэтому в режиме «Путь» схема работы аналогична машинам Plasser Duomatic-09-32 CSM и Dynamic Stophexpress 09-3X, а в режиме «Стрелки» –аналогично машинам серии Unimat. В подвеске подбивочных блоков применены выдвижные балки, что позволяет выносить крайние блоки в сторону для подбивки рамного рельса. Двухшпальные подбивочные блоки имеют два ряда поворотных подбоек на наружных рычагах и один ряд – на внутренних.

Машины оснащены адаптивной системой регулирования усилий обжима балласта подбойками. Усилие обжима может регулироваться отдельно для каждого блока. При использовании двойного обжима балласта в первом цикле давление ограничивается 65 % максимального давления, развиваемого при втором обжиме. Машины могут дополнительно сцепляться с секцией динамического стабилизатора пути, образуя комплекс по выправке и стабилизации пути.

*8.13.3. Балластировочный, выправочно-подбивочный и стабилизирующий комплекс PUMA-2000*

Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина и динамический стабилизатор пути работают совместно во многих комплексах. Фирмой Plasser & Theurer (Австрия) выпускается комплекс для выполнения работ по распределению балласта, выправке и подбивке пути с его динамической стабилизацией PUMA-2000 (рис. 10.87). Комплекс предназначен для выполнения указанных работ в локализованных зонах вдоль пути, например, в работах после локальной вырезки балласта для ликвидации выплесков. В состав сочлененного постоянно сцепленного экипажа входит машина для распределения балласта, выправочно-подбивочная машина циклического действия и полуприцепная платформа.

Машина для распределения балласт содержит раму *7*, опирающуюся на бегунковую *13* и тяговую *16* тележки. На раме, кроме кабины управления *8*, размещено рабочее оборудование в виде балластного плуга *14*, подборщика балласта *15*, перегрузочного транспортера *9*, дозирующего устройства *12* и бункера *10* с напольным транспортером емкостью 9 м3. Бункер с напольным транспортером позволяет накапливать излишки балласта при погрузке подборщиком и транспортером, а также выгружать дозировано балласт в путь.

Выправочно-подбивочная машина включает раму *5*, опирающуюся на тяговую *16* и бегунковую *13* ходовые тележки. На раме размещается силовая установка *6* с гидропередачей, кабина управления *3*. Рабочее оборудование машины включает два одношпальных подбивочных блока *21*, ПРУ *19*, двухтросовую нивелировочную КИС *4* и рихтовочную КИС с передней *17* и задней *22* тележками. Между тележками натянут рихтовочный трос *18*. В состав общей системы выправки входит нивелировочно-рихтовочное измерительное устройство *20*.

Полуприцепная платформа рамой *2* спереди опирается через универсальный шарнирный узел на выправочно-подбивочную машину, а сзади – на бегунковую тележку *13*. Рабочее оборудование платформы включает унифицированный рабочий орган динамической стабилизации пути *23* и кран-манипулятор *1* для выполнения вспомогательных погрузочно-разгрузочных путевых работ. На платформу можно погрузить до 20 железобетонных шпал и 2 рельса длиной 12,5 м. Для эксплуатации на сети ОАО «РЖД» машина оснащена стандартными автосцепками *11* типа СА-3.

**9 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПУТИ**

Железнодорожный путь характеризуется конструктивно связанными между собой инженерными объектами, образующих дорогу с рельсовой колеей, верхним строением, земляным полотном и искусственными сооружениями.

Рельсовая колея является объектом, непосредственно взаимодействующим с подвижным составом. От ее технического состояния напрямую зависит безопасность движения поездов с установленными скоростями и затраты на текущее содержание и ремонтно-путевые работы. Неисправности рельсовой колеи могут быть вызваны не только отказами элементов ее конструкции, но и неисправностями верхнего строения пути, земляного полотна и искусственных сооружений.

На железных дорогах действует многоуровневая система контроля (мониторинга) железнодорожного пути, включающая в себя мероприятия: комиссионные осмотры объектов железнодорожного пути, организуемые руководителями различного уровня; периодические натурные измерения объектов железнодорожного пути с использованием ручных средств измерения (путевых шаблонов, ручных тележек, линеек, рулеток и др.); периодические диагностические исследования объектов пути под реальной нагрузкой с использованием вагонов-лабораторий (путеизмерительных, дефектоскопных). Виды и периодичность контроля железнодорожного пути регламентируются существующей нормативно-технической документацией.

**9.1. Контрольно-измерительные машины и механизмы.**

**Их классификация**

С появлением железных дорог в России вопросы безопасности движения поездов имеют первостепенное значение. Еще в 1897 г. на 15 съезде инженеров службы пути слушался доклад инженера И.Н. Ливчака об изобретенном им приборе для обнаружения вертикальных толчков, наличие которых на пути отмечалось выбросом краски на движущуюся бумажную ленту – прототип современных носителей информации. В 1911 г. инженером И.Е. Долговым была получена привилегия (патент) на его знаменитую путеизмерительную тележку, которая записывала показания трех датчиков: ширины колеи, возвышения одного рельса над другим и продольного уклона пути. С 1913 г. начали строить путеизмерительный вагон по проекту И.Е. Долгова. Уже в 1915 г. было охвачено проверкой этим вагоном около 820 км пути. В 1916 г. на Екатеринбургской дороге был установлен официальный инспекторский надзор за состоянием рельсовой колеи с помощью путеизмерительного вагона. Им было проверено уже 4800 км пути при средней скорости движения 25 км/ч. С 1923 г. началась массовая постройка путеизмерителей системы И.Е. Долгова. В 1927 г. проведена его модернизация, после чего скорость измерительных проездов была повышена до 30 – 35 км/ч.

С 1958 г. выпускались путеизмерители ЦНИИ МПС, а с 1979 г. – наиболее распространенные на железных дорогах СССР путеизмерители ЦНИИ-2, которые регистрировали на две бумажные ленты (основную и дубликат) состояние рельсовой колеи с пределами измерения: по ширине колеи 1514–1560 мм, по взаимному положению рельсовых нитей по высоте (уровень) ± 150 мм, по положению рельсовых нитей в плане (рихтовка) ± 225 мм, по просадкам рельсовых нитей на базе 2,7 м в пределах ± 50 мм.

К настоящему времени путеизмерители ЦНИИ-2 модернизированы. В эксплуатации находятся путеизмерительные вагоны и вагоны-лаборатории комплексной диагностики пути: КВЛ-П1, КВЛ-П1М, КВЛ-П1МП, КВЛ-П2.1, КВЛ-П3, ЦНИИ-4, путеобследовательская станция (ПС) ЦНИИ-4МД [2, 46, 57]. С помощью этих вагонов производится периодическая системная диагностика состояния пути. Вагоны оснащаются современными компьютерными системами записи и расшифровки информации с использованием систем спутниковой навигации. Это позволяет обследовать и оценить состояние пути на целых направлениях с непрерывной записью на протяжении нескольких тысяч километров *по основным* геометрическим параметрам рельсовой колеи (взаимное положение рельсовых нитей по высоте; ширине колеи; горизонтальные и вертикальные стрелы изгиба) и *дополнительным* динамическим параметрам. Основные геометрические параметры рельсовой колеи в путевом хозяйстве железных дорог РФ имеют следующее определение.

Под взаимным положением рельсовых нитей по высоте (уровень) понимается взаимное положение по высоте средних точек головок рельсов, измеренное по нормали к рихтовочной нити и приведенное к базе 1600 мм (рис. 11.1, *а*).

Ширина колеи (шаблон) **–** есть расстояние между внутренними гранями головок рельсов, измеренное на расстоянии 13+3 мм от линии, проходящей через середины головок рельсов и проведенной по нормали к рихтовочной нити (рис. 11.1, *б*).

Горизонтальная стрела изгиба характеризует положение рельсовых нитей в плане (рихтовка), а вертикальная стрела изгиба **–** в вертикальной плоскости, ориентированной вдоль пути (просадка). Измерения горизонтальных и вертикальных стрел изгиба различными путеизмерительными средствами на базе подвижных единиц производятся от асимметричной хорды с коэффициентом асимметрии в диапазоне от 0,15 до 0,42 (отношение короткой базы к длинной) и приводятся к каноническим схемам измерения: для горизонтальных стрел изгиба **–** к измерениям от хорды длиной 21.5 м на расстоянии 4.1 м от одного из её концов (рис. 11.1, *в*), а для вертикальных стрел изгиба **–** к измерениям от хорды длиной 17 м на расстоянии 2.4 м от одного из её концов. При этом горизонтальная стрела изгиба определяется по внутренней грани рельса на глубине 13+3 мм (аналогично шаблону, см. рис. 11.1, *б*), а вертикальная стрела изгиба **–** по средней линии поверхности катания рельса.

На настоящее время в НПЦ ИНФОТРАНС разработаны методы представления геометрических параметров рельсовой колеи, получаемых в канонической форме, в виде натурных неровностей в диапазоне длин волн нормируемой длины. Указанное представление геометрических параметров рельсовой колеи существенно упрощает технологию ремонтных работ.

Реализация методов получения геометрических параметров рельсовой колеи путеизмерительными средствами на базе подвижных единиц осуществляется двумя способами:

**–** *контактным* **–** с помощью специальных механизмов в составе путеизмерительных средств контактирующих с рельсовыми нитями;

**–** *бесконтактным* оптическим (ЦНИИ-4), а также ультразвуковым и др. В условиях работы железных дорог РФ (прежде всего климатических) в настоящее время наиболее приемлемым является *контактный способ* получения геометрических параметров рельсовой колеи; бесконтактный оптический метод **–** технически и экономически целесообразен для скоростных магистралей в климатических условиях коротких малоснежных зим.

Помимо развития путеизмерительных вагонов, создаются путеизмерительные дрезины. Они предназначены для оперативного контроля состояния пути в пределах отдельных дистанций.

Разработкой систем автоматизированного контроля геометрического положения рельсовых нитей, их программного обеспечения занимается Научно-производственный центр информационных и транспортных систем (НПЦ ИНФОТРАНС), расположенный в г. Самаре, соответствующие лаборатории ВНИИЖТ.

Кроме путеизмерительных вагонов и дрезин, в путевом хозяйстве используются путеизмерительные шаблоны, например, ЦУП-2Д, ЦУП-3Д, АШП-2, путеизмерительные тележки. Тележки ПТ-7, ПТ-7МК и ПТ-8 имеют электронную систему измерений параметров с записью на бумажную ленту самописцем (ПТ-7) и с индикацией параметров на электронных табло (ПТ-7МК.1, ПТ-8).

Для обнаружения скрытых дефектов рельсов применяют: переносные однониточные дефектоскопы РДМ-1; портативные дефектоскопы РДМ-33, РДМ-3, Авикон-02Р для выборочного контроля и контроля сварных стыков; передвижные съемные тележки дефектоскопы Авикон-01; РДМ-2, АВИКОН-11, РДМ-22 дефектоскопные автомотрисы и совмещенные вагоны-дефектоскопы. Дефектоскопные средства в основном оборудуются измерительной аппаратурой, разработанной Институтом мостов при ПГУПС.

Сейчас на железных дорогах России созданы центры диагностики, в которых собирается и обрабатывается информация вагонов-путеизмерителей и вагонов-дефектоскопов. В этих центрах сформированы и постоянно обновляются базы данных, что позволяет обеспечивать глобальный мониторинг состояния пути на железной дороге. Такая база данных сформирована и для ОАО «РЖД» в целом.

Через глобальную компьютерную сеть ОАО «РЖД» возможно формирование запросов на получение соответствующей информации. Линейные подразделения и управления дорог формируют, в свою очередь, электронные отчеты о состоянии дел в путевом хозяйстве.

В путевом хозяйстве используются также системы обследования и диагностики земляного полотна, оснащенные геологической аппаратурой (георадарами).

**9.2. Путеизмерительные шаблоны и тележки**

Для текущего контроля за размерами рельсовой колеи используются *путеизмерительные шаблоны и тележки.* Они измеряют ширину колеи (шаблон) и возвышение одного рельса над другим (уровень) без нагрузки.

*Путевые шаблоны* (в дальнейшем шаблоны) предназначены для контроля железнодорожного пути: ширины колеи и возвышения одного рельса относительно другого. Кроме того, используются конструктивные исполнения шаблонов, позволяющих измерять геометрические параметры элементов стрелочного перевода. Шаблоны путевые изготавливаются в пяти исполнениях: 08809, 08809-01, 08809-02, 08809-03 и 08809-04 (рис. 11.2).

Шаблоны исполнения 08809 (*а*) предназначены для контроля ширины колеи, возвышения одного рельса относительно другого, ординат переводных кривых, ширины желобов, расстояния между рабочими гранями сердечника или усовика и контррельса, бокового износа головки рельса, рамного рельса и остряка (вне пределов боковой строжки) стрелочного перевода. Измерения производятся на уровне 16 мм ниже поверхности катания головки рельса.

Шаблоны исполнения 08809-01 (*б*) предназначены для контроля ширины колеи на уровне 16 мм ниже поверхности катания и возвышения одного рельса относительно другого.

Шаблоны исполнения 08809-02 (*б*) предназначены для контроля ширины колеи на уровне 13 мм ниже поверхности катания и возвышения одного рельса относительно другого.

Шаблоны исполнения 08809-03 (*в*) с заглублением измерительных наконечников на 13 мм ниже поверхности катания, исполнения 08809-04 (*в*) с заглублением измерительных наконечников на 16 мм ниже поверхности катания, предназначены для контроля ширины колеи, возвышения одного рельса относительно другого, ординат переводных кривых, ширины желобов, расстояния между рабочими гранями сердечника или усовика и контррельса, бокового износа головки рельса, рамного рельса и остряка (вне пределов боковой строжки) стрелочного перевода, понижения верха головки остряка стрелочного перевода относительно поверхности катания рамного рельса, укрытия и профиля боковой рабочей грани остряка стрелочного перевода.

Шаблоны исполнения 08809-03 и 08809-04 оснащены контрольной функцией «правильности показаний ширины колеи и расстояний между рабочими гранями сердечника или усовика и контррельса», не требующей стенда для проверки (функция самотестирования).

В путевом хозяйстве нашли распространение шаблоны ЦУП-2, ЦУП-3 и 08813 ЗАО завод «Измерон» (рис. 11.3). Шаблоны отличаются конструктивным исполнением механизмов и внешним дизайном. В частности, у шаблонов ЦУП-2 (*а*) и ЦУП-3 (*б*) лимб *5* сделан в виде винтового механизма, который соединен с уровнем *6*. У шаблона 08813 (*в*) лимб *5* выполнен в виде поворотного колеса, установленного на одной оси с эксцентриком *10*. С эксцентриком контактирует вилка *11*, на которой установлен уровень. При измерениях шаблон устанавливается на рельсы, и снимаются по шкале показания ширины колеи и уровня. При измерениях превышения, вращая лимб, добиваются установки пузырька уровня в среднее положение, после чего снимают показания по шкале лимба *5*.

Шаблоны используются при техническом обслуживании как находящихся в эксплуатации главных, приемоотправочных, стационарных и подъездных железнодорожных путях типов Р50, Р65, Р75 всех классов и стрелочных переводов, так и строящихся, а также могут использоваться в условиях метрополитена.

Принцип действия - механический. Диапазон измерений ширины колеи 1510 – 1550 мм с погрешностью ± 0,5 мм, а возвышения 0 – 160 мм с погрешностью ± 1 мм.

В путевом хозяйстве начинают также использоваться автоматизированные путеизмерительные шаблоны АШП-2 и АШП-3 системы НПО ИНФОТРАНС. Шаблоны оснащены автоматизированной системой измерений на основе микроЭВМ, что позволяет показывать результаты измерений на цифровых индикаторах, вести запись результатов и передавать их в бортовую автоматизированную систему компьютеризированного вагона-лаборатории (БАС КВЛ-П).

*Путеизмерительная тележка ПТ-7МК* (рис. 11.4) предназначена для выявления отступлений параметров геометрии рельсовой колеи по уровню и ширине, превышающих нормативные значения, установленные для соответствующего класса пути, на главных, станционных и подъездных путях.

Оборудование тележки монтируется на поперечной балке *4*, внутри которой имеется подпружиненная выдвижная штанга *3*, связанная с потенциометрическим датчиком ширины колеи. Внутри балки также размещается авиационный малогабаритный датчик уровня для измерения превышения. Тележка через двухколесные блоки опирается при движении на рельсы: блок *7* неподвижно соединен с балкой, а блок *2* – со штангой. Каждый ролик имеет две реборды для опоры на рельсы и отслеживания боковой грани головки рельса на расчетном уровне 13 мм. С одним из роликов связан импульсный датчик пути, который через 0,25 м пройденного пути вырабатывает электрический импульс, запускающий сканирование и запись показаний датчиков в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) электронного блока *5*. Показания также выводятся на экран. Объем энергонезависимой памяти блока позволяет хранить данные на 100 км пути.

Записанные данные могут выводиться во внешние вычислительные системы: персональные компьютеры или БАС КВЛ-П для анализа, записей путеизмерительных лент или отчетов. Масса тележки не более 16 кг.

*Тележка для индикации волнообразного износа рельсов двухнитевая ТИВИР - 03* (рис. 11.5) [57, 85] предназначена: для периодического текущего контроля и оценки состояния поверхности катания головки рельсов; для сбора информации, используемой при планировании работ по шлифованию рельсов; для контроля качества работы рельсошлифовальных поездов и рельсошлифовального оборудования. В состав тележки входит портативный контрольно-вычислительный комплекс, обеспечивающий запись измеряемых параметров, передачу данных на внешние вычислительные системы, в частности на бортовые комплексы рельсошлифовальных поездов.

Тележка представляет собой сборно-разборную конструкцию. Ее механическое оборудование включает два измерительных механизма *3*, связанных соединительной штангой *1* и устанавливаемых на головки правого и левого рельсов с помощью вертикальных и горизонтальных направляющих роликов. Масса тележки в сборе 15 кг. Тележка перемещается по рельсам вручную с помощью рукоятки *2*.

Каждый измерительный механизм имеет несущую плиту, являющуюся хордой, которая перемещается вдоль оси рельса, опираясь на два вертикально расположенных направляющих ролика. Один из направляющих роликов связан с сельсином-датчиком угловых перемещений *5*. Он является датчиком пути – скорости. Положение измерительных механизмов относительно продольных осей симметрии головок рельсов при измерении фиксируется двумя горизонтально расположенными направляющими роликами.

Стрелы изгиба, отображающие короткие неровности по обеим рельсовым нитям, измеряются с помощью двух индуктивных датчиков линейных перемещений, выполненных на основе линейных дифференциальных трансформаторов. Эти датчики монтируются на штоках измерительных щупов, выполненных из износостойких материалов и находящихся в постоянном контакте с поверхностью катания головки рельсов.

В рабочем режиме тележка производит регистрацию следующих параметров: стрел изгиба каждой рельсовой нити в вертикальной плоскости от хорды 240 мм с измерением в точке, находящейся на расстоянии 80 мм от крайней задней точки (по направлению движения); пройденного пути с пикетными и километровыми отметками. В основу измерения стрел положена четырехточечная система.

Приняты следующие обозначения (см. рис. 11.5, *б*): *H* – амплитуда неровности; *h* – стрела изгиба, отображающая неровность; λ – длина неровности; *Z* – измеряемый тележкой параметр. Стрела изгиба *h* и измеряемый параметр *Z* находятся в соотношении *h* = 0.744*Z*.

Технические характеристики тележки:

Амплитуда измеряемых коротких неровностей, мм, 0 – 25

Погрешность измерения, % 0,5

Дискретность путевой координаты, мм 6,0

Время работы в автономном режиме, час 7,0

Длина измеряемых неровностей, м 0,03 – 1,5

Под силовым воздействием колесных пар на рельсы происходит износ поверхностей катания их головок. Контроль правильности профиля головки рельса производится *рельсовыми профилографами ПР-03*. В стационарных условиях на рельсосварочных поездах (РСП) для этих целей используются *автоматизированные измерители геометрии рельсов ИГРА-01*, которые не только контролируют профиль поверхности катания, но и позволяют оценить прямолинейность и другие параметры геометрии рельса. Эти устройства являются высокотехнологичными, оснащенными современными компьютерными системами управления.

**9.3. Путеизмерительные автомотрисы**

По своей сути, автомотриса – это самоходный пассажирский вагон, поэтому ее база может использоваться для монтажа оборудования измерительных систем, аналогичных вагонам-путеизмерителям. Внутреннее помещение автомотрисы используется для размещения аппаратно-программного комплекса и другого оборудования, а также для размещения мест отдыха экипажа и устройств жизнедеятельности в поездках.

В путевом хозяйстве используются автомотрисы с двухосной (МД-РУ) или тележечной четырехосной экипажной частью (МТКП, АПТ «Восток»). Для оценки геометрического состояния пути в продольном профиле и в плане под динамической нагрузкой обычно используются показатели, привязанные к стандартной ходовой базе пассажирского вагона. Ходовые базы автомотрис по своим размерам отличаются от вагонов, поэтому данные автомотрис должны подвергаться дополнительной математической обработке для единства измерений и возможности сравнения получаемых результатов. Все современные путеизмерительные системы оборудуются программно-аппаратными комплексами.

*Машина технологического контроля пути МТКП*, оснащенная оборудованием группы компаний ТВЕМА (рис. 11.6), применяется в путевом хозяйстве железных дорог для проверки геометрических параметров рельсовой колеи и передачи информации на машины выправки и ремонта пути. Кроме того, на машине установлен дефектоскоп. Машина позволяет, на основе обработки результатов измерений уточнять параметры исследуемого участка пути.

Кузов автомотрисы с размещенными в нем устройствами и оборудованием опирается на приводную 7 и неприводную 4 ходовые тележки. На неприводной тележке размещаются дефектоскопные лыжи с блоками искателей. Аналогично вагону-путеизмерителю параметры геометрии пути определяются относительно кузова. Положение рельсовых нитей по уровню измеряется относительно двух гироскопических систем, что увеличивает точность измерений. Положение рельсовых нитей в плане и продольном профиле определяется системой, состоящей из измерительных тележек 2, 5, 6 и 8, соединенных с датчиками Д1 – Д6. Для повышения точности измерений они продублированы. Например, просадки рельсовых нитей определяются относительно хорды через стрелы изгиба в двух точках, измерения ширины колеи могут производиться параллельно на всех четырех тележках.

При измерениях тележки прижимаются горизонтально измерительными роликами к правой и левой рельсовым нитям, чтобы независимо отслеживать их положение в плане. Проезд крестовин стрелочных переводов возможен благодаря применению отводных роликов 9, взаимодействующих с контррельсами.

Подход к расчету основных параметров путеизмерительного оборудования аналогичен вагону-путеизмерителю.

*Технические характеристики:*

Отклонение от нормы ширины колеи измеряется в диапазоне от –10 до +40 мм с погрешностью не более 1,5 мм.

Взаимное положение обеих рельсовых нитей по высоте – от -155 до +155 мм

Стрела изгиба рельсовой нити в горизонтальной плоскости относительно прямой хорды длиной 12,5 м при замере в точке на расстоянии 4,1 м от конца хорды: от –85 до +85 мм.

Максимальная скорость движения – 70 км/ч (рабочее положение).

**9.4. Вагоны-путеизмерители КВЛ-П**

До начала 90-х годов прошлого века вагон-путеизмеритель ЦНИИ-2 был единственным средством механизированного контроля рельсовой колеи железнодорожного пути под динамической нагрузкой при скорости движения до 70 км/ч. Вагон позволял производить запись параметров геометрии рельсовой колеи на две бумажные ленты в виде диаграмм. Принцип работы путеизмерителя заключался в передаче относительных смещений контактирующих с головками рельсов элементов через трособлочные передачи на пишущие узлы стола регистрации параметров. Механическая передача с массивными передаточными элементами существенно ограничивает скорость движения вагона при измерениях, усложняет эксплуатацию. Кроме того, такая система подразумевала ручную расшифровку результатов измерений по диаграммам с использованием специальных шаблонов, поэтому в оценке состояния пути присутствовал субъективный человеческий фактор. С развитием компьютерной техники и современных средств измерений появилась возможность существенно упростить механическую часть измерительной системы, сделать ее в меньшей степени инерционной, ввести автоматическую расшифровку первичных данных измерений, сведя к минимуму субъективные ошибки. Информация о состоянии пути может накапливаться в базе данных и использоваться для назначения режимов движения поездов, планирования путевых работ и в целом использоваться в системе мониторинга состояния пути на разных уровнях управления (дистанция пути, железная дорога, департамент пути и сооружений ОАО «РЖД»).

В 1993 г. Научно-производственный центр информационных и транспортных систем (НПЦ ИНФОТРАНС г. Самара, под руководством С.В.Архангельского) разработал компьютеризированный вагон-лабораторию для измерения геометрии рельсовых нитей КВЛ-П1 [2, 46, 57]. В основу конструкции измерительной системы была положена традиционная схема измерений вагона-путеизмерителя ЦНИИ-2, однако смещения элементов измерительных устройств передаются на валы сельсинов-датчиков. В результате системой первичного измерения вырабатываются электрические сигналы, которые кодируются и поступают на цифровую обработку в бортовую автоматизированную систему (БАС), в состав которой входят аппаратно-программные комплексы (АПК) на базе персональных компьютеров. Одновременно ВНИИЖТ совместно с РНИИ-КП произвел разработку нового вагона-путеизмерителя ЦНИИ-4 с лазерной бесконтактной системой измерения параметров.

В результате ряда модернизаций, в том числе связанных со сменой базовой модели пассажирского вагона, были выпущены серии вагонов-лабораторий КВЛ-П1МП и КВЛ-П2, которые в настоящее время является основным средством контроля на сети ОАО «РЖД». Разработан новый вагон КВЛ-П.3 с лазерной системой измерения параметров. Вагоны серии КВЛ-П обеспечивают в автоматическом режиме съем и обработку основных (нормируемых) и дополнительных параметров, позволяющих более полно и объективно оценить состояние пути. К основным функциям относятся:

контроль геометрических параметров рельсовой колеи (ширина колеи (шаблон), положение рельсовых нитей по высоте (уровень), просадки правой и левой рельсовых нитей и положение их в плане в плане (рихтовка));

оценка в баллах состояния пути по геометрическим параметрам; обработку дополнительных параметров (скорость, расстояние, время);

обработка параметров привязки к исследуемому участку пути (координат километровых столбов, переездов, стрелочных переводов);

документирование сверхоперативной информации об обнаруженных местах пути с грубыми и опасными отступлениями с одновременной выдачей звукового и светового сигнала, индикацией на мониторе;

документирование оперативной информации в объеме, достаточном для принятия мер по обеспечению безопасности движения поездов, а также для планирования путевых работ текущего содержания пути;

документирование нормативно-отчетной информации в пределах; границ административного деления дистанции.

Компьютеризированный вагон-лаборатория для записи и обработки геометрических параметров рельсовой колеи КВЛ-П1МП (рис. 11. 7, *а*) производится на базе купейного пассажирского вагона, кузов которого опирается на две ходовых тележки типа КВЗ-ЦНИИ: заднюю *2* и переднюю *6* (котловую – по названию котла водяной системы обогрева). Так как механизмы путеизмерителя с датчиками измеряют смещения кузова вагона относительно элементов (колесных пар с буксами), положение которых жестко связано с положением пути, то на задней тележке дополнительно смонтированы балки *1*, опирающиеся на буксы. Балки образуют вместе с измерительными тележками спереди и сзади тележки *2* жесткую конструкцию, позволяющую позиционировать контактирующие измерительные элементы относительно рельсов.

Кузов *3*, в соответствии со спецификой разъездного характера работы двух экипажей, разделен на зоны: рабочую, содержащую аппаратную и мастерскую; жилую, содержащую пять или шесть двухместных купе, и бытовую, содержащую кухню, душ, туалет, отопительные устройства и системы жизнеобеспечения).

В аппаратной, разделенной прозрачной перегородкой на две части, установлены два аппаратно-программных комплекса *9* и *11*, столы и сиденья для сопровождающих, зона оперативного контроля (перед задними окнами), организационно-техническое автоматизированное рабочее место (ОТ АРМ) в зоне аналитической обработки, аудио и видеосистему, позволяющую визуально наблюдать поверхности головки рельсов и колесной пары на мониторах. Видеозапись выполняется с привязкой к записи параметров измерения, поэтому может быть организован просмотр локальных мест отступлений при анализе данных измерений. В мастерской установлены шкаф рабочей пневматической системы, шкаф системы электроснабжения (СЭС), зарядное устройство, блоки радиостанции, шкаф для одежды, шкаф для ЗИП, верстак.

Большинство измерительных механизмов с датчиками, для удобства наблюдения и технического обслуживания, расположены снизу кузова вагона. Кузов вагона опирается через двухступенчатое рессорное подвешивание тележек на колесные пары и при движении по неровностям совершает дополнительные колебательные движения с шестью степенями свободы (рис. 11.9). Колебания носят случайный характер, поэтому вызванные ими перемещения чувствительных элементов датчиков также случайны и должны быть скомпенсированы путем ввода поправок в систему обработки первичной информации датчиков.

На путеизмерителях серии КВЛ-П применяются типовые датчики линейных перемещений. В варианте конструктивного исполнения такого датчика смещения троса 4, поддерживаемого в состоянии натяжения пружиной 10, передаются через систему блоков 1 и 3 на шкив 6. Шкив соединен через муфту с валом сельсина-датчика 13 и поворачивается при смещениях тросов. В варианте исполнения имеется двойной масштабный блок, который уменьшает угол поворота вала сельсина в пределы 30°, при котором его электромеханическая характеристика может приниматься линейной. В других вариантах исполнения трос от перемещаемого элемента путеизмерителя соединяется прямо со шкивом 6, имеющим диаметр, согласованный с допустимым углом поворота сельсина-датчика.

Механизм измерения ширины колеи включает два ролика *2*, которые ребордами контактируют при движении вагона с боковой и верхней рабочими поверхностями головок рельсов *1*. Внутренние реборды катятся по внутренним поверхностям головок рельсов на расчетном расстоянии от УВГР 13+3 мм. При изменении ширины колеи изменяется расстояние между роликами, Эти смещения передаются через тросы на рычаги *6*, которые поворачиваются с изменением расстояния между закрепленными на них роликами. Трос, проходящий через обводные блоки *3* и *7*, смещается, вызывая поворот шкива *8* и вала сельсина-датчика *9*. Величина смещения равна изменению ширины колеи в масштабе 1:1. Пружина *10* служит для натяжения тросовой передачи. Датчик Д11 находится точно по середине кузова вагона, поэтому его подпрыгивание и галопирование приводят к колебаниям расстояния между блоками *3* и *7*, которые надо компенсировать. Для компенсации используется система с датчиком Д10, трос которой связан с задней измерительной тележкой *12*, жестко связанной с боковыми рамами задней ходовой тележки. Изменения ширины колеи, мм:

 (9.1)

где *Km* – масштабный коэффициент передачи сигнала от шкивов сельсинов к устройствам обработки и индикации; S10, S11 – перемещения тросов у шкивов датчиков Д10 и Д11, мм.

Положение рельсовых нитей по уровню, определяемое через возвышение *h*в, мм должно определяться от искусственного горизонта, положение которого не зависит от колебаний кузова вагона при движении по неровностям пути. Таким устройством является двухкоординатная гироскопическая платформа *8* со следящей системой стабилизации положения. Датчик Д7 позволяет измерить угол β, рад, наклона кузова относительно вертикали, создаваемой гироскопической платформой. Этот угол является алгебраической суммой углов α, рад, и γ, рад, соответственно, наклона УВГР к горизонту и наклона кузова относительно УВГР, т.е.:

 (9. 2)

где γ1, γ2 – углы наклона кузова относительно УВГР влево и вправо, рад. Положение кузова это результат сложения этих углов с учетом знаков.

Считая эти углы малыми, можно написать соотношения:

   (9.3)

где *S*, *S*в – расстояния между осями рельсовых нитей (*S* = 1600 мм) и между точками закрепления тросов на буксах (*S*в = 2050 мм); *h*1, *h*2 – смещения тросов датчиков Д1 и Д2, мм.

После подстановок, искомое возвышение, мм:

 (9.4)

а если подставить конкретные значения размеров и учесть передачу сигнала к устройствам вывода, мм:

 (9.5)

Благодаря тому, что величины смещений тросов правого и левого датчиков учитываются с разными знаками, компенсируется изменение по высоте кузова вагона относительно УВГР при его колебаниях в вертикальной плоскости.

Первичная информация о положении правой и левой рельсовых нитей в горизонтальной плоскости определяется относительно хорды длиной 18,315 м (см. рис. 11.7) при измерении в точке на расстоянии 3,83 м (КВЛ-П-1МП и КВЛ-П-2). В качестве базовой хорды служит кузов вагона. Для измерения положения в плане правой рельсовой нити служат датчики Д13, Д17 и Д19 (рис. 11.13, *а*), а левой – датчики Д14, Д16 и Д18. Датчики Д13, Д14, Д16 и Д18 каждый представляют собой сельсин-датчик *6* (рис. 11.13, *б*), который шкивом *7* связан с тросом механизма, включающего обводные блоки *3* и *5*, рычаг *4* и лыжу *2*, контактирующую с головкой рельса. Датчики Д18 и Д19 соединены через тросы с рамой передней ходовой тележки.

В качестве примера рассмотрим измерительную схему левого рельса (рис. 11.13, *в*). Система должна обеспечивать измерение стрелы изгиба *h*16, мм, при боковом относе и вилянии кузова при движении вагона. В результате наблюдаются случайные смещения передней и задней измерительных точек относительно положения измерительной хорды *14–18*, которые должны быть скомпенсированы соответствующим преобразованием сигналов датчиков Д14 и Д18. Например, при смещении переднего конца кузова на величину *y*18 измеренная датчиком Д16 смещение *y*16 = *h*16 + *h*к18, мм (*h*к18 – величина необходимой корректировки рассматриваемой стрелы изгиба, вызванная смещением кузова вагона в передней точке, мм). Аналогичные рассуждения можно привести и для случая смещения задней точки. С учетом соотношения плеч *a* и *b* хорды, а также учитывая суперпозицию смещений передней и задней точек кузова, величина измеряемой стрелы изгиба, мм:

 (9.6)

После подстановки значений плеч хорд для КВЛ-П-1МП и с учетом коэффициента передачи к воспроизводящему устройству, измеренная стрела изгиба в плане:

 (9.7)

Система датчиков, связанная с буксовыми узлами ходовых тележек, позволяет измерять и регистрировать положение правой и левой рельсовых нитей через просадки, стрелы изгиба в вертикальной плоскости относительно базы длиной 17 м в точке, лежащей на расстоянии 2,4 м от задней токи, а также через перекосы, измеренные относительно базы задней ходовой тележки или кузова. При измерении соответствующих параметров необходимо делать компенсацию на подпрыгивание, галопирование и боковую качку кузова вагона при движении, так как все датчики установлены на кузове вагона. Датчики Д1 – Д6 связаны трособлочными передачами с буксами, как было показано для схемы измерения уровня. Перечисленные параметры измеряются по точкам контакта поверхностей катания колес и рельсов на расстоянии *S*, мм, а смещения относительно кузова вагона *3* передаются через тросы, закрепленные на расстоянии *S*в, мм, на буксовых узлах. Этот фактор тоже учитывается при выводе формул. Проведя аналогичные рассуждения, можно вывести необходимые зависимости, связывающие перемещения датчиков, показанных на рис. 11.14, со значениями измеряемых параметров.

Например, просадка правой рельсовой нити, мм;

 (9.8)

или для конкретных размеров КВЛ-П-1МП:

 (9.9)

Стрела изгиба в вертикальной плоскости правой рельсовой нити, мм:

 (9.10)

Для рассматриваемого путеизмерителя:

 (9.11)

Перекос пути, измеренный на базе ходовой тележки, мм:

 (9.12)

Для путеизмерителя КВЛ-П-1МП:

 (9.13)

Перекос пути, измеренный на базе кузова вагона, мм:

 (9.14)

Для путеизмерителя КВЛ-П-1МП:

 (9.15)

В приведенных формулах z1 – z6 – смещения тросов на шкивах датчиков.

Неровности рельсовых нитей распределены вдоль пути случайным образом и характеризуются разными длинами λ, м и амплитудами H, мм, поэтому можно говорить о спектре неровностей. Возможность измерения неровностей с заданной погрешностью хордовой системой определяется в результате анализа амплитудно-частотной характеристики. На рисунке показана амплитудно-частотная характеристика системы измерения положения рельсовых нитей в плане. КВЛ-П-1МП позволяет контролировать неровности пути в плане длиной от 4,5 до 26 м с погрешностью измерения, равной погрешности измерения стрелы (*h* / *H* = 1). При допущении большей погрешности, длина измеряемой неровности может доходить до 40 м.

Путеизмеритель позволяет контролировать и другие параметры, например параметры коротких неровностей, связанных с волнообразным износом поверхности катания головок рельсов. Для этого используется инерционный метод (рис. 11.16): на рельс опускается контактная пластина *4* с датчиком ускорений. Пружиной *3* пластина прижимается. Необходимые параметры получаются путем интегрирования показаний датчика ускорений.

Для исключения попадания контактирующих с рельсами элементов измерительной системы в желоба крестовин стрелочных переводов используются отводные ролики, которые связаны с указанными элементами, и при проходе стрелочного перевода контактируют с контррельсами. Эти ролики имеют электрическую изоляцию от корпуса вагона. При наезде на контррельс происходит замыкание электрической цепи отводной ролик – корпус вагона, что регистрируется БАС как проход стрелочного перевода.

*Бортовая автоматизированная система измерений и обработки (БАС)* (рис. 11.17) предназначена для автоматизации процессов контроля и балльной оценки геометрических параметров рельсовой колеи в составе КВЛ-П. Она обеспечивает:

преобразование в электрические сигналы и цифровое кодирование перемещений чувствительных элементов измерительных подвагонных механизмов, угла наклона кузова к горизонту в поперечной плоскости, скорости движения и пройденного пути, управляющих воздействий оператора в моменты подъема измерительных роликов и внесения отметок в запись, перемещений отводных роликов при проходе стрелочных переводов;

оперативную обработку измерительной информации о геометрических параметрах положения рельсовых нитей;

обработку измерительной информации с целью получения выходных форм данных об основных (нормируемых) и дополнительных (ненормируемых) геометрических параметрах рельсовой колеи, координатах отступлений и их протяженности;

обработку управляющей информации;

количественное отображение в выходных формах данных выявленных отступлений геометрических параметров рельсовой колеи от норм содержания с указанием координаты каждого отступления по каждому параметру, величины и протяженности отступлений на экране монитора и на ленте графического регистратора;

отображение в выходных формах качественной и балльной оценки отступлений в соответствии с требованиями инструкции ЦП-515.

Информационно-измерительная система БАС КВЛ-П1МП в свой состав включает описанные выше датчики и аппаратуру, позволяющую согласовать сигналы датчиков с учетом компенсации колебаний кузова и при наличии опасных отступлений в геометрии пути воспроизвести звуковые и световые сигналы. Сигналы датчиков после предварительной обработки поступают на аппаратно-программный комплекс (АПК) оперативного контроля через устройства сопряжения с объектом УСО-1 и УСО-2. Эти устройства преобразуют электрические сигналы в цифровые коды для дальнейшей обработки на специальном вычислителе (компьютере) с использованием программного обеспечения. Результаты обработки отображаются на устройстве отображения информации – мониторе в виде диаграмм или в цифровом виде. Устройство регистрации позволяет накапливать информацию и распечатывать ее в виде лент, которые используются в качестве документов, передаваемых начальнику дистанции пути и в диагностический центр дороги.

Аппаратно-программный комплекс постобработки обрабатывает собранные данные во время движения или стоянки вагона-путеизмерителя, используя прикладное и специальное программное обеспечение (СПО).

Согласно инструкции ЦП-515 отступления контролируемых параметров рельсовой колеи от номинальных величин учитываются при автоматической расшифровке записей и оцениваются по их количеству и степеням. К **I степени** относятся отступления, не требующие выполнения работ по их устранению, поэтому они не учитываются при расшифровке записей. Ко **II степени** относятся отступления, также не требующие уменьшения установленной скорости движения поездов, но оказывающие влияние на плавность движения подвижного состава и интенсивность расстройства пути, особенно при частом повторении таких отступлений на километре. К **III степени** относятся отступления, которые при неустранении их после обнаружения могут за период очередной проверки пути путеизмерительным вагоном достичь величин, значительно ухудшающих плавность движения поездов и повышающих интенсивность накопления остаточных деформаций пути. Поэтому такие отступления жестче оцениваются по сравнению с отступлениями I и II степени и устраняются в первоочередном порядке. К **IV степени** относятся отступления, вызывающие рост сил взаимодействия пути и подвижного состава до величин, которые при наличии неблагоприятных сочетаний с отступлениями в содержании и загрузке подвижного состава, нарушениях режима ведения поезда и др. могут привести к сходу его с рельсов. Поэтом при обнаружении отступлений, относящихся к IV степени при данном интервале установленных скоростей движения, скорость уменьшается. А при отступлении, превышающем предельно допустимое значение, закрывается движение поездов, независимо от установленной скорости движения.

Качественная и балловая оценка рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона приведена в табл. 9.1.

Таблица 9.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Качественная оценка состояния рельсовой колеи | Количественные критерии качественной оценки состояния рельсовой колеи | | | | |
| На километре | | | На подразделении | |
| Количество отступлений по степеням | | | Балловая оценка километра | Среднее значение баллов |
| II | III | IV |
| Отлично (О) | До 5 | 0 | 0 | 10 | До 25 |
| Хорошо (Х) | 6-25 | 0 | 0 | 40 | Более 25 до 80 |
| Удовлетворительно (У) | Более 25 | 0 | 0 | 150 | Более 80 до 180 |
| Удовлетворительно (У) | Независимо | 1-6 | 150 | 150 | Более 80 до 180 |
| Неудовлетворительно (Н) | То же | Более 6 | 0 | 500 | Более 180 |
| Неудовлетворительно (Н) | Независимо | Независимо | 1 и более | 500 | Более 180 |

**9.6. Комплексные методы качественной и количественной оценки состояния пути**

По полученным с помощью путеизмерительных средств основным геометрическим параметрам рельсовой колеи осуществляется оценка технического состояния рельсовой колеи и пути в целом.

Различаются следующие практические способы оценки состояния пути: выявление и оценка неисправностей; качественная (интегральная); комплексная.

Качественная оценка производится по показаниям путеизмерительных средств (КВЛ-П1, КВЛ-П1М, КВЛ-П1МП) вбаллах в соответствии с Инструкцией ЦП-515. Оценка производится в зависимости от обнаруженных отступлений рельсовой колеи. Оценка дается для каждого проверенного километра пути, участка путей в пределах административных подразделений дистанции пути, в целом по дистанции пути, отделений дорог и железных дорог. В границах административной единицы балловая оценка определяется как средневзвешенная по километрам данной единицы. Балловая оценка относится к числу основных производственных показателей дистанций пути. В зависимости от выполнения плановых заданий по балловой оценке производится оплата труда работников дистанций пути (см. табл. 11.1).

Комплексная оценка технического состояния пути предназначена для решения следующих задач путевого хозяйства:

– установление скоростей движения поездов, обеспечивающих получение максимального дохода от перевозочного процесса при минимизации затрат на поддержание необходимого технического состояния пути и соблюдения норм безопасности движения;

– определение возможных причин неправильного функционирования и отказов железнодорожного пути;

– регулирование периодичности контроля пути;

– определение потребности в проведении ремонтно-путевых работ;

– оценка качества и эффективности проведенных ремонтов пути;

– оценка качества работы подразделений путевого хозяйства.

Комплексная оценка рассматривается в настоящее время, в большей мере, как перспективная, поскольку ее нормативная база находится в стадии разработки.

Информационной основой комплексной оценки состояния железнодорожного пути должны служить данные, получаемые как с действующих путеизмерительных средств, так и с вновь разрабатываемых диагностических средств (в том числе с помощью скоростных совмещенных путеобследовательских станций ЦНИИ-4МД и КВЛ-П3).

**9.7. Оборудование для дефектоскопии рельсов**

Важнейшим фактором, влияющим на обеспечение безопасности движения поездов в путевом хозяйстве железных дорог, является своевременный контроль состояния рельсов средствами дефектоскопии.

Действующая классификация предусматривает 36 разновидностей дефектов рельсов, 22 из которых в виде изломов, усталостных трещин, расслоений являются опасными для движения поездов и требуют немедленной замены [46].

Неразрушающий контроль рельсов представляет собой трехуровневую систему: средства первичного сплошного контроля (дефектоскопные автомотрисы, и двухниточные съемные дефектоскопы); средства вторичного сплошного контроля (вагоны-дефектоскопы); средства локального контроля (переносные дефектоскопы для контроля сварных стыков, однониточные съемные дефектоскопы для контроля стрелочных переводов, выборочного контроля по показаниям дефектоскопных автомотрис и вагонов-дефектоскопов).

Контроль рельсов на рельсосварочных поездах предусматривает проведение входного контроля, пооперационного контроля, приемочного контроля рельсов после обработки стационарными и переносными дефектоскопами.

*9.7.1. Методы дефектоскопии*

Для контроля рельсов применяют акустические (ультразвуковые) и магнитные методы дефектоскопии.

Механические упругие колебания среды с частотой больше 20 кГц называют ультразвуковыми. В дефектоскопии рельсов используют свойство ультразвука практически полностью отражаться от границы стали с воздухом или воздуха с водой. При контроле рельсов используют ультразвуковые колебания с частотой 2,5 МГц. Для возбуждения и регистрации ультразвуковых колебаний такой частоты применяют пластины из материала, обладающего пьезоэлектрическими свойствами, – титаната бария.

Пьезоэлектрическими преобразователями-резонаторами (сокращенно – ПЭП) (рис. 11.22) ультразвуковые колебания возбуждаются или регенерируются в металле, если между преобразователем и металлом обеспечен акустический контакт, обуславливающий передачу ультразвуковых колебаний из преобразователя в металл и обратно. Ультразвуковые волны – механические возмущения (деформации), при распространении которых в упругом теле частицы среды не переносятся, а лишь совершают колебания относительно точки равновесия.

При ультразвуковой дефектоскопии в зависимости от признака обнаружения дефекта в основном применяют три метода: теневой, зеркально-теневой и эхо-метод (рис. 11.23). По теневому методу (*а*) признак обнаружения дефекта – уменьшение интенсивности (амплитуды) ультразвуковой волны, прошедшей через изделие от излучающего искателя *И* к приемнику *П.* По зеркально-теневому методу (*б*) признак обнаружения дефекта – уменьшение интенсивности (амплитуды) отраженной от противоположной поверхности изделия (например, подошвы рельса) ультразвуковой волны, излучаемой искателем *И* и принимаемой искателем *П*. Противоположную поверхность, зеркально отражающую ультразвук, называют донной поверхностью, а отраженный от нее импульс-донным импульсом, По эхо-методу (*в*) признаком обнаружения дефекта является прием искателем *П* эхо-импульса, отраженного от данного дефекта.

Функциональная схема зеркально-теневого дефектоскопа (канала) приведена на рис. 11.24. Генератор *Г* вырабатывает импульсы электрических колебании; искатель *I* преобразует электрические колебания в ультразвуковые и излучает их в контролируемый рельс. Ультразвуковой импульс, отразившись от противоположной поверхности рельса (подошвы) – донной поверхности, воспринимается тем же искателем и преобразуется в импульсы электрических колебаний. Этот импульс (донный импульс) усиливается в приемнике *Пр.* В момент излучения зондирующий импульс с генератора *Г* поступает на вход каскада временной задержки *ВЗ.*

Каскад *ВЗ* на своем выходе вырабатывает импульс, сдвинутый во времени по отношению к зондирующему импульсу. В каскаде *ВЗ* происходит задержка импульса на некоторое время задержки, устанавливаемое ручкой *Т.* Импульс с выхода каскада *ВЗ* подается на генератор строб-импульса (генератор селектирующего импульса).

В момент поступления задержанного импульса этот генератор вырабатывает импульс прямоугольной формы, используемый в последующем для выделения (селектирования) нужных эхо-сигналов и называемый поэтому селектирующим импульсом, или строб-импульсом. Строб-импульс подается на вход каскада совпадений *КС.* На индикатор *И* с выхода каскада совпадений будут поданы те из донных импульсов, с которыми совмещен во времени строб-импульс. Поворачивая ручку *Т* в каскаде временной задержки, совмещают строб-импульс с соответствующими донными импульсами. Время задержки строб-импульса при настройке на один и тот же донный импульс зависит от высоты (типа) рельса. Индикатор *И* срабатывает при уменьшении амплитуды донного импульса до определенного значения, чувствительность дефектоскопа настраивается по имитатору дефектов ручкой «чувствительность» *(Ч).* Искатель II применяется в системе «калибр» для контроля зоны болтовых отверстий.

Функциональная схема эхо-импульсного дефектоскопа (канала) приведена на рис. 11.25, *а*. Из совокупности импульсов на выходе приемника (точка *2)* на индикаторы поступят лишь те из них, которые совпали по времени со строб-импульсом, вырабатываемым генератором стробирующих импульсов ГСИ. Начало строб-импульса, а следовательно, глубина *h* начала контролируемого слоя определяется длительностью импульса *t3*, на выходе каскада временной задержки *ВЗ*. Глубина *h* связана с временем *t3* соотношением , где С - скорость распространения ультразвука; *а* – угол ввода луча.

Для контроля рельса, начиная от поверхности *(h=*0), необходимо, чтобы время задержки стробирующего импульса было равно времени прохождения ультразвука в призме искателя, т.е. *t3=2tn*. Длительность *tc* строб-импульса определяет размер контролируемого слоя *Н:*

. (9.19)

Меняя длительность строб-импульса, можно изменять размер контролируемого слоя, а при *t3=2tn* – глубину контроля.

Координаты отражающей поверхности в контролируемом слое определяют глубиномером. Сварные стыки контролируют наклонными искателями, которые перемещают вручную по периметру рельса в зоне сварки. Основной металл головки по всей длине рельса проверяют наклонным искателем с углом ввода луча α = 60°. Искатель перемещают вдоль рельса по поверхности катания над шейкой.

Для выявления поперечных трещин в головке рельсов искатель поворачивают относительно продольной оси рельса на угол γ = 35°, При этом дефекты обнаруживаются лучом, отраженным от нижней поверхности головки рельса (рис. 11.25, *в*).

Принципы формирования сигналов ультразвукового контроля в современных дефектоскопах и особенности их расшифровки рассмотрим на примере дефектоскопа сплошного контроля Авикон-01МР.

*Контроль сечения рельса с помощью прямого преобразователя (каналы 0 и 1).* Преобразователь *1* (рис. 11.26) представляет собой раздельно-совмещенный ПЭП. Осуществляет контроль головки, шейки и подошвы рельса и реализует зеркально-теневой и эхо-методы контроля.

Канал *0* выделяет донные сигналы и реализует зеркально-теневой метод контроля. Канал *1* фиксирует эхо-сигналы от возможных дефектов по высоте рельса во временной зоне, охватывающей практически всю высоту рельса (*а*).

*Каналы контроля головки рельса эхо-методом наклонными преобразователями (канал 2 «наезжающий», канал 3 «отъезжающий»).* Осуществляют контроль рабочей грани головки рельса и реализует эхо-метод контроля. Угол ввода ультразвуковых колебаний составляет 58 градусов, угол разворота 34 градуса в сторону рабочей грани (*б*).

*Каналы контроля головки рельса зеркальным методом наклонными преобразователями (канал 4 «наезжающий», канал 5 «отъезжающий»).* Осуществляют контроль рабочей грани головки рельса совместно с каналами 2 и 3. Работают только на прием переотраженных от зеркальной плоскости поперечной трещины эхо-сигналов и реализуют зеркальный метод контроля. Угол приема ультразвуковых колебаний составляет 58°, а угол разворота оси приема ПЭП 34° в сторону рабочей грани (*в*).

*Каналы контроля шейки и подошвы рельса наклонными ПЭП (каналы 6 и 8 «наезжающие», каналы 7 и 9 «отъезжающие»).* Реализуют эхо-метод контроля и осуществляют контроль шейки и подошвы (в проекции шейки) рельса в двух временных зонах. Контроль зоны шейки рельса осуществляется каналами 6 « наезжающий» и 7 «отъезжающий» при одной чувствительности, а зона подошвы каналами 8 «наезжающий» 9 «отъезжающий» при более высокой чувствительности. Угол ввода ультразвуковых колебаний составляет 45° (*г*).

Для наблюдения результатов прозвучивания рельсов используют развертки принимаемых сигналов, позволяющие распознать дефект и определить его локализацию (рис. 11.27).

Развертка типа “А” позволяет наблюдать амплитуду, форму и временное положение эхо-сигнала от отражателя в изделии в каждый момент времени, но не позволяет проследить изменение этих параметров при перемещении преобразователя.

При ультразвуковом контроле железнодорожных рельсов, для регистрации информации используют представление сигналов на развертке типа "В".

"В" развертка – это изображение эхо-сигналов в виде точек с координатами: по оси *Y* - амплитуда эхо-сигнала, а по оси *X* перемещение (путь ПЭП) на поверхности контролируемого изделия (при постоянной скорости движения ПЭП координата *Y* пропорциональна времени). Эхо-сигналы в этих координатах отображаются в виде точек (яркостных пятен). При таком представлении эхо-сигнала теряется информация об амплитуде и форме сигнала, но отображение более наглядно представляет взаимное расположение отражателей в контролируемом изделии.

*9.7.2. Съемные и переносные дефектоскопы*

Эти дефектоскопы предназначены для обнаружения дефектов в обеих нитях железнодорожного пути по всей длине и сечению рельсов за исключением перьев подошвы и зон шейки над и под болтовыми отверстиями ультразвуковыми пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП), при сплошном контроле со скоростью до 4 км/ч, выборочного ручного контроля отдельных сечений рельсов ручными ПЭП, а также определения координат обнаруженных дефектов и амплитуд сигналов от них.

На сети ОАО «РЖД» находят все большее применение современные модели съемных дефектоскопов: АДС-02, АВИКОН-01МР и РДМ-2 и их новые модификации Авикон-11, РДМ-33 (см. табл. 11.3). Дефектоскоп АВИКОН-01МР (рис. 11.28) монтируется на тележке *11*, которая предназначена для размещения электронного блока *10* при работе дефектоскопа на линии, перемещения и центрирования искательных систем – блоков резонаторов 9 на рельсах в процессе работы дефектоскопа.

Несущим узлом дефектоскопной тележки является сварная трубчатая ферма *11* с кронштейнами для крепления колес и ручками *2* для переноски двумя операторами. На трубчатой ферме размещены: подъемное устройство 7; центрирующие механизмы *15;* два бачка для контактирующей жидкости *14,* ящик (для аккумуляторных батарей) *6;* ящик (для инструмента и принадлежностей) *12;* четыре пластмассовых колеса 5, очистительные устройства *1;* тормозное устройство *4;* флажок *3;* два пульта подключение ручных искателей *13,* регистратор 16 и четыре блока преобразователей (по два на каждую рельсовую нить) *9* с кабелями *8;* комплект инструмента и принадлежностей для измерения и маркировки дефектов, ограждения дефектоскопа и опасных мест в пути.

Контроль каждой нити железнодорожного пути осуществляется двумя блоками резонаторов (преобразователей) БР1 и БР2, прозвучивающих зоны головки, шейки и подошвы (за исключением перьев подошвы) рельса под различными углами по различным схемам прозвучивания*.*

Новая модификация дефектоскопа АВИКОН-11 позволяет вести расшифровку результатов контроля непосредственно в пути, с уточнением характеристик дефектов с развертками типа “A” и “В”, при движении дефектоскопа, имеет расширенный набор сервисных функций, дополнительно применяется зеркальный метод контроля.

Дефектоскоп РДМ-22 также используется для сплошного, при движении со скоростью до 4 км/ч, и выборочного контроля рельсов вручную.

Основная схема прозвучивания для сплошного контроля обеих нитей пути предусматривает по восемь каналов прозвучивания для каждой нити и реализацию на их основе девяти информационных каналов. При этом восемь информационных каналов используют эхо-метод и один информационный канал – зеркально-теневой метод (ЗТМ). Каждому каналу прозвучивания присвоен условный номер канала (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) в соответствии с рис. 11.29.

На основе данной схемы прозвучивания реализуются два основных режима сплошного контроля рельсов оператором дефектоскопа при использовании им звуковой и световой системы сигнализации дефекта. Первый режим используется для контроля рельсов на участках пути вне зон стыков с болтовыми отверстиями, второй – на участках пути в зоне стыков с болтовыми отверстиями. Предусмотрена непрерывная регистрация результатов контроля в виде дефектограмм проконтролированных участков.

Основные характеристики некоторых применяемых на железных дорогах России съемных дефектоскопов сплошного контроля приведены в табл. 11.3.

С целью комплексной оценки состояния пути разработан дефектоскоп-путеизмеритель системы «СПРУТ» (УДС-106Т). Он позволяет производить сплошной контроль дефектов при непрерывном движении со скоростью до 5 км/ч, выборочный контроль дефектов, а также измерение ширины колеи и взаимного положения рельсов по уровню с привязкой результатов контроля к положению вдоль пути. Записанная информация может выводиться на ПЭВМ для анализа.

Для выборочного контроля рельсов в стесненных условиях и элементов стрелочных переводов применяются однониточные переносные дефектоскопы УРДО-3, УДС1-РДМ-1,УДС1-РДМ-1М. Например, дефектоскоп УДС-1-РДМ-1М предназначен для вторичного ультразвукового контроля эхо-импульсным и зеркально-теневым методами одной нити железнодорожного пути, а также для контроля рельсов соединительных путей, остряков и рамных рельсов стрелочных переводов. Содержит три независимых дефектоскопических канала, два из которых работают с наклонными пьезопреобразователями для обнаружения внутренних дефектов в головке рельса эхо-методом, и один – с раздельно-совмещенным преобразователем для обнаружения дефектов в шейке рельса (эхо и зеркально-теневом методе). Сигнализация о наличии дефектов – звуковая на головные телефоны, а индикация глубины залегания дефектов в миллиметрах на светодиодном индикаторе.

Дефектоскоп состоит из штанги, на которой монтируется бак для контактирующей жидкости, блок пьезоэлектрических преобразователей и электронный блок с рукояткой, в которой размещены аккумуляторы. Конструкция штанги позволяет отрегулировать высоту дефектоскопа, удобную для оператора.

*Дефектоскопы для вторичного выборочного контроля рельсов и дефектоскопии сварных швов.*

Дефектоскопы РДМ-3, РДМ-33, Авикон-02 и Пеленг применяемые на железных дорогах предназначены для выявления эхо-методом, теневым методом, зеркально-теневым методом, эхо-зеркальным методом ультразвукового контроля внутренних дефектов (трещин, пор, расслоений, непроваров, шлаковых включений и т.п.) в сварных соединениях из сталей и сплавов, выполненных электродуговой, газовой, термитной и стыковой сваркой оплавлением (табл. 11.3). Содержит два независимых дефектоскопических канала. Контроль сварного шва ведется по всему периметру ручным искателем.

При наличии в них электронно-лучевой трубки и дополнительных устройств измерения и индикации дефектов позволяют проводить более качественный вторичный контроль по показаниям вагонов и автомотрис, устанавливать степень развития дефектов. Индикация осциллограмм контроля, номера канала, режима работы и измерения, установленного усиления приемника, (дБл), угла ввода УЗК, положения метки глубиномера, (мкс), или координат дефекта, (мм), производятся на экране электронно-лучевой трубки или жидко-кристаллическом экране. Возбуждение и прием ультразвуковых колебаний, например, в дефектоскопе АВИКОН-02Р, осуществляется посредством ручных ПЭП или резонаторов. Для уточнения координат дефектных сечений рельсов, представленных по показаниям мобильных средств дефектоскопии к вторичному контролю, в комплекте дефектоскопа предусмотрено наличие двух блоков резонаторов БР1 и БР2, позволяющих повторить схему прозвучивания мобильного средства. Информацию о параметрах настройки дефектоскопа и о дефекте изображается на жидко-кристаллическом экране рис. 11.30 дефектоскопа.

Отличительными особенностями дефектоскопа являются:

– полуавтоматическая настройка чувствительности по эталонному отражателю;

– предварительная запись настроек в память дефектоскопа;

– хранение в памяти дефектоскопа типовых вариантов методов контроля, используемых при контроле рельсов, электроконтактных и алюмино-термитных сварных стыков рельсов;

– запись в протокол контроля изображения с экрана дефектоскопа с сигналами от дефекта в виде "стоп-кадра" и огибающей амплитуд сигналов от дефектов;

– изображение дефектов в контролируемом сечении в виде В-развертки;

– передача данных на персональный компьютер (ПК);

– формирование протоколов контроля на ПК с возможностью их распечатки на принтере;

Таблица 9.3

Основные технические характеристики дефектоскопов вторичного контроля и дефектоскопов для контроля сварных стыков

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тип**  **дефектоскопа** | **АВИКОН-02Р** | **РДМ-33** | **Пеленг** |
| Тип индикатора | ЖКД |  | ЖКД или ЭЛД |
| Размер индикатора | 320х240 пк | 320х240 пк | 240 х 128 пк |
| Углы ввода ПЭП, º | 0-70 |  | 0-70 |
| Частота УЗК, МГц | 2,5 |  | 2,5 |
| Максимальная глуби-на прозвучивания, мм | до 230 | до 600 | до 210 |
| Диапазон регулировки усиления, дБ | 0-80 | 0-84 | 0-80 |
| Дискретность регулировки усиления, дБ | 1 | 1 | 1 |
| Длительность развертки, мксек | 800 | 35-250 | 200 |
| Мертвая зона для ПЭП с углом ввода, мм, не более:  от 40º до 50º-58º  от 65º до 70º | 8  6  3 | 6  3 | 8  6  3 |
| Минимальный условная протяженность выявляемого дефекта, мм | 12 | 10 | 10 |
| Методы прозвучивания | ЗТМ, ЭМ | ЗТМ, ЗМ, ЭМ, ТМ | ЗТМ, ЗМ, ЭМ |
| Масса, кг | 2,1 | 3 | 2,3 |
| Диапазон рабочих температур ºС | -20 ÷ +50 | -40 ÷ +50 | ЭЛД - (-20 ÷ +50) ЖКД - (-10 ÷ +50)  ЖКД - (-30 ÷ 50)\* |
| Потребляемый ток, а | 0,2 | 0,5 | 0,5 |
| Время работы от одной зарядки, час | 10 | 4 | ЭЛД - 7;  ЖКД - 8 |
| Габариты ЭБ, мм | 280х200х80 | 250х210х100 | 165х265х60 |
| Наличие В-развертки | + | + | + |

Обозначения: 1. ЖКД – жидкокристаллический дисплей; 2. ЭЛД – электролюминесцентный дисплей; 3. ЦД – цифровой дисплей;

4. ЗТМ – зеркально-теневой метод контроля; 5. ЭМ – эхо-метод контроля

– зависимость частоты тона звукового индикатора от значения превышения амплитудой эхо-сигнала порогового уровня дефектоскопа;

– запись в память дефектоскопа голосового комментария при записи результатов контроля.

Кроме традиционной, для ручных дефектоскопов, развертки типа А, в дефектоскопе АВИКОН-02 предусмотрена возможность отображения на ЖКД сигналов контроля на координатной плоскости «время распространения ультразвуковых колебаний в контролируемом изделии – время перемещения ПЭП по поверхности сканирования (или путь перемещения ПЭП)», т. е. развертки типа «В». При реализации развертки типа «В» на указанной координатной плоскости все эхо-сигналы, превышающие по амплитуде порог срабатывания звукового индикатора (АСД), отображаются в виде яркостной отметки (на ЖКД в виде темной точки), что позволяет более точно идентифицировать местоположение дефектного участка, обнаруженного мобильным средством, путем сопоставления дефектограмм. При контроле сварных стыков и отдельных сечений рельсов, возможно, более достоверно оценить наличие дефекта в изделии даже при наличии мешающих отражений и шумов.

*9.7.3. Мобильные средства дефектоскопии*

Мобильные средства дефектоскопии автомотрисы, вагоны автомобили на комбинированном ходу производят контроль рельсов на скорости до 70 км/ч.

Автомотриса дефектоскопная предназначена для сплошного контроля головки, шейки и ее проекции на подошву рельсов при скорости 5-40 км/ч и температуре окружающей среды от –30 до +40°С в совмещенном режиме с использованием эхо-импульсного и зеркально-теневого метода контроля при контактном способе ввода ультразвуковых колебаний и магнитно-динамического метода контроля и до 70 км/ч при магнитном контроле. Контакт обеспечивается путем подачи воды под систему, при отрицательных температурах вода и система подогреваются.

Конструктивное исполнение автомотрисы показано на pис. 11.31. Следящая система *2* обеспечивает проход «мертвого» пространства крестовин стрелочных переводов в рабочем положении до 40 км/ч, в транспортном положении – до 80 км/ч. Максимальный габарит следящей системы не выходит, за пределы тени гребней колесных пар.

Конструкция искательной лыжи обеспечивает крепление блоков ПЭП, реализующих схему прозвучивания для выявления дефектов (рис. 11.32), слежение за рабочей поверхностью рельса во всех диапазонах допустимого износа и подуклонки, и имеет подвод контактирующей жидкости (воды) и размещение искателя магнитного контроля. Зимой вода подогревается.

С типового датчика, связанного с колесной парой, на вход блока синхронизации дефектоскопа «ЭХО-КОМПЛЕКС» поступают импульсы синхронизации, скважность и частота которых линейно зависят от скорости движения. Импульсы синхронизации запускают генераторы, вырабатывающие импульсы напряжения высокой частоты – зондирующие импульсы, которые преобразуются пьезоэлектрическими преобразователями в импульсы УЗК и излучаются при движении автомотрисы в рельсы левой и правой нити железнодорожного пути.

Импульсы УЗК, отраженные от различных неоднородностей в металле рельса (дефекты, стыки, болтовые отверстия и т. п.) или от подошвы рельса, преобразуются этими же преобразователями в электрические импульсы, усиливаются и подаются на дальнейшую обработку и регистрацию в регистрирующий комплекс «КРУЗ-М».

Автомотриса оснащена намагничивающей рельсы системой из двух электромагнитов на осях неприводной тележки и магнитной лыжей, на которую устанавливается искательное устройство в виде индукционной катушки, реагирующей на изменения магнитного поля рельсом.

Магнитный метод является скоростным методом дефектоскопии рельсов в пути. Максимальная рабочая скорость его при существующей конструкции и параметрах дефектоскопной аппаратуры – 70 км/ч. Дефектоскоп при этом выявляет внутренние поперечные трещины, поражающие свыше 25% площади сечения головки и залегающие на глубине 5-6 мм от поверхности катания, а также продольные горизонтальные и вертикальные трещины, как выходящие на поверхность, так и внутренние, расположенные на глубине до 4-5 мм от поверхностей катания. Не выявляются дефекты в болтовых стыках в пределах металлических накладок, в шейке и подошве рельсов и в сварных стыках, за исключением сильно развитых поперечных трещин усталостного характера. Магнитный способ определения дефектов применяется на участках, где затруднена работа ультразвуковых средств контроля из-за отсутствия акустического контакта и при низких отрицательных температурах.

Принцип действия магнито-динамической системы контроля представлен на рисунке 11.33, *а.* При намагничивании рельсов в движении постоянным магнитным полем в них возникают вихревые токи и дефекты выявляются при одновременном действии двух физических факторов: изменения намагниченности (магнитного потока) в зоне дефекта и плотности вихревых токов, обтекающих трещину. На поверхности рельса в зоне дефекта появляется местное изменение магнитодинамического поля, которое называется магнитодинамическим полем дефекта. Дефектоскоп (вагон или автомотриса) оснащен искательным устройством индукционного типа в виде одиночной катушки, реагирующей на изменение продольной составляющей магнитного поля над рельсом. При движении в искателе наводится э.д.с. в виде отдельных импульсов (сигналов), которые имеют различные значения, длительность и форму. Осциллограммы расшифровывают при визуальном просмотре; разделяют их по некоторым характерным признакам формы на сигналы от дефектов и от поверхностных повреждений, определяют путевые координаты дефектов.

Постоянный электрический ток, проходя по обмоткам, создает в сердечниках постоянный магнитный поток:

, (9.20)

где *IH* – ток в электромагните; *w* – число витков в катушке; *RM* –магнитное сопротивление цепи (сердечников, воздушных зазоров, межполюсного участка рельса).

Искательное устройство дефектоскопа (рис. 11.33, *б)* состоит из индукционной катушки и лыжи, при помощи которой катушка ставится на поверхность катания головки и перемещается вдоль рельса. Индукционная катушка вставляется в корпус *4,* укрепленный в лыже *3.* Одним концом лыжа крепится на оси *2,* закрепленной в параллельных связях *1*.

Для обработки и регистрации сигналов от дефектов автомотрисы и вагоны оборудованы аппаратно-программными комплексом на базе ПЭВМ, который предназначен для снятия сигнала с магнитных датчиков и сохранения его на магнитном носителе в цифровом виде.

Комплекс обеспечивает: контроль поступающего сигнала на мониторе; автоматический подсчет координаты (компьютерный отметчик) с возможностью коррекции; просмотр сигналов от дефектов в любом масштабе (увеличение); автоматический поиск сомнительных мест; введение базы данных по найденным дефектам и архива по всем проездам вагона-дефектоскопа.

Следящая система, являющаяся составной частью автомотрисы, обеспечивает центрирование преобразователей по оси симметрии рельса, слежение за поверхностью рельса, а также перемещение ультразвуковых преобразователей и приемной индукционной катушки по прямым и кривым участкам пути и стрелочным переводам.

Всего в дефектоскопе автомотрисы формируется двенадцать каналов (десять ультразвуковых и два магнитных), подключаемых к персональным компьютерам.

Другим видом мобильных средств дефектоскопии являются *совмещенные вагоны-дефектоскопы* дорожного подчинения. Вагоны одновременно используют магнитный и ультразвуковой принципы контроля рельсов, что позволяет существенно повысить качество контроля и обеспечить выявление практически всех опасных дефектов в рельсах во всем диапазоне температур их эксплуатации (за исключением перьев подошвы) при скоростях до 65 км/ч.

Современные модификации совмещенных дефектоскопов ВД-1МТ и ВД-1МТ 5К изготавливаются на базе пассажирских вагонов производства ОАО «Тверской вагоностроительный завод». Внутри вагон разделен на бытовую часть (купе, кухня, санузел и т.д.) и операторную часть с рабочими местами операторов, осуществляющих управление измерительным комплексом. Вагон имеет измерительную тележку, расположенную под пролетной частью кузова. Оборудование тележки – искатели с установленными на них ПЭП входят в состав ультразвукового дефектоскопа «ЭХО-КОМПЛЕКС» с регистрирующим комплексом «КРУЗ-М». Кроме того, тележка оборудуется намагничивающей системой, индуцирующей при движении вагона вихревые токи в рельсах, и индуктивными датчиками. В качестве намагничивающей системы используются катушки электромагнитов, которые через подшипниковые узлы устанавливаются на осях колесных пар. Для исключения проворачивания корпуса катушек соединяются с рамой тележки реактивными тягами.

Вагоны-дефектоскопы ВД-1МТ 5К начали оснащаться универсальным интеллектуальным дефектоскопом «Синтез». Дефектоскоп оснащен новым аппаратно-программным комплексом, который позволяет производить автоматическую расшифровку результатов проезда, хранить результаты измерения в единой базе данных, отображать полную А-развертку по всем каналам в режиме реального времени. Кроме того, система позволяет в режиме реального времени отображать данные, полученные другими системами диагностики пути и сохранять их в режиме реального времени.

Дефектоскопная тележка (рис. 11.34) монтируется на раме *8*, прикрепленной через кронштейны *9* к нижним балкам кузова *1* вагона. Тележка содержит две одноосных ходовых тележки *11*, которые подвешены на раме *8* через пневмоцилиндры 6 их подъема и опускания и пружины *5*, которые находятся в растянутом состоянии и способствуют быстрому подъему тележки в транспортное положение при возникновении аварийных ситуаций. Параллелограммные механизмы с тягами *10* позволяют одноосным тележкам перемещаться по неровностям пути с рабочей скоростью вагона-дефектоскопа. Цепи *7* служат для исключения проваливания тележек в пространство между рельсами в случае их схода, что обеспечивает необходимый уровень безопасности движения.

Через кронштейны *12* и шарнирные узлы *13* и *20* на одноосные ходовые тележки жестко опираются правая и левая продольные балки *14* с размещенным на них дефектоскопным оборудованием и системой подачи воды к блокам искателей. Лыжи *18* подвешиваются через пружинные устройства *16* и вертикальные направляющие *15* на продольных планках *17*. При опущенной на рельсы тележке лыжи опускаются пневмоцилиндрами *19*. При движении вода подается непосредственно под контактные поверхности блоков искателей, а лыжи *18* не касаются рельсов, что способствует уменьшению их износа. Применение чувствительной системы магнитных датчиков и совершенной системы обработки сигналов позволило использовать остаточное намагничивание тележки без применения электромагнитов.

**10 МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПУТИ ОТ СНЕГА**

Большая часть сети железных дорог России находится в зоне умеренного и холодного климата с выпадением осадков в виде снега, поэтому своевременная очистка путей от снега имеет большое значение для нормального функционирования транспорта в холодное время года. Степень покрытия участка пути снегом зависит от количества приносимого к пути снега, поперечного профиля земляного полотна и естественных (лесополосы) или искусственных (снеговые щиты) преград для переноса снега. Путь, расположенный на насыпи, высота которой больше толщины снежного покрова, как правило, не заносится снегом, а путь в выемках глубиной более 0,4 м подвержен сильным заносам.

Для очистки путей от снега на перегонах и станциях используются плужные и роторные снегоочистители, снегоуборочные машины и стационарные устройства для обдува или обогрева стрелок на станциях.

**10.1. Плужные снегоочистители (классификация, устройство, принцип действия)**

Эти снегоочистители, ввиду несложного конструктивного устройства и минимальных затрат на эксплуатацию, наиболее распространены на сети. В эксплуатации находятся снегоочистители СДП, СДПМ, СДПМ-2 и СПУ-Н [36]. Рабочий орган такой машины представляет собой отвальный плуг, состоящий из системы переставляемых крыльев и неподвижных щитов-отвалов. При движении снегоочистителя плуг подрезает слой снега и отбрасывает его в сторону от пути. По характеру отбрасывания снега плужные снегоочистители бывают (рис. 12.1) однопутные или двухотвальные (*а*), двухпутные или одноотвальные (*б*) и универсальные с системой перестановки отвалов на работу по схеме *а* или *б*, в зависимости от конкретных условий работы. Например, на двухпутном участке сбрасывание снега с пути производится в полевую сторону.

Двухпутный снегоочиститель СДПМ-2 (рис. 12.2) представляет собой специальный четырехосный вагон *4* утяжеленной конструкции, позволяющий сохранять устойчивость при пробивке снежных завалов. Вагон опирается на типовые двухосные тележки *3*, имеет тормозную систему, автосцепки *7* и систему сигнализации, что позволяет снегоочиститель прицеплять к локомотиву или транспортировать в составе грузового поезда. Спереди и сзади снегоочистителя установлены плужные снегоочистительные устройства, включающие лобовой щит *6* с подрезным ножом *1*, боковое *5* и угловое *2* крылья. В транспортном положении крылья повернуты на кронштейнах вдоль машины, подняты и закреплены транспортными стяжками. Поднят и закреплен стяжками также подрезной нож *1*. Автосцепки *7* выдвинуты и зафиксированы. При работе с одной стороны прицепляется локомотив, снегоочистительное устройство остается в транспортном положении, а противоположное устройство приводится в рабочее положение. В рабочем положении боковое и угловое крыло поворачиваются под углом к направлению движения пневмоцилиндрами через рычажные механизмы, одновременно опускаясь. Опускается пневмоцилиндрами также подрезной нож. При работе на двухпутном участке, если движение поездов по соседнему пути не закрывается, то по условиям безопасности, угловое крыло 2 остается в транспортном положении и закреплено.

Угловое крыло монтируется на поворотном каркасе *7*, закрепленным через кронштейны *9* и *13* с вертикальными шарнирами на раме *12* машины. Каркас поворачивается в плане при приведении крыла в рабочее или транспортное положение. Крыло включает основную часть *4* с подкрылком *2*, установленную в вертикальных направляющих на каркасе *7*, и козырек *8*. На каркасе шарнирно установлен двуплечий рычаг *5*, верхнее плечо которого через тягу *10* и универсальные шарниры *6* и *11* соединено с рамой машины, а нижнее плечо через тягу *3* и палец *1* соединено с основной частью крыла. При поворотах каркаса *7* в плане через эту рычажную передачу крыло опускается в рабочее положение или поднимается в транспортное положение. Козырек *8* соединен с основной частью крыла шарнирами, а с каркасом *7* – через распорку *14* и шарниры. При повороте крыла в транспортное положение козырек поворачивается вертикально в пределы габарита подвижного состава. Удары при поворотах крыла амортизируются резиновыми упорами, установленными на раме. Для эффективного подъема и отбрасывания снега рабочая поверхность крыла с подкрылком и козырьком образуют ломаную линию, приближающуюся к криволинейной поверхности.

Аналогичную конструкцию имеет и боковое крыло.

В нижней части лобового щита *3* через оси поворота *2* и кронштейны *4* установлен подрезной нож *1*. В рабочем положении подрезной нож позволяет произвести зачистку снега ниже УВГР на 50 мм и очистку верхней рабочей поверхности рельса тросовыми щетками, установленными в проемах ножа. Приведение ножа в рабочее или транспортное положение осуществляется пневмоцилиндрами *4*. Для ускоренного подъема ножа при проезде препятствий во время работы он снабжен противовесами *7*.

Снегоочиститель оборудован двумя выдвижными автосцепками *1* с поглощающим аппаратом, которые устанавливаются на выдвижной балке *2*. При работе снегоочистителя балка *2* перемещается по направляющим пневматическим цилиндром *5*. Отверстие в лобовом щите закрывается листом. В транспортном положении, после снятия листа, автосцепка выдвигается и дополнительно закрепляется фиксатором *4*, перемещаемым вертикально винтовым механизмом *3* с ручным приводом. Положение автосцепки контролируется дополнительно по сигнальным лампам на пультах управление снегоочистителя.

Привод рабочего оборудования – пневматический с подачей воздуха через разобщительный кран ВН8 от тормозной системы через клапаны максимального давления РД1 и РД2. Эти клапаны гарантируют поддержание давления в рабочей пневмосистеме на постоянном уровне 0,6 – 0,65 МПа, обеспечивая движения элементов рабочего оборудования в нормальном режиме. Воздушные резервуары (ресиверы) РС1 – РС4 способствуют более плавному изменению давления в пневмосистеме и гарантируют приведение рабочего оборудования в транспортное положение в случае отказа основной системы подачи воздуха. Расчетное усилие на пневмоцилиндрах раскрытия крыльев выбирается таким образом, чтобы при достижении предельной нагрузки на крыле оно отжималось. Этим самым обеспечивается устойчивость снегоочистителя при работе.

Помимо плужных снегоочистителей (см. табл. 10.1) на базе специального вагона, применяются навесные плуги, монтируемые в виде съемного оборудования на мотовозах и маневровых тепловозах. Примечательно, что для очистки пути от снега на Николаевской железной дороге еще в XIX веке использовались аналогичные навесные плуги на паровозах.

Таблица 10.1

Технические характеристики плужных снегоочистителей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | СДПМ | СДПМ-2 | СПУ-Н |
| Ширина захвата при открытых крыльях, м | 4,95 | 4,95 | 4,5 |
| Максимальная толщина очищаемого слоя снега, м | 1,0 | 1,0 | 1,0/1,5\* |
| Максимальная рабочая скорость, км/ч | 70 | 70 | 80 |
| Максимальная транспортная скорость, км/ч | 80 | 90 | 100 |
| Масса, т | 84,0 | 84,0 | 80,0 |
| База, м | 9,0 | 9,0 | 8,0 |

\* При однопутном положении отвала

**10.3. Роторные снегоочистители (классификация, устройство, принцип действия)**

Роторные снегоочистители предназначены для очистки пути от глубоких снежных заносов толщиной до 4,5 м при плотности слежавшегося снега до 800 кг/м3. Рабочее оборудование таких снегоочистителей включает один или два горизонтальных ротора-питателя для подрезания снега в забое и направления его к выбросному ротору, представляющему собой лопастной метатель. Для подбора снега с нижних слоев на глубину 50 мм ниже УВГР снегоочистители имеет подрезной нож, а для подачи снега к роторам-питателям и профилирования стенок траншеи они оснащается боковыми крыльями. По существу, это роторно-плужные снегоочистители.

Первые роторные снегоочистители системы американского инженера Лесли были созданы в конце 19-го века. Они имели плужную систему подачи снега к торцевому отверстию ротора-метателя в виде боковых крыльев и подрезного ножа. Ротор имел привод от паровой машины, связанной паропроводами с паровозом. Аналогичную систему забора и выброса имели роторные снегоочистители системы ЦУМЗ. Однако при заборе снега из траншеи пассивными плужными устройствами происходит его сильное прессование, поэтому ухудшаются условия подачи снега к отверстию выбросного ротора, велико рабочее сопротивление движению снегоочистителя. Глубина очистки не превышала 3 м. Для активизации процесса забора снега в 50-х годах прошлого века в качестве заборного устройства стали использовать роторы-питатели (один или два, расположенных друг над другом). Сначала использовались роторы с прямыми лопастями, вращающиеся при работе в противоположные стороны так, чтобы снег подавался к середине отверстия ротора-метателя (снегоочистители ЭСО-3). Затем были созданы фрезерно-роторные снегоочистители, оснащенные роторами-питателями в виде системы ленточных шнеков – фрез. Роторы-питатели при работе позволяют увеличить активную площадь подрезания и забора снега, тем самым улучшают условия подачи снега к отверстию выбросного ротора-метателя, уменьшая тяговое рабочее сопротивление снегоочистителя.

Фрезерно-роторный электрический снегоочиститель ФРЭС-2 (рис. 12.12) представляет собой специально оборудованный вагон, опирающийся на две ходовых тележки *18*,который имеет внутри бытовой *1* и машинный *3* отсеки, а также кабину управления *2*. Спереди расположен фланец *6* для закрепления, при необходимости, жесткой автосцепки, используемой для выполнения маневров, а сзади – автосцепку *20* с поглощающим аппаратом. Снегоочиститель оборудован тормозной *15* и рабочей пневматическими системами. Рабочая пневматическая система используется для привода боковых крыльев *23* и подрезного ножа *9*.

Рабочий орган снегоочистителя включает верхнюю *4* и нижнюю *8* фрезы, установленные на передней раме и выбросной ротор *10*, установленный в кожухе. Привод роторов-питателей осуществляется двумя электродвигателями *16* через систему карданных валов и редукторы *13*, *7* и *5*, а привод выбросного ротора – двумя другими электродвигателями *12* через редуктор *11*. Применены электродвигатели постоянного тока с напряжением 700 В, получающие питание от специально дооборудованного двухсекционного тепловоза 2ТЭ-116.

Для привода роторов (рис. 12.13) применены цилиндрические редукторы *2* и *3* специального исполнения. Редуктор 2 имеет дополнительный выходной вал привода генератора *G1*, используемого для питания обмоток возбуждения электродвигателей *M1* … *M4*. Ротор-метатель 4 установлен непосредственно на выходном валу редуктора 3. Нижняя 9 и верхняя 7 фрезы получают вращение через специальные конические редукторы 10 и 6. Для восприятия реактивного вращающего момента редукторы связаны с рамой рабочего органа через реактивный кронштейн 5 и тягу.

Фреза (рис. 12.14) монтируется через ось *3* и подшипниковые узлы на раме *6* рабочего органа и в средней части соединена с коническим редуктором *4*. На оси смонтированы два ленточных шнека *1* и *5*, имеющих по четыре винтовых лопасти. Рабочие режущие поверхности лопастей имеют правую и левую навивки, что позволяет во время работы смещать снег к середине машины. Если лопасть нижней фрезы находится в забое, то она срезает стружку снега и направляет ее к середине, если лопасть развернулась к подрезному ножу, то она, подобно лопасти шнекового конвейера, поднимает и сдвигает снег к отверстию выбросного ротора-метателя. В этом случае, к объему срезанного лопастью снега добавляется объем, направляемый подрезным ножом и объем, обрушенный боковыми крыльями. Верхняя фреза также срезает лопастями снег в забое, сдвигает массу снега к середине и направляет в указанное отверстие.

Снегоочиститель имеет боковые крылья *2* (рис. 12.16) с подкрылками *5*, которые через петлевые шарниры *3* установлены на передней раме. В транспортном положении крылья фиксируются пневматическими стопорами *7* и стяжками *6*. В плане крылья поворачиваются пневматическими цилиндрами *8*. При разработке пионерной траншеи крылья устанавливаются в положение, показанное пунктиром, и удерживаются стопорами 7 через проушины 1, имеющие вытянутые отверстия. При втором проходе снегоочистителя производится разработка пионерной траншеи с профилированием ее боковых стенок. Для этого стопоры выводятся из контакта с проушинами, а крылья под действием напора снега раскрываются на максимальную ширину и удерживаются цепными растяжками *4*.

Подрезной нож *8* (рис. 12.17) при установках в рабочее и транспортное положения перемещается по направляющим *9* пневмоцилиндром *4* через рычажную передачу, включающую двуплечий рычаг *6* и тягу *7*. В транспортном положение, рычаг 6 удерживается пневматическим стопором *5*. Кроме того, для индикации положения подрезного ножа используется механический указатель *2* и концевой выключатель *1*, связанные через рычажную передачу *3* с двуплечим рычагом *6*.

Технические характеристики роторных снегоочистителей показаны в табл. 10.3

Таблица 10.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | ЭСО-3 | ФРЭС-2 |
| Производительность при плотности снега 500 кг/м3, т/ч | 7500 | 7500 |
| Толщина очищаемого слоя, м | 4,5 | 4,5 |
| Рабочая скорость при максимальной производительности, км/ч | 0,5 – 0,8 | 0,8 – 1,0 |
| Ширина разрабатываемой траншеи, м:  при закрытых крыльях  при открытых крыльях:  поверху  понизу | 3,4  6,0  5,0 | 3,6  5,1  4,6 |
| Дальность отброса снега, м | 50 | 40 |
| Транспортная скорость, км/ч | 60 | 100 |
| Масса снегоочистителя, т | 100 | 80 |

#### 11 МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ

#### ДЛЯ ПУТЕВЫХ РАБОТ

К механизированному путевому инструменту (МПИ) относят переносные и съёмные, обычно небольшие по массе, машины для различного ремонта, текущего содержания и даже сооружения рельсового пути. С его помощью производят большое количество операций со всеми элементами пути. Используют его и при работах на звеносборочных базах.

В настоящее время освоен выпуск МПИ для: работы с рельсошпальной решеткой; сверления отверстий в рельсах, упрочнения и снятия фасок; резания рельсов; их шлифования; работы со скреплениями, шпалами и балластом и др. элементами пути. Выпускают также энергетическое оборудование для привода этого инструмента.

**11.1. Гидравлический путевой инструмент**

Путевой инструмент с электрогидравлическим приводом развивает большие движущие силы при точном и плавном перемещении исполнительного органа, допуская регулировку скорости этого перемещения. Просадки и перекосы пути, его извилины и выбросы, угоны, а также сезонные температурные напряжения и пр. устраняют с помощью: домкратов, рихтовщиков, разгонщиков, сдвигателей и пр.

*Домкраты*

Путевыми домкратами (ПД) поднимают рельсошпальную решётку. Характеристики некоторых из них приведены в табл. 14.1.

Таблица 11.1. Основные характеристики гидродомкратов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика  домкрата | Тип домкрата | | | | |
| ПДР 8 | ДПГ; 10/ДПТ10/200 | ДП 10/ДП 10-01 | ДГ 25 | ДГ 50 |
| Грузоподъёмность,  кН | 78 | 123±25 | 196…98 /  157…98 | 245 | 490 |
| Высота подъёма, м | 0,2 | 0,2…0,3 | 0,1…0,2 | 0,15 | 0,1 |
| Сила на рукояти, Н | 250 | 147 | 118 | - | - |
| Масса, кг | 19,9 | 17,5±0,5/19±1 | 22/24 | 23 | 58 |

ПД имеют гидромеханический привод с встроенным или обособленным ручным гидронасосом (иногда с моторной насосной станцией). ПД с ручным приводом выполняют с нераздельными или раздельными (и скреплёнными) узлами гидронасоса и исполнительного органа–гидроцилиндра с гильзой и поршнем. ПД с опорой рельса на торец подъёмной гильзы или поршня в работе устойчивее (но у них велика высота подхвата), а при опоре на лапу возникают перекосы. Поэтому некоторые конструкции выполнены с несколькими лапами (иногда поворотными) и опорным торцом подъёмного элемента. Встроенный гидронасос выполняют в виде ручного плунжерного насоса с масляным резервуаром и всасывающими, нагнетающими, предохранительным и спускными клапанами. Гидросистемы обособленных насосов и гидроцилиндра ПД соединяют гидромуфтами. Подошва ПД выполнена жёсткой. Его корпус снабжён рукоятями для переноски и установки на место производства работ.

При работе ПД подошвой прочно устанавливают в вертикальном положении и подводят под рельс подъёмный элемент (в нижнем его положении). Затем приводят в действие насос, нагнетают рабочую жидкость в гидроцилиндр и смещают вверх подъёмный элемент, приподнимая рельс. Опускание рельса осуществляют с помощью спускного клапана, открывая его.



*Рихтовщики*

С помощью рихтовщиков (РХ) исправляют неисправности пути в плане поперечной его сдвижкой. Большинство РХ выполняют с ручным (Р) приводом, однако применяют и моторный привод. У РХ РГУ 1 (РГУ 2) привод с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) “Дружба 4”, ” у РГУ 1М − с ДВС “Дружба 2-Электрон”, у РГУ 1МДМ − с ДВС ДМ, у РГУ 1МЕ − с электродвигателем (Э). Характеристики некоторых РХ приведены в табл. 14.2. (\*− сила на рукояти гидронасоса.)

Таблица 11.2. Основные характеристики гидрорихтовщиков

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика рихтовщика | Тип рихтовщика | | | | | |
| РГУ 1,  РГУ 2 | РГУ 1М (РГУ1МДМ) [РГУ 1МЕ] | ГР12Б, ГР12В, ГР12М | ГР 16 | РГМ НТР16 | АСМ 109М |
| Распорная сила, кН | 49 | 58,8 | 50 ± 9 | 78 | 157 | 196 |
| Мощность, Вт, двигателя | ДВС, 2900 | ДВС, 2940  (ДВС, 3700) [Э, 1700] | РП,  162\* | РП,  147\* | РП, 157\* | РП, 245\* |
| Масса, кг | 80 | 30(110) [90] | 16…17 | 19 | 26 | 28 |

РХ с моторным приводом снабжены четырьмя съёмными исполнительными органами, схожими с ПД, снабжёнными в верхней части подъёмного цилиндра ступенчатым выступом – “гребёнкой” для упора сбоку в выступающую часть рельса. РХ с ручным приводом схожи с исполнительными органами моторных РХ, имеют наклонную компоновку и снабжены рычажным четырёхзвенным механизмом с мощными рычагами (опорой, коромыслом, сошником) для лучшей передачи движущей силы и упора в балласт.

При работе РХ с ручным приводом и исполнительные органы моторного РХ устанавливают у рельса (со стороны, противоположной направлению требуемой сдвижки) так, чтобы выступ “гребёнки“ упёрся сбоку в рельс, а рычаги расположились под его подошвой. Устанавливать гидроцилиндры РХ следует под углом наклона (15…20)о так, чтобы опора не проскальзывала на балласте, а РХ более 25 мм не приподнимал путь. Сдвижку пути осуществляют при силовом воздействии на рельс “гребёнки” цилиндра.

*Разгонщики*

С помощью разгонщиков (РГ) восстанавливают нормальные зазоры между рельсами в стыках, нарушенные при угоне пути. Характеристики некоторых РГ приведены в табл. 11.3.

Большинство РГ схожи по конструкции и состоят из двух гидроцилиндров и двух корпусов, с одним из которых скреплены торцы цилиндров, а с другим – торцы штоков. На обоих корпусах размещены управляемые вручную рельсовые зажимы. На одном

Таблица 11.3. Основные характеристики гидроразгонщиков

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика  разгонщика | Тип разгонщика | | | | | | |
| РЛ12 | РЛ16 | Р25 | РН-  01А | Т455 | РН-  04А | РГ30 |
| Распорная сила, кН | 118 | 157 | 255 | 250 | 255 | 295 | 294 |
| Ход штока (с перехватом), м | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,15 (0,3) | 0,1 | 0,1 | 0,15 |
| Сила на руко-  яти насоса, Н | 147 | 157 | 167 | 180 | 196 | 147 | 156 |
| Масса, кг | 36 | 40 | 57 | 78 | 53 | 55 | 73 |

из корпусов установлен гидронасос с ручным приводом. Имеются ролики для перемещения по рельсу (у РЛ 12 их нет).

При работе один корпус скрепляют зажимом с головкой первого из состыкованных рельсов, а другой – с головкой второго. При работе гидронасоса на цилиндры и штоки действуют осевые силы, смещающие корпусы РГ и зажатые ими концы рельсов. Для уменьшения требуемой силы стыковые болты, костыли и пр. ослабляют.

*14.1.4. Сдвигатели рельсовых путей*

С помощью сдвигателей (СРП) осуществляют разрядку температурных напряжений в рельсовых плетях, введение их в расчётный температурный интервал и обеспечение необходимого стыкового зазора между ними. Характеристики некоторых СРП приведены в табл. 14.4.

Таблица 11.4. Основные характеристики сдвигателей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристи-  ка сдвигателя | Тип сдвигателя | | |
| ТН 70 | УНГ 75 | НРП 100-05  (СПН 100- 500) |
| Сила сдвижки, кН | 400...700 | 610...735 | 1000 |
| Рабочий ход, м | 0,335 | 0,35 | 0,35 |
| Масса, кг | 345 | 350...380 | 450 |

По своему устройству СРП схожи с РГ, выполненными более “мощными” для реализации больших движущих сил и перемещений исполнительного органа. Их привод раздельный, в виде ручных гидронасосов (ГР 1 у УНГ 75 и СГР 1-8 у НРП 100-05) или в виде комбинированного насоса (НГЭК у УНГ 75) и моторного насоса у НРП 100-05. Для увеличения хода исполнительного органа применены дополнительные тяги − вставки, удлиняющие штоки гидроцилиндров. СРП выполнены блочными с возможностью разборки на несколько узлов.

Операции взаимодействия элементов СРП и рельсовых плетей схожи с операциями при разгонке стыков. Однако требуется обязательная вывеска плетей на ролики, катучие опоры или пластины из антифрикционных материалов (полиамида, фторопласта). Технологический процесс должен соответствовать специальным *«Техническим указаниям по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути»* – (М.: Транспорт, 2000).

На рис. 14.5. приведена структурная схема СРП УНГ 75.

Для СРП актуальны те же проблемы, что и для РГ. Кроме того, вся его конструкция должна быть жёсткой и прочной при наименьшей массе.

Зарубежные аналоги фирмы «Пляссер и Тойрер» (*НДМ* 50/70, *ОДМ* 50/70), «Жейсмар» (*ТН* 70, *ТН* 70*V*2, *ТН* 70*E*, *ТН* 70*EC)* и др. по конструкции и характеристикам несущественно отличаются от отечественных образцов.

Расчёт изменения Δ*l* длины *L* плети, м, и требуемой движущей силы *P*, Н, ведётся по формулам:

  (11.4)

где α – коэффициент линейного расширения стали, 1/ºC; Δ*t* – увеличение температуры закрепления плети, ºC; *E* − модуль упругости рельсовой стали, Па; *F* – площадь поперечного сечения рельса, м2; *q* − погонная масса рельса, кг/м; *fi* – коэффициент трения скольжения подошвы рельса по подкладкам.

Следует иметь в виду, что при *P* ≥ 687 кН, в случае “натяжения” плети и ослаблении скреплений не на всей её длине могут возникать необратимые удлинения рельсов.

Скорость сдвижки у составляет около (0,37 ± 0,03)·10-3, м/с.

**11.2. Электрический путевой инструмент**

11.2.1. *Рельсорезные станки*

Рельсорезные станки (РРС) применяют для вырезки дефектных мест в плетях и рельсах, укорачивания последних при укладке в кривых участках пути, заготовки уравнительных вставок и др. На смену усовершенствованным ножовочным станкам (РНС) типа РМ 5ГМ с гидравлическим устройством подачи приходят станки с абразивными отрезными дисками (РАС), быстро режущие закалённые рельсы. Характеристики некоторых РРС приведены в табл. 14.6.

Таблица 11.6. Основные характеристики рельсорезных станков

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характерис-  тика станка | Тип рельсорезного станка | | | |
| РМ 5ГМ | РА 2 | РМК | РР 80 |
| Время резания рельса, мин | 11...20 | 1 | 5 | 2 |
| Двигатель, мощность, кВт, (частота, об/мин) | Э, 1,5; (1490) | Э, 55; (3820) | ДВС “Урал 2Т Электрон”,  3,7; (6200) | ДВС “*Stihl TS* 760”, 4,8;  (6200) |
| Масса, кг | 90 | >83 | 35 | 30 |

РРС состоит из двигателя, механизмов передачи движения на пильную рамку или шпиндель с ножовочным полотном или абразивным диском, механизма подачи инструмента, рамы и рельсового зажима. У РМ 5ГМ движение на пильную рамку передаётся с помощью червячного редуктора и кривошипно − ползунного механизма, у РА 2 – клиноремённой передачи, у РМК – зубчатой конической передачи, у РР 80 – ремённой и цилиндрической зубчатой передачи. Механизм подачи у РМ 5ГМ выполнен рычажно − гидравлическим автоматическим, у РА 2 – рычажно − пружинным ручным, у РМК и РР 80 – двухрычажным ручным. При работе раму РРС скрепляют зажимом с рельсом, включают в работу двигатель и режут рельс полотном или диском, заглубляя последние (у РМ 5ГМ – автоматически, у остальных станков – нажимая на рельс диском, поворачивая соответствующим образом рычаги и покачивая диском в прорезии). Для окончательного разреза рельса рычаги РМК и РР 80 разворачивают.

11.2.2. *Рельсосверлильные станки*

Рельсосверлильные станки (РСС) используют для образования сверлом отверстий в рельсах под болты стыковых накладок, штыри рельсовых соединителей и пр. Новые РСС снимают фаски у отверстий рельсовым фаскосъёмником и упрочняют их стенки рельсовым раскатником. Характеристики РСС старой (1024 В, РСМ 1М) и новой (СТР 1, СТР 2, СТР 3) конструкции приведены в табл. 11.7.

Таблица 11.7. Основные характеристики рельсосверлилок

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика  станка | Тип рельсосверлильного станка | | | | |
| 1024 В | РСМ 1М | СТР 1 | СТР 2 | СТР 3 |
| Время сверления рельса, мин | 3 | 2 | 2 | 2; 1 | 1,25 |
| Двигатель, мощность, кВт | Э,  1 | Э (Д),  1,7 | Э (Д),  1,5 | Э (Д),  1,7 | Э (Д),  1,7 |
| Скорость шпинделя, об/мин | 93 | 175 | 270 | 180; 360 | 480 |
| Подача, мм/об | Ручная | 0,087 | 0,06 | 0,089 | 0,058 |
| Масса, кг | 40 | 58 | 40 | 55 | 45 |

РСС включает в себя двигатель, механизмы вращения и подачи шпинделя со сверлом, раму и жёсткий рельсовый зажим. Механизм вращения шпинделей выполнен зубчатым. Механизм подачи у 1024 В – винтовой ручной, у остальных станков он автоматический и совмещён с механизмом вращения (у РСМ 1М зубчато − винтовой, у СТР зубчато − кулачковый). Механизм вращения СТР 2 включает в себя двухскоростную коробку скоростей. Станки РСМ 1М и СТР 3 снабжены регулируемыми предохранительными муфтами. СТР 3 упрочняет стенки отверстия без раскатника. У новых РСС − мощные быстродействующие зажимы с рельсовыми шаблонами.

При работе раму РСС зажимом скрепляют с рельсом, приводят в действие двигатель и через механизмы вращения и подачи шпинделя со сверлом заглубляют последнее в рельс, срезая стружку и формируя отверстие.

11.2.3. *Фаскосъёмные станки*

Фаскосъёмные станки (ФС) предназначены для снятия фасок у ранее выполненных отверстий в рельсах. Характеристики ФС приведены в табл. 11.8.

Таблица 14.8. Основные характеристики фаскосъёмников

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика станка | Тип станка | |
| ФС 1 | ФС 2 |
| Время снятия 2-х фасок, мин | 1 | 0,1 |
| Двигатель, мощность, кВт | Р | Э, 0,4 |
| Масса, кг | 5 | 15 |

ФС состоит из двигателя, механизмов вращения и подачи зенковки (у ФС 1 две зенковки), устройства центрирования последней на отверстии, рамы и зажима. Механизм вращения у ФС 1 рычажно − храповой, у ФС 2 – зубчатый, механизм подачи – винтовой. При работе зенковку центрируют на отверстии, скрепляют раму с рельсом, приводят в винтовое движение зенковку и снимают фаску.

11.2.4. *Рельсошлифовальные станки*

Рельсошлифовальные станки (РШС) используют для доведения до необходимого профиля сварных швов, наплавленных дефектных мест на рельсах и стрелочных переводах, устранения волнообразных неровностей и пр. Характеристики некоторых РШС приведены в табл. 14.9.

Таблица 11.9. Основные характеристики рельсошлифовалок

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика  рельсошлифова-  льного станка | Тип рельсошлифовального станка | | | | | |
| МРШ 3 | СШ 1 | 2152 | СЧР | СЧР А | ШПШ |
| Диаметр круга, м | 0,20 | 0,150 | 0,250 | 0,125;  0,150 | 0,125;  0,150 | 0,250 |
| Окружная ско-  рость круга, м/с | 40 | 21 | 37 | 40 | 40 | 40 |
| Двигатель, мо-  щность, кВт | Э;  0,4 | Э; 0,5 | Э; 1,7 | Э; 1,7 | Э; 1,7 | Э; 1,7 |
| Масса, кг | 11,5 | 10 | 110 | 95 | 65 | 55 |

У РШС МРШ 3 старой конструкции круг скреплён непосредственно с валом электродвигателя; у СШ 1 вращение на круг с частотой 2800 мин-1 передаётся через зубчатую двухступенчатую коробку скоростей (СШ 1 при замене круга на сверло по дереву работает как РСС с частотой вращения сверла 507,мин-1).

Остальные РШС имеют более сложную конструкцию, включая в свой состав двигатель, передачи вращения круга, механизмы его подачи, устройства изменения его положения относительно рельса (для обработки различных его частей) и раму. РШС ШПШ снабжён рычажным манипулятором для подвода круга к любой точке сварного шва по всему контуру рельса. Рама РШС снабжена роликами для перемещения по рельсу (у ШПШ − рельсовым зажимом). РШС СЧР снабжён двумя роликовыми кассетами для лучшего воздействия круга на неровности волнообразного износа. При работе МРШ 3 и СШ 1 держат в руках, производя необходимые манипуляции; ШПШ зажимом скрепляют с рельсом, манипулируя кругом с помощью рычажной его подвески; остальные РШС устанавливают роликами на рельс в месте производства работ и шлифуют его при вращении круга двигателем и периодическом возвратно-поступательном смещении станка. По мере надобности изменяют положение круга относительно рельса. Следует особо отметить сложность манипуляций при шлифовании станком 2152 элементов крестовин стрелочных переводов.

11.2.5. *Шурупогаечные ключи*

Шурупогаечные ключи (ШГК) предназначены для работы с болтами и шурупами соединений рельсов друг с другом и скреплений их с железобетонными шпалами. Характеристики некоторых ШГК приведены в табл. 11. 10.

Время завёртывания (отвёртывания) ШГК гаек − (4...5) с, шурупов – (5...12) с. В связи с высокой производительностью ШГК применяются при строительстве пути, сплошной смене шпал, капитальном ремонте или сборке звеньев на базах.

Таблица 11. 10. Основные характеристики шурупогаечных ключей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика ключа | Тип шурупогаечного ключа | | | | |
| КПУ | ШВ 2М | КШГ 1 | КШГ 1А | КШГ 1Б |
| Крутящий  момент, Н·м | 600 | 120...450 | 250...1100 | 250...1100 | 250...1100 |
| Двигатель,  мощность, кВт | Э, 0,64 | Э,  1,7 | Э,  3 | ДВС,  5,6 | ДВС,  6,6 |
| Скорость шпин-  деля, об/мин | 660 | 45; 250; 980 | 20; 100 | 30; 150 | 32,5; 160 |
| Масса, кг | 27 | 66 | 110 | 110 | 110 |

ШГК включают двигатель, механизм передачи вращения на шпиндель с гаечной головкой или наконечником для шурупов, механизм манипулирования шпинделем, раму и тележку. ШГК КПУ выполнен с ударно-вращательным механизмом передачи крутящего момента и с механизмом поворота шпинделя в вертикальное и горизонтальное положение. ШГК ШВ 2М снабжён коробкой скоростей, регулируемой муфтой передачи вращения на шпиндель и дополнительным шпинделем (ω*с* = 980 мин-1) для шпального сверла. ШГК КШГ оборудованы дополнительными устройствами для контроля крутящего момента, его плавного регулирования, реверсирования шпинделя и пр.

При работе ШГК устанавливают на рельс в зоне производства работ, манипулируя соответствующими звеньями, вводят рабочий инструмент (головку, наконечник) в контакт с гайкой или шурупом, включают двигатель в работу и при вращении шпинделя производят соответствующую операцию.

Для примера на рис. 14.15. приведена структурная схема ШГК КПУ, на рис. 14.16. − ШГК КШГ 1 (из-за сложности изображения не показана левая рукоять ключа, регулятор крутящего момента и связь правой рукояти с рукоятью реверса).

Совершенствование ШГК связано с улучшением схем и конструкций механизмов передачи, регулировки и контроля крутящего момента на шпиндель и механизмов манипуляции последним, с также с переходом на высокочастотный электропривод и гидропривод.

Конструкции зарубежных аналогов многочисленны и разнообразны: французской фирмы !Жейсмар» (*TS* 1, *TS* 2, *TB* 1, *TB* 2, *TRAS*, *TRA* 200, *MTE*. 1, *TEM*. 2, *BS*. 1, *BS*. 2, *BSR*. 8 и мн. др.), германской фирмы «Робель» (30.34, 30.51, 30.52, 30.62, 30.82, 30.83 и мн. др.), итальянской фирмы «М.Ф.И. Сучи» (*S* 1,..., *S* 10, *S* 26), австрийской фирмы «Пляссер и Тойрер» (*MS* 60*d*/*b*, *MSB* 60/12*d*) и др. Следует отметить ШГК *BSR*. 8 как имеющий наибольший крутящий момент (830...2490, Н·м), правда при массе 249 кг.

Вращению шпинделя ШГК препятствует момент, Н·м, сил трения в резьбе болта или шурупа и на торце их головок:

 (11.9)

где *К* – коэффициент возможного увеличения момента сил из-за повреждения резьбы, её загрязнения, ржавления (особенно при отвинчивании); К ≈ 1,1...2 и уточняется экспериментально); *P –* сила затяжки болта (шурупа), Н. *d* – внутренний диаметр резьбы, м; λ – угол подъёма витков резьбы [λ = arc tg (*p*/π *d*)]; *p* – шаг резьбы, м; ρ – приведённый угол трения в резьбе [ρ = arc tg (*f*n/cos 0,5*α*)]; *f*n – коэффициент трения в резьбе; *α* – угол профиля резьбы; ρ ≈ 8,53˚; *fi*  – коэффициент трения на торце головки (*fi* ≈ 0,17 ± 0,2); *D* – размер зева гаечного ключа, м.

Мощность, Вт, двигателя (при отсутствии в приводе ударно- импульсного механизма, повышающего движущий момент сил в 1,5...2 раза), *N*д1 ≥ *M*max π ω/(30 η0) (здесь ω – частота вращения ключа, мин-1; η0 – общий КПД привода).

11.2.6. *Электрический путевой инструмент для работы с балластом*

Наиболее распространённым инструментом для работы с балластом являются электрошпалоподбойки (ЭШП), предназначенные для уплотнения балласта под шпалами. Характеристики некоторых ЭШП приведены в табл. 14.11.

Синхронная частота вращения ротора электродвигателей (Э), обычно, составляет 3000 мин-1. Все современные ЭШП имеют одинаковую компоновку. Они представляют собой вибраторы ненаправленного действия с дебалансом, скреплённым с валом электродвигателя так, что плоскость действия вынуждающей колебания силы совпадает с плоскостью

Таблица 11.11. Основные характеристики электрошпалоподбоек

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика электрошпалоподбойки | Тип электрошпалоподбойки | | |
| ЭШП 9 | ЭШП 9M2 | ЭШП 9М3 |
| Вынуждающая сила, кН | 2,45 | 2,45 | 2,5 |
| Мощность Э, кВт | 0,52 | 0,52 | 0,55 |
| Масса, кг | 19,8 | 18,5 | 18,5 |

подбивочного полотна, повышая эффективность работы. ЭШП снабжены рукоятями и амортизирующими устройствами для защиты монтёра пути от вибрации. Рукоять у ЭШП 9 жёсткая с резиновыми насадками, у остальных ЭШП − сборная с резиновым упругим элементом. Амортизирующая подвеска рукоятей представляет собой сочетание резинометаллических амортизаторов и резиновых ремней. ЭШП 9М3 снабжена электрическим выключателем.

В процессе работы при вращении электродвигателем дебаланса возникает неуравновешенная центробежная сила инерции. Корпус ЭШП при этом приводится в состояние вынужденных колебаний. Они передаются подбивочному полотну. Последнее, при заглублении его вручную в балласт, передаёт ему вибрацию и периодические ударные импульсы с частотой, кратной частоте вращения дебаланса. При этом осуществляется уплотнение балласта.

На рис. 14.17. представлена структурная схема ЭШП 9М3.

Совершенствование ЭШП, снижение уровня вибрации, передаваемой на руки монтёра пути, уменьшение массы и увеличение вынуждающей колебания силы связано с улучшением амортизирующих устройств и использованием высокочастотного электропривода (готовится к выпуску высокочастотная ЭШП В).

Зарубежные аналоги французской фирмы «Жейсмар» (*GB* 4), австрийской фирмы «Пляссер и Тойрер» (*EST* 2*b*, *ST* 4, *ST* 5*e*), американской фирмы «Мэтвелд» (01300), итальянской фирмы «М.Ф.И. Сучи» и др. непринципиально отличаются от отечественных ЭШП. Интересно отметить, что ЭШП *GB* 4 работает на частоте 4200 мин-1 (однако имеет массу 33 кг), а ЭШП 01300 выполнена как многоцелевой инструмент со сменными насадками.

Вынуждающая колебания ЭШП сила, Н:

 (11.10)

(здесь *m*д – масса дебаланса, кг; *e* – экстрентриситет – смещение центра массы дебаланса относительно оси его вращения, м; ω – угловая скорость дебаланса, 1/с; ω0 – синхронная частота вращения ротора электродвигателя (ω0 = 3000 мин-1)).

Амплитуда, м, колебаний наконечника подбивочного полотна *A*  = *m*д /*m*м (здесь *m*м – масса ЭШП, кг).

Мощность, Вт, приводного электродвигателя ЭШП:

 (11.11)

где *N*т  – мощность, расходуемая на трение в подшипниках ЭШП, Вт; ηд – КПД электродвигателя.

Мощность *N*т ≈ 0,003*P*0,5*d*ω (здесь 0,003 – приведённый коэффициент трения в подшипниках качения; *d* – диаметр трения подшипника, м). У современных ЭШП *N*д ≈ (300...500) Вт. Показатель качества выполнения, сборки и состояния ЭШП Kк = *N*д/*N*xx → (0,07...0,05) (здесь *N* xx - мощность электродвигателя на холостом ходу). У современных отечественных ЭШП Kк составляет величину 0,163.

11.2.7. *Электрический путевой инструмент для работы со шпалами*

Соответствующим МПИ сверлят и рассверливают отверстия в деревянных шпалах под костыли и дюбели, режут эти шпалы, затёсывают старогодные шпалы под подкладки при сплошной смене рельсов, а также для сплошной выправки подуклонки и для ремонта шпал на шпалоремонтных заводах, заменяют как деревянные, так и железобетонные шпалы, забивают костыли и извлекают их и выполняют другие работы.

Сверление отверстий в шпалах под шурупы и костыли осуществляют сверлошлифовалкой СШ 1 и шуруповёртом ШВ 2М.

Режут шпалы (деревянные и железобетонные) РАС РР 80. При деревянных шпалах используют и переносные станки с режущей цепью (типа «Дружба», «Тайга»).

Затёсывают шпалы станком ШС 2 старой конструкции Работы по смене шпал с возможностью пропуска поездов целесообразно осуществлять подготовленной к выпуску лёгкой машиной для одиночной смены шпал МСШ с ручным приводом.

Для забивки костылей в шпалы применяют костылезабивщик ЭПК 3. Он имеет цилиндрическое строение с электродвигателем (мощностью 0,6 кВт и частотой вращения 2800 мин-1) и зубчатой конической передачей вращения на кривошип (ω= 1100 мин-1) в верхней части, с кривошипно − ползунным механизмом и компрессором в средней части и с подпружиненным забойником в нижней части. Забойник воздействует на головку костыля при соударении с ним (забойником) бойка, перемещаемого как поршень сжимаемым в компрессоре воздухом. При забивке костыля (при переходе с холостого режима на рабочий) монтёр пути через рукояти прижимает забойник к головке костыля. Время забивки (3...5) с, энергия удара 21 Дж, масса устройства 24 кг.

Для выдёргивания путевых костылей из шпал применяют костылевыдёргиватель КВД 1. По компоновке он схож с костылезабивщиком: в верхней его части размещены электродвигатель (мощностью 0,4 кВт), кулачково-плунжерный гидронасос и рукоять управления. В средней части размещены ползун, на который воздействуют рабочая среда насоса и возвратные пружины, а в нижней части – система ползунов и рычагов многозвенного ползунно − рычажного механизма, образующего клещевой захват костыльной головки и выталкиватель костыля из захвата после завершения операции. Костылевыдёргиватель развивает силу в 50 кН, вытаскивает костыль за 5 с, имеет массу 21 кг.

Разрабатываются и созданы и другие устройства для работы со шпалами (готовится к выпуску шпалоперегонщик ШПГ 2,5 с ручным гидромеханическим приводом и др.).

Совершенствование рассматриваемого инструмента связано с поиском двигателей, имеющих лучшие характеристики, с возможным применением высокочастотного электропривода и совершенствованием конструктивных решений устройств. Готовится к выпуску ЭПК В с высокочастотным электроприводом.

Зарубежные шпалосверлильные станки французской фирмы «Жейсмар» (*РТ-SL*, *РТ-L* и др.) имеют более мощный привод (с Э или ДВС, мощностью 2,2...2,5 кВт). *РТ*-*SL* после установки глубины сверления работает автоматически (как в вертикальном, так и в наклонном положении); *РТ*-2*Т* выполнен с двумя сверлильными головками. Масса станков − от 33 до 50 кг.

Машины для замены шпал (финской фирмы «Маансиирто Хююрюлайнен», американских фирм «Тайрмон Тампер» (*МВТХ*), «Рекспорд» (*Х*) и др.) по своей конструкции более компактны. Модель *Х* прикладывает к шпале силу 54,4 кН рывком.

Костылезабивщик французской фирмы «Жейсмар» (*PSD* 2) выполнен как автономная машина, которая разбирается на три блока. Германская фирма «Атлас Копкон» и шведская «Берета» выпускают сверлилку – бетонолом (*m* = 25 кг) со сменным оборудованием для забивки костылей.

За рубежом производят костыледёры с ручным (французская фирма «Матиза», со сменными костыльными захватами, фирма «Клипилл», *m* = 4,75 и 6,8 кг, для удаления пружинных костылей и снятия подкладок различной конфигурации и др.) и с гидромеханическим приводом (французская фирма «Жейсмар» (*АС* 1 и *АС* 3), *m* = 85 и 130 кг; *N*д = 3,5 и 6 кВт, сила 60 кН; фирма «Лоскспайк» (*Mark* 1), *m* = 11,8 кг; (*SKL* 12, *SKL* 14) и др.).

При сверлении деревянных шпал сила сопротивления и потребляемая мощность зависят от породы древесины, направления волокон и пр. Породы древесины подразделяют на твёрдые (дуб, бук, клён, вяз, ясень), средние (берёза, сосна, ольха, лиственница) и мягкие (липа, ель, осина, тополь, ива). Для расчётов *N*дер используют значение мощности *N*мет для сверления металла, *N*дер = 103 *N*мет *D*/K (здесь *D* – диаметр сверла, м). Коэффициент K, мм-1, для разной глубины сверления приведён в табл. 11.12.

Таблица 11.12. Значения переходного коэффициента K

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики сверления | Значения коэффициента K | | | | |
| Глубина сверления, мм | 30 | 50 | 100 | 150 | 300 |
| Порода дерева: |  |  |  |  |  |
| твёрдая и средней твёрдости | 1,45 | 1,40 | 1,25 | 1,15 | 1 |
| мягкая | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1 |

11.2.8. *Рельсоподъёмники*

Рельсоподъёмники (РП) предназначены для перемещения рельсов всех типов при ремонте железнодорожного пути. Характеристики РП приведены в табл. 14.13.

РП − это лёгкие грузоподъёмные козловые краны с ручным приводом подъёма, поперечного смещения рельсов и перемещения их по пути. Они выполнены с двумя парами расходящихся сверху вниз опор с колёсами на концах, скреплённых наверху с поперечной балкой. На последней установлены механизмы подъёма и поперечного смещения рельсов. Тяговые элементы РП – цепи, снабжёны захватами для рельсов (у КР 2 − автоматического действия с аварийным сбросом груза за 1 с). Таль у РП включает в себя зубчатый планетарный механизм с храповым остановом.

Таблица 11. 13. Основные характеристики рельсоподъёмников

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика рельсоподъёмника | | Тип рельсо-  подъёмника | | | |
|  | | КР 1 | | КР 2 | |
| Грузоподъёмность, кН | | 10 | | 10 | |
| Высота подъёма, м | | 0,45 | | 0,40 | |
| Величина поперечного перемещения, м | | 1,06 | | 1,06 | |
| Силы на рукоятях механизмов подъёма и поперечного перемещения, Н | | 147 | | 147 | |
| Сила сопротивления перемещению рельсоподъёмника вдоль пути, Н | | 270 | | 270 | |
| Масса, кг | | 100 | | 100 | |

Механизм поперечного смещения тали цепной. Указанные механизмы у КР 1 и КР 2 имеют разную компоновку − у КР 2 оператор, работая с механизмами, всё время находится вне зоны подъёма и опускания рельса. РП снабжены телескопической опорой для перемещения рельса с обочины на путь.

В работе участвуют одновременно два РП. При работе операторы манипулируют захватами, рукоятями подъёма и смещения груза и перемещения РП.

Совершенствование РП связано с использованием для несущих элементов лёгких и прочных материалов и улучшением их схем и конструкций.

Зарубежные РП (французской фирмы «Жейсмар» (*PSR*, *JM* 3), германской фирмы «Робель» (40.44, 40.51), польской фирмы «Взутки» (*ZPK* 56)) существенных отличий от отечественных РП не имеют.

Расчёты механизмов РП выполняют по методикам расчёта грузоподъёмных машин. Например, для подъёма на высоту *H*, м, рельса массой *m*, кг, с требуемой скоростью *v*, м/с, требуется приложить следующий движущий момент сил, Н·м:

 (11.14)

(здесь ω – частота вращения приводной рукояти, мин-1). При буксировке тележки, толкании РП необходимо приложить силу тяги, толкания *P* = 9,81 μ *m* /(0,5 *D*), Н (здесь μ – коэффициент трения качения, м; для стального колеса, катящегося по рельсу, μ ≈ 0,05·10-3; *m* – масса устройства, кг; *D* – диаметр колёс, м).

**11. 3. Энергетическое оборудование для путевых работ**

11.3.1. *Источники энергоснабжения гидравлического путевого инструмента*

Гидравлический МПИ с раздельным приводом приводится в действие от ручных и моторных гидронасосов (ГН). Ручные ГН меньше по массе и размерам. Реализуя небольшие скорости, они обладают возможностью лёгкого изменения их. Моторные же ГН обладают существенно большей производительностью, реализуют повышенные скорости и силы, исключают ручной труд при прокачивании рабочей жидкости и могут обслуживать несколько потребителей одновременно. Характеристики некоторых ГН приведены в табл. 11.14. (Подача за цикл в 10-3м3).

Таблица 11.14. Основные характеристики путевых гидронасосов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика  гидронасоса | Тип гидронасоса | | | |
| ГР 1 | СГР 1-8 | НГЭК | Для СРП НРПЭ 100-05 |
| Давление, МПа | 16/44 | 31,3 | 30,4 | 44 |
| Расход, 10-6 м3/с | - | - | 24,8 | 83 |
| Подача за цикл | 10/2,83 | 8 | - | - |
| Объём бака, 10-6 м3 | 8,5 | - | 25000 | 21000 |
| Двигатель, мощность, кВт | P | P | P + Э, 1,2 | Э, 4 |
| Масса (сухая), кг | 50 | 30 | 45 | 65 |

Отечественные ГН выполнены блочными по конструкции и состоят из узлов двухплунжерного насоса, блока управления с гидромуфтами, бака, рамы. Моторные ГН имеют двигатель и передачи.

Работа ГН после подсоединения их гидромуфтами к гидроцилиндрам МПИ осуществляется по известным принципам

работы гидромашин.

На рис. 14.18. представлен чертёж ручного ГН ГР 1, на рис. 14.19 − ГН НГЭК с ручным и электродвигательным приводом.

Перспективы совершенствования ГН связаны с повышением гидроплотности, конструктивным улучшением и поиском двигателей с высокой удельной мощностью.

Из зарубежных ГН интересно устройство американской фирмы “Мэтвелд”, устанавливаемое на любой подвижный состав с гидравлической системой.

Расчёт ГН ведётся по методикам расчёта гидромашин. Например, давление в гидросистеме ручного ГН, МПа, *p* = 4 *P*/[(*D*2 − *d*2ш) π] (здесь *P* – требуемая рабочая сила, Н; *d*ш – диаметр штока поршня гидроцилиндра, м).

При моторном приводе частота вращения, мин-1, входного звена, обеспечивающая требуемый расход рабочей среды, ω = 60 *Q*/(К 0,25 π *D*2 *L*). Скорость, м/с, перемещения подвижного звена гидроцилиндра путевого инструмента при подаче рабочей среды в поршневую (*V*1) и в штоковую (*V*2) полость:

 (11.15)

(здесь η – гидравлический КПД гидроцилиндра).

11.3.2. *Источники энергоснабжения электрического путевого инструмента*

При производстве путевых работ в качестве основных источников энергоснабжения электрического МПИ применяют переносные электрические станции − электроагрегаты (ЖЭС). Характеристики некоторых ЖЭС приведены в табл. 14.15. (\* − приводной двигатель бензиновый; \*\* − то же, дизельный, \*\*\* − расход удельный).

ЖЭС состоит из электрогенератора, связанного с приводным ДВС, аппаратуры управления, выпрямителей и распределительных устройств, размещённых на раме.