

Содержание

Введение.....	10
1 Эксплуатационная часть.....	13
1.1 Технология расформирования составов на сортировочных станциях.....	13
1.2 Предпосылки автоматизации производственного процесса на сортировочных горках.....	23
1.3 Расчет перерабатывающей способности сортировочной горки.....	35
2 Техническая часть.....	36
2.1 Комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом.....	36
2.1.1 Структура КСАУ СП.....	36
2.1.2 Система микропроцессорной горочной автоматической централизации.....	38
2.1.3 Контроллер вершины горки.....	42
2.1.4 Подсистема ГАПС Р.....	47
2.1.5 Подсистема автоматизированного управления компрессорной станцией КСАУ КС.....	51
2.1.6 Контрольно-диагностический комплекс станционных устройств (КДК СУ ГАЦ).....	53
2.1.7 Подсистема автоматизированного регулирования скоростей скатывания отцепов и управления прицельным торможением (АРС-УУПТ).....	56
2.2 Напольные устройства.....	57
2.2.1 Управление стрелочным электроприводам СПГБ-4Б.....	57
2.2.2 Комплексирующая защита горочных стрелок.....	60
2.2.3 Индуктивно-проводной датчик.....	62
2.2.4 Радиотехнический датчик.....	73

2.2.5 Рельсовые цепи.....	78
2.2.6 Устройство счета осей.....	84
2.2.7 Горочные светофоры.....	88
2.2.8 Скоростемеры.....	89
2.2.9 Вагонные замедлители.....	91
2.2.10 Контроль заполнения путей.....	93
2.3 Электропитание устройств ГАЦ.....	94
3 Экономическая часть.....	97
3.1 Характеристика технико-эксплуатационных преимуществ проекта. .	97
3.2 Определение капитальных вложений на внедрение системы КСАУ СП.....	100
3.3 Расчет экономии эксплуатационных расходов.....	101
3.3.1 Алгоритм расчета общей экономии эксплуатационных расходов	101
3.3.2 Экономия эксплуатационных расходов, связанная с сокращением вагоночасов.....	101
3.3.3 Экономия расходов, связанных с оплатой труда эксплуатационного персонала.....	102
3.3.4 Экономия расхода топлива на выполнение маневровой работы.	103
3.3.5 Определение годовой экономии за счет сокращения количества повреждённых вагонов и порчи груза при внедрении горочного комплекса.....	105
3.3.6 Дополнительные затраты на электроснабжение устройств автоматики в год.....	105
3.4 Расчет срока окупаемости капитальных вложений.....	106
4 Искусственное освещение рабочего места ДСПГ.....	107
4.1 Искусственное освещение.....	107
4.2 Методика расчета искусственного освещения. Характеристика ламп накаливания.....	108

4.3 Расчет искусственного освещения рабочего места дежурного по горке.....	112
Заключение.....	115
Список литературы.....	116

Введение

Технологическая работа, связанная с переработкой грузовых составов на специальных станциях, является неотъемлемой частью перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Такие станции называются сортировочными.

Сортировочные станции являются главными опорными пунктами по организации вагонопотоков на сети дорог. От их четкой работы, особенно в условиях роста объемов перевозок, зависят эффективность и конкурентоспособность железнодорожного транспорта. Именно на них зарождаются и завершаются грузопотоки, формируются и расформируются составы грузовых поездов. Они являются силовыми узлами сети, приводящими в движение весь транспортный механизм.

Стратегической программой развития ОАО «РЖД» до 2030 года поставлена задача существенного повышения производительности труда, сокращения эксплуатационных расходов, перехода на малолюдные технологии работы сортировочных станций при обеспечении безопасности технологических процессов формирования-расформирования составов. Особое внимание обращается на необходимость концентрации сортировочной работы на крупных сортировочных станциях сетевого и регионального значения, на которых должны быть обеспечены высокопроизводительная переработка вагонов и выполнение жестких нормативов простоя вагонов. Поэтому эффективность функционирования механизированных и автоматизированных сортировочных комплексов в значительной степени определяет сроки доставки грузов потребителям транспортных услуг и результаты работы сети железных дорог в целом.

Для выполнения данных стратегических задач необходим комплексный подход, который заключается во внедрении комплексной системы автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП).

Горочный комплекс состоит из следующих подсистем:

- микропроцессорная ГАЦ с ведением накопления вагонов в сортировочном парке (ГАЦ МН);
- программно-задающее устройство, которое в составе КСАУ СП получило название контроллер вершины горки (КВГ)
- горочная автоматическая локомотивная сигнализация с телеуправлением локомотивами и передачей информации по радиоканалу (ГАЛС-Р);
- подсистема автоматизированного регулирования скоростей скатывания отцепов и управления прицельным торможением (АРС-УУПТ) с функциями контроля и диагностики процесса торможения (СКДТ);
- контрольно-диагностический комплекс станционных устройств горочной зоны (КДК СУ ГАЦ);
- комплексная система автоматизированного управления компрессорной станцией (КСАУ КС).

Каждая подсистема состоит из постового и напольного оборудования. К напольному оборудованию относятся устройства контроля процесса роспуска (рельсовые цепи, счетчики осей, скоростемеры, весомеры, датчики свободы стрелочных участков) и устройства управления движения отцепов – стрелки спускной части горки и замедлители тормозных позиций.

В настоящее время в России работают 58 сортировочных станций и свыше 70 сортировочных горок повышенной, большой и средней

мощности. Кроме того, более 100 горок малой мощности выполняют обработку местного грузопотока[5].

С ростом объемов перевозок возрастает важность проблемы кардинальной модернизации технологии и технических средств сортировки вагонов. Это позволяет решить задачу освоения возрастающего вагонопотока, снижения текущих затрат за счет механизации и автоматизации сортировочных процессов, повышения эффективности работы сортировочных станций в целом.

1 Эксплуатационная часть

1.1 Технология расформирования составов на сортировочных станциях

В зависимости от размеров и характера перерабатываемых вагонопотоков на станциях для сортировки вагонов применяются: сортировочные горки повышенной, большой, средней и малой мощности; вытяжные пути специального профиля и стрелочные горловины на уклоне; вытяжные пути и стрелочные горловины на площадке.

Подразделяются сортировочные станции на односторонние и двухсторонние и включают три парка: парк приема или парк прибытия (ПП), сортировочный парк (СП), парк отправления (ПО). Между парком приема и сортировочным располагаются пути надвига и спускная часть горки.

Сортировочная горка представляет собой, как правило, искусственное земляное возвышение, с которого скатываются вагоны, надвигаемые или подталкиваемые локомотивом.

Основными элементами сортировочной горки являются подвижная часть (путь, на который подается расформируемый состав), перевальная (горб, вершина горки), спускная часть (веерообразная стрелочная горловина для направления вагонов по своим назначениям на сортировочные пути) и подгорочный сортировочный парк.

Состав, который необходимо расформировать, надвигается маневровым локомотивом из парка приема на горб горки, наивысшую точку которой называют вершиной горки, где он расцепляется на отдельные группы вагонов (отцепы). Отсюда начинается самостоятельное скатывание расцепленных вагонов под действием собственной тяжести по спускной части горки на определенные пути

сортировочного парка. Последний часто называют подгорочным парком.

Надвижная часть горки при последовательном расположении парков приема и сортировки расположена между выходной горловиной парка приема и вершиной горки. Здесь находится рабочее место составителя или помощника составителя при расцеплении вагонов в надвигаемом на горку составе. Автоматическая сцепка наиболее надежно расцепляется, когда вагоны первоначально находятся в сжатом состоянии. Поэтому надвижная часть, как правило, имеет противоуклон перед вершиной горки. Она предназначена для перемещения вагонов к вершине горки из парка приема и подготовки их к свободному скатыванию. На надвижной части размещаются пути надвига длиной, как правило, 200—600 м и часть парка приема, примыкающая к горке.

Надвижная часть горки обеспечивает трогание с места тяжелого состава одним горочным локомотивом, когда первый вагон состава находится у вершины горки, а также предотвращает скатывание вагонов в случае срочного прекращения роспуска состава. Для выполнения этих функций, а также для осуществления оптимального темпа роспуска состава, надвижной части придается определенный профиль, характерной особенностью которого является наличие непосредственно перед горбом горки противоуклона, который способствует сжатию надвигаемого состава для выполнения последующей операции расцепа вагонов.

Перевальная часть часто называется горбом сортировочной горки и представляет элемент, на котором происходит сопряжение с помощью вертикальных кривых противоуклона надвижной части и скоростного уклона спускной части. Граница двух смежных

вертикальных кривых называется вершиной горки. Наименьший радиус вертикальной кривой 350 м.

Основной функцией перевальной части горки является обеспечение плавного перехода вагона на спускную часть горки таким образом, чтобы не допускать при этом саморасцепа вагонов в отцепе. Под отцепом понимается в общем случае группа вагонов, соединенных сцепками. Отцеп может быть как одновагонным так и многовагонным. Для исключения саморасцепа в пределах перевальной части между смежными вертикальными кривыми устраивается горизонтальная площадка. Если сумма абсолютных значений противоуклона I_n и скоростного уклона $I_{ск}$ более 55 ‰, то устройство такой площадки обязательно. Длина ее при расчете на восьмиосный вагон составляет 19 м. При наличии площадки вершиной горки считается начало сопрягающей кривой спускной части.

Спускная часть горки служит для отрыва вагонов от состава и их быстрого перемещения с безопасными интервалами. При этом скорость въезда отцепов на тормозные позиции в штатных ситуациях не должна превышать допустимой, установленной для каждого типа замедлителей (как правило, эта величина не более 8,5 м/с).

Высота спускной части (расстояние по вертикали между вершиной горки и горизонтальной прямой, проведенной через расчетную точку) называется высотой горки. Проектная высота горки должна определяться по условиям пробега плохого бегуна в неблагоприятных обстоятельствах от вершины горки до расчетной точки.

На спускной части горки располагают тормозные позиции, на которых осуществляется торможение скатывающихся отцепов. Чтобы спускная часть горки выполняла свои функции, ей придается определенный профиль. В профиле спускной части выделяют две самостоятельные зоны.

Первой считается зона свободного движения на участке до 1 тормозной позиции, в пределах которого отцеп движется с положительным ускорением; несвободного движения от начала 1 тормозной позиции до расчетной точки. На этом участке в отдельных местах отцеп подвергается внешнему торможению.

Основное назначение первой зоны состоит в формировании пространственного интервала между отцепами и обеспечении ускоренного движения попутно следующих отцепов, не допуская их нагонов в районе первой разделительной стрелки.

Назначение второй зоны состоит в обеспечении требуемых интервалов между отцепами на всем протяжении оставшейся спускной части горки.

Устройства для торможения вагонов и режимы их использования рассчитываются по условиям скатывания одиночного вагона с очень хорошими ходовыми свойствами, называемого очень хорошим бегуном. Расчетная скорость роспуска состава определяется по условиям скатывания плохих и хороших бегунов.

Сортировочный парк расположен непосредственно за спускной частью горки. Он включает от 14 до 64 путей в зависимости от объемов перерабатываемых вагонов и числа формируемых поездов в сутки.

В «Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств» введены четыре категории сортировочных горок (повышенной, большой, средней и малой мощности), различаемые в зависимости от требуемого объема переработки вагонов и количества путей в сортировочном парке. В зависимости от этого определяется план, профиль горки, размещение и мощность тормозных средств.

Сортировочные горки повышенной мощности сооружают при переработке более 5500 вагонов в сутки при числе путей в

сортировочном парке более 40. Такие горки проектируют с тремя путями надвига, и двумя-четырьмя путями роспуска.

Сортировочные горки большой мощности сооружают при переработке от 3500 до 5500 вагонов в среднем в сутки, или если в подгорочном парке предусматривается от 30 до 40 сортировочных путей. Горки большой мощности проектируют с двумя, тремя или более путями надвига, с двумя, иногда с тремя спускными путями. Горбы горки устраиваются в одном уровне, соответствующем зимним условиям работы. Между парками приема и сортировки укладывают два соединительных (обходных) пути в обход горки.

К горкам средней мощности относятся горки, перерабатывающие 1500—3500 вагонов в сутки при числе путей в сортировочном парке, как правило, от 17 до 29. Их проектируют с двумя путями надвига и с одним или двумя спускными путями.

Операции формирования-расформирования составов на горках большой и средней мощности механизированы и автоматизированы.

Горки малой мощности сооружают при числе путей в сортировочном парке до 16 включительно и переработке 250—1500 вагонов в среднем в сутки. Их проектируют, как правило, с одним путем надвига и одним спускным путем, с двумя тормозными позициями, из которых одна — на спускной части (перед пучками сортировочных путей), а другая — в подгорочном парке.

К сортировочным горкам предъявляются высокие требования в отношении интенсивности и бесперебойности работы и точности регулирования скорости подхода отцепов к вагонам на подгорочных путях. Для успешного решения этих задач большое значение имеет хорошее, устойчивое состояние верхнего строения пути и земляного полотна. В этих целях:

- от горба горки до конца стрелочной зоны, а также на протяжении одной трети длины сортировочного парка пути укладывают из наиболее мощных рельсов (Р65иР75);

- путь на горке и сортировочные пути укладывают на балласте хорошего качества;

- всю горловину горки, включая крестовины последних стрелок, укладывают на щебень;

- шпалы на горке и в парке укладывают I типа и пропитанные;

- рельсы на горке не должны иметь дефектов, должны быть сварены по два звена и укреплены от угона мощными противоугонными приспособлениями;

- загрязненный балласт и остатки грузов, ссыпающиеся с балок рамы вагонов, своевременно удаляют, разжижаемые и пучинистые места ликвидируют;

- территория, на которой расположены горки и подгорочные пути, должна быть осушена и предохранена от затопления посредством отвода грунтовых и поверхностных вод дренажами, канавами, лотками, дренажными колодцами.

Заезд маневрового горочного локомотива за очередным составом в парк приема может начинаться после окончания роспуска предыдущего состава на горке, осаживания вагонов или окончания формирования состава (со стороны горки) на путях сортировочного парка, а также после стоянки локомотива.

В районе горки укладывают специальные обходные пути, для того чтобы маршрут заезда локомотива не был враждебен маршрутам надвига и роспуска составов. При отсутствии таких путей движение от горки в сторону парка приема осуществляется по путям надвига. В парке приема для заезда локомотивов могут выделяться специальные ходовые пути.

Надвиг состава на горку из парка приема осуществляется по пути надвига до горочного светофора по показаниям маневровых и повторительных светофоров. При наличии двух и более путей надвига очередной состав может надвигаться параллельно с роспуском другого состава по второму пути. При одном пути надвига маршрут надвига в пределах предгорочной горловины и этого пути может быть разделен на секции для организации попутного надвига составов.

Для того чтобы сократить время между окончанием роспуска предыдущего состава и началом роспуска следующего, осуществляют параллельный и попутный надвиг.

При параллельном расположении парков приема и сортировочного состава перед надвигом вытягивают на вытяжной путь расформирования за разделительную стрелку, после чего надвигают на горку. Если два вытяжных пути расположены рядом, возможен надвиг и роспуск состава по одному вытяжному пути и параллельное вытягивание очередного состава по другому.

Подготовленность сортировочного парка к роспуску состава с горки проверяет дежурный, а также проверяет наличие проходов на сортировочные пути, степень свободности их со стороны горки, и в случае необходимости согласовывает операции по осаживанию вагонов со стороны горки или подтягиванию со стороны выходной горловины сортировочного парка с дежурным по парку формирования (составителем поездов). Дает указание помощнику составителя поездов и регулировщику скорости движения вагонов о выполнении этих операций.

Интерфейс подготовки программы роспуска содержит команды деления и объединения отцепов, групповой и индивидуальной замены маршрутов, поворота сортировочного листка и другие команды,

осуществляемые с помощью стандартной или специализированной клавиатуры АРМ ДСПГ, размещённой на горочном пульте.

Подготовив программу роспуска, ДСПГ осуществляет процедуру задания маршрута надвига. Возможны три варианта надвига состава:

- основной – при котором открывается горочный сигнал и надвиг переходит в роспуск без остановки;
- предварительный надвиг или подтягивание – когда маршрут устанавливается до повторителя и возможна остановка состава или продление маршрута с переходом в основной надвиг;
- попутный надвиг - осуществляемый, как правило, вслед надвигаемому составу и реализуемый на объектах с одним или двумя путями надвига.

Начало роспуска инициирует дежурный по горке нажатием кнопки «Р» АРМ ДСПГ. В это время контроллер вершины горки (КВГ) подает управляющие сигналы на горочный светофор Г и указатель количества вагонов (УКВ) в отцепе.

Задание маршрута надвига воспринимается УВК ГАЛС Р (управляющий вычислительный комплекс горочной автоматической локомотивной сигнализации), который рассчитывает скоростной режим надвига состава с учётом сложности маршрута (сопротивление от кривых и противоуклон), мощности локомотива и веса состава с позиции минимизации времени доставки состава из парка прибытия, в том числе плавного перехода к скорости роспуска при основном надвиге и остановки состава у повторителя горочного сигнала при подтягивании.

Он выдает задания дежурному поста ЭЦ на приготовление маршрута для заезда горочного локомотива на путь парка приема под состав, а после получения сообщения от машиниста локомотива о заезде – на приготовление маршрута надвига состава на горку.

При подходе состава к вершине горки (горочному светофору) ДСПГ извещает работников о начале роспуска.

В процессе роспуска наблюдает за движением отцепов и контролирует работу системы. В зависимости от складывающейся обстановки корректирует работу устройств.

После выполнения подготовительных операций начинается роспуск состава на горке. Состав расцепляется на отцепы, которые разделяются на скоростном участке горки и направляются на соответствующие пути, специализированные для определенных назначений по плану формирования новых составов.

Контингент работников, участвующих в роспуске состава на горке, определяется ее техническим оснащением. Роспуском составов руководит дежурный по горке (ДСПГ). В роспуске составов участвуют составители поездов и их помощники, они осуществляют расцепку вагонов, их осаживание, формирование поездов, отцепку вагонов, не подлежащих пропуску через горку, и другие маневровые операции на горке.

Кроме указанных работников в роспуске составов участвуют операторы исполнительных постов, управляющие замедлителями и стрелками в нижней (распределительной) зоне горки, и операторы скорости движения, осуществляющие торможение отцепов на сортировочных путях.

После согласования с дежурным по станции или диспетчером дежурный по горке должен обеспечить своевременный пропуск горочного локомотива к составу в парк приема с тем, чтобы подача состава для роспуска была начата и закончена без потерь времени в работе горки.

До начала надвига дежурный по горке также по согласованию с дежурным по станции или станционным диспетчером обеспечивает

подготовку стрелочного маршрута для следования надвигаемого состава на горку.

Управление горочным светофором и выдача указания на надвиг состава на горку осуществляются оператором распорядительного поста по распоряжению дежурного по горке. Все распоряжения машинисту горочного локомотива дежурный по горке передает по радиосвязи дополнительно к сигнализации огнями горочного светофора, в том числе о начале и дальнейшем режиме надвига.

О начале надвига дежурный по горке объявляет по двусторонней парковой связи всем участвующим в роспуске состава работникам горки, которые должны немедленно занять свои рабочие места, и уведомляет машиниста компрессорной станции о необходимости пополнения воздуха в пневмосистеме и повышении его давления. При наличии у машинистов компрессорной станции, индикации показаний горочного светофора такого уведомления не требуется.

Во время роспуска дежурный по горке обязан:

- лично или через оператора распорядительного поста передавать причастным работникам по двусторонней парковой связи необходимые сведения о скатывающихся с горки отцепках; следить за соответствием отцепов данным сортировочного листка. Если в процессе роспуска по каким-либо причинам необходимо изменить указанное в сортировочном листке назначение отцепа, дежурный по горке или по его указанию оператор горки сообщает об этом по двусторонней парковой связи;

- следить за правильностью торможения скатывающихся отцепов операторами и регулировщиками скорости движения вагонов, передавая по двусторонней парковой связи необходимые указания об отдельных отцепках, требующих особого внимания (отцеп следует на заполненный

вагонами путь, хороший бегун направляется вслед за плохим на пути того же пучка и др.);

- регулировать скорость надвига состава на горку для роспуска, в зависимости от условий прохождения отцепов в стрелочной зоне, длины отцепов и других факторов;

- стремиться к увеличению скорости роспуска состава до тех пор, пока это увеличение повышает перерабатывающую способность горки и не противоречит требованиям безопасности движения; скорость роспуска, исходя из требований безопасности, при различных сигналах горочного светофора устанавливается начальником дороги;

- вести наблюдение за тем, чтобы подвижной состав, который запрещено спускать с горки без локомотива, переставлялся на один из подгорочных путей;

- следить за обеспечением безопасности движения при роспуске и немедленно принимать необходимые меры к предупреждению столкновения вагонов при угрозе нагона одних отцепов другими, преждевременных остановках отцепов и т. д., внимательно следить за сигналами, подаваемыми машинистом и составителем из сортировочного парка.

По окончании роспуска состава дежурный по горке через операторов исполнительных постов (на механизированных горках) должен проверить:

- не было ли вагонов, направленных в сортировочный парк не по назначению;

- в зависимости от результатов проверки принять меры к восстановлению нарушенной специализации путей.

1.2 Предпосылки автоматизации производственного процесса на сортировочных горках

Сортировочные горки в настоящее время оснащают такими техническими устройствами как: вагонные замедлители горочные и парковые с управляющей аппаратурой; горочные стрелочные электроприводы; механизмы расцепки состава на отцепы; компрессорные установки с вспомогательным оборудованием и пневмосети; устройства закрепления вагонов в парках станции. Основными функциями средств механизации являются:

- перевод стрелки;
- закрепление тележек (колес) вагонов;
- торможение отцепов (вагонов);
- сжатие свободного воздуха и подача воздуха к исполнительным пневматическим устройствам;
- механизация расцепки вагонов.

Однако эффективность использования механизированных сортировочных горок все еще не соответствует их возможностям. Сочетание на действующих сортировочных горках механизированного торможения вагонов при помощи замедлителей на спускной части горки с ручным торможением в подгорочном парке приводит к содержанию значительного штата башмачников и удорожанию переработки вагонов. Из-за неточного торможения часто образуются «окна» между отцепами на подгорочных путях, что вызывает необходимость в систематическом осаживании вагонов в подгорочных парках, а также снижает перерабатывающую способность горок и создает дополнительные простои составов в парках прибытия.

Для повышения производительности труда, увеличения перерабатывающей способности сортировочных горок и снижения

себестоимости переработки вагонов необходим переход к комплексной механизации и автоматизации горочной работы. Основными функциями средств автоматизации являются:

- управление скоростью надвига, роспуска и маневровых передвижений составов и групп вагонов;
- управление маршрутами движения отцепов;
- управление скоростью скатывания отцепов;
- мониторинг перемещения поездов, вагонов и локомотивов на подходах, путях и парках станции;
- управление компрессорной станцией и пневмосетью;
- управление закреплением/освобождением составов;
- контроль, диагностика состояния и обслуживание технических средств автоматизации и механизации сортировочной станции;
- информационный обмен с информационно-планирующей системой ИПУ СС;
- информационный обмен с системами железнодорожной автоматики и телемеханики.

Средства автоматизации сортировочных станций создаются на базе функциональных подсистем, используемых автономно или объединенных в комплексную систему. В систему автоматизации как ее составной элемент входит ГАЦ. Технические средства систем автоматизации подразделяются на путевые, постовые и локомотивные:

- путевые – устройства и датчики для непосредственного контроля (обнаружения транспортных средств), измерения параметров движения и характеристик подвижных единиц, исполнительные устройства и механизмы, а также технологическое оборудование горки и станции, используемое в процессе управления; преобразователи и каналы связи для передачи постовым устройствам информации, в том

числе диагностической, и доставки команд управления исполнительным механизмам, а также цепи питания;

- постовые – оборудование, предназначенное для автоматизированного выполнения своих функций, а также оперативно-диспетчерское и контрольно-диагностическое оборудование, средства связи и электропитания;

- локомотивные – устройства автоматического управления локомотивом, связи их с постовыми устройствами, контроля бдительности машиниста, измерения скорости и направления движения локомотива, давления в тормозной магистрали, тока нагрузки генератора и других параметров.

Наличие на горке двух путей надвига и двух спускных путей, а также путей, соединяющих сортировочный и приемный парки в обход горки, снижает затрату вагоно-часов на сортировочную работу.

Время занятия горки одним или несколькими составами, интервал между роспуском двух смежных составов, зависит от путевого развития и технического оснащения горки. Наиболее приемлемым способом в определении времени занятия горки одним составом является графоаналитический, при котором на основании построенных для различных условий работы горки технологических графиков составляются соответствующие аналитические формулы для определения времени занятия горки.

Для оценки эффективности комплексной автоматизации сортировочной станции возьмем одностороннюю станцию, состоящую из парков приема, сортировочной горки, сортировочного парка и парка отправления.

Сортировочная горка станции характеризуется следующими показателями: количество стрелок – 31; пучков – 4; система торможения

– трехпозиционная – 2 горочных ТП (12 замедлителей) и 1 парковая ТП (32 замедлителя).

Сортировочный парк - 32 пути.

При расчёте за основу были приняты следующие показатели работы такой сортировочной станции:

- Вагон с переработкой ($N_{пр}$) – 3300 ваг.в сутки.
- Вагон без переработки ($N_{бп}$) – 912 ваг.в сутки.
- Всего (N) – 4212 ваг.ч сутки.
- Отправлени – 77 поездов с сутки.
- Своего формирования ($N_{сф}$) – 80 поездов в сутки.
- Средняя длина поезда ($N_{ваг}$) – 55 вагонов.

Время занятия горки всеми операциями роспуска нескольких составов между двумя осаживаниями вагонов в сортировочном парке называется горочным технологическим циклом. Если разделить технологический цикл горки на число составов, расформированных за этот цикл, то получится среднее время, затрачиваемое на один состав. Эта величина носит название горочного интервала.

Оптимизация системы управления надвигом и роспуском составов предполагает минимизацию горочного интервала, который характеризует производительность сортировочной горки и определяется выражением:

$$t_2 = t_3 + t_n + t_p + t_m, \quad (1.1)$$

где t_3 –время заезда горочного локомотива под состав (этот параметр не учитывается, так как эта технологическая операция осуществляется параллельно с предшествующим роспуском);

t_n – время надвига состава;

t_p – время роспуска состава с сортировочной горки;

t_m – время на совершение маневровых операций после роспуска.

Плановые показатели (индекс «п») горочного интервала для сортировочной горки составляют:

$$t_{zn} = 7 \text{ мин}; t_{nn} = 5 \text{ мин}; t_{pn} = 6 \text{ мин}.$$

$$t_{zn} = t_{nn} + t_{pn} + t_{mn} = 5 + 6 + t_{mn} = 14,35 \text{ мин};$$

$$t_{mn} = t_{un} - t_{pn} - t_{nn} = 3,35 \text{ мин};$$

$$t_{zn} = t_{un} = 14,35 \text{ мин}.$$

где t_u – интервал между моментами завершения смежных роспусков составов.

Фактические показатели (индекс «ф»), полученные путём анализа станционных процессов составляют:

$$t_{zf} = 9 \text{ мин}; t_{nf} = 6 \text{ мин}; t_{pf} = 6,19 \text{ мин}.$$

$$t_{zf} = t_{nf} + t_{pf} + t_{mf} = 6 + 6,19 + t_{mf} = 15 \text{ мин};$$

$$t_{mf} = t_{uf} - t_{pf} - t_{nf} = 2,81 \text{ мин};$$

$$t_{zf} = t_{uf} = 15 \text{ мин}.$$

Использование подсистемы ГАЛС Р позволяет сократить горочный интервал на станции за счёт применения переменной скорости надвига и роспуска. Подсистема ГАЦ МН снижает время роспуска за счёт снижения количества остановок роспусков и запусков. Подсистема УУПТ вместе с КЗП позволяет улучшить величину заполняемости путей подгорочного парка, снизить повреждаемость вагонов и грузов и снизить объём маневровой работы по подготовке сортировочного парка к роспуску. Подсистема КДК позволяет снизить простои из-за отказов технических средств.

Интенсивность поступления поездов на станцию составляет:

$$\lambda = (N_{np} + N_{bn}) / N_{ваг} / 24, \quad (1.2)$$

$$\lambda = (3300 + 912) / 55 / 24 = 3,19 \text{ состава в час.}$$

При этом длина состава в среднем составляет:

$$L_{сост.} = 14 \times 55 = 770 \text{ м.}$$

Согласно техническо-распорядительному акту станции скорость роспуска под разрешающее показание горочного светофора ($V_{рп}$) составляет 8 км/ч - зелёный огонь светофора, 6 км/ч - зелено-жёлтый огонь и 4 км/ч - жёлтый. При этом фактическая средняя скорость роспуска составляет:

$$V_{рф} = L_{сост} / t_{рф}, \quad (1.3)$$

$$V_{рф} = 0,770 / 0,103 = 7,47 \text{ км/ч.}$$

Путь надвига (L_n) складывается из расстояния от выходных поездных светофоров парка прибытия до горочного сигнала. Это расстояние составляет $L_n = 570$ метров. В режиме подтягивания общий путь составляет около 150 метров (от повторителей горочного светофора до основного горочного светофора).

Таким образом, среднее время надвига до внедрения КСАУ СП состоит из циклов надвига, проведенного в благоприятных условиях (индекс «б») и циклов надвига, произведённого при неблагоприятных (индекс «н») условиях. Наблюдения за сортировочным процессом на выбранном объекте показали, что в 15% ($P_n = 0,15$) на станции создаются неблагоприятные условия (плохая видимость). В этом случае применяется только режим, основного надвига со скоростью роспуска

равной скорости надвига $V_H = 5 \text{ км/ч}$ (под жёлтый огонь светофора). В 85% случаях $(1 - P_H)$ условия для надвига и роспуска благоприятны. При этом применяются режимы подтягивания (индекс «пд») ($P_{пд} = 1/3$) и основного надвига $(1 - P_{пд} = 2/3)$ (индекс «он»).

Таким образом, время надвига фактическое рассчитывается следующим образом:

$$t_{нф} = P_H \times t_{нн} + (1 - P_H) \times (P_{пд} \times t_{н\bar{пд}} + (1 - P_{пд}) \times t_{н\bar{он}}) = 6 \text{ мин.}$$

Скорость движения при подтягивании ($V_{пд}$) может достигать значения $V_{рф}$, но на участке в 150 метров и при прицепленном составе эта скорость не достигается. Её значение составляет, в среднем, $V_{пд} = 3 \text{ км/ч}$. В режиме подтягивания:

$$t_{н\bar{пд}} = L_{пд} / V_{пд}, \quad (1.4)$$

$$t_{н\bar{пд}} = 0,150 / 3 = 0,05 \text{ ч} = 3 \text{ мин.}$$

В режиме основного надвига состав проходит путь от поездного, под зелено-желтый огонь, светофора парка прибытия до горочного, равный L_H . Тогда:

$$t_{н\bar{он}} = L_H / V_H, \quad (1.5)$$

$$t_{н\bar{он}} = 0,570 / 5,5 = 0,104 \text{ ч} = 6,22 \text{ мин.}$$

Значение времени надвига в неблагоприятных условиях составит:

$$t_{нн} = L_H / V_H, \quad (1.6)$$

$$t_{нн} = 0,57 / 5 = 0,114 \text{ ч} = 6,84 \text{ мин.}$$

Влияние внедрения КСАУ СП (индекс «а») состоит в:

- увеличении фактической скорости роспуска до плановой, скорость роспуска увеличивается на 10-15% и достигнет в среднем 9 км/ч. $V_{pa} = V_{pn} = 9 \text{ км/ч}$,

- увеличении скорости надвига до 12 км/ч: $V_{на} = 12 \text{ км/ч}$.

Среднее время надвига при автоматизации в режиме основного надвига:

$$t_{наон} = L_{н} / V_{на} , \quad (1.7)$$

$$t_{наон} = 0,57 / 12 = 0,0475 \text{ ч} = 2,85 \text{ мин.}$$

Среднее время надвига при автоматизации в режиме подтягивания:

$$t_{напд} = L_{пд} / V_{на} , \quad (1.8)$$

$$t_{напд} = 0, \frac{150}{4,5} = 0,0333 \text{ ч} = 2,00 \text{ мин.}$$

где скорость надвига ($V_{на}$) достигает 4,5 км/ч при проходе повторителя горочного сигнала преимущественно не останавливаясь.

Среднее время роспуска при автоматизации составит:

$$t_{pa} = L_{cosm} / V_{pa} , \quad (1.9)$$

$$t_{pa} = 0,770 / 9 = 0,009 \text{ ч} = 5,13 \text{ мин.}$$

Значение горочного технологического цикла равно:

- при благоприятных условиях до внедрения КСАУ СП время надвига состоит из времени надвига в режиме подтягивания (в 1/3 случаев) и времени надвига в режиме основного надвига (2/3 случаев): среднее

$$t_{нб} = P_{пд} \times t_{нбпд} + (1 - P_{пд}) \times (t_{наон}), \quad (1.10)$$

Таким образом, $t_{нб} = 5,14$ мин.

Тогда,

$$t_{зб} = t_{нб} + t_{рф} + t_{мф} , \quad (1.11)$$

$$t_{зб} = 5,14 + 6,19 + 2,81 = 14,14 \text{ мин} = 0,24 \text{ ч.}$$

- при неблагоприятных условиях до внедрения КСАУ СП скорости роспуска минимальные и по данным станции составляют

$V_{рн} = 5,5$ км/ч. Таким образом,

$$t_{рн} = L \cos \alpha / V_{рн} , \quad (1.12)$$

$$t_{рн} = 0,770 / 5,5 = 0,14 \text{ часов} = 8,4 \text{ мин.}$$

Горочный интервал при неблагоприятных условиях равен:

$$t_{зц} = t_{нн} + t_{рн} + t_{м} , \quad (1.13)$$

$$t_{зц} = 6,84 + 8,4 + 2,81 = 18,05 \text{ мин.}$$

- при автоматизации за счёт применения прицельного торможения (подсистемы УУПТ и КЗП) снижение маневровой работы по осаживанию в сортировочном парке со стороны горки составляет около 15-20%, таким образом, значение времени маневровой работы в режиме автоматического управления будет:

$$t_{ма} = (1 - 0,15) \times t_{мф} = 2,39 \text{ мин.};$$

$$t_{на} = Pn\delta \times t_{наод} + (1 - Pn\delta) \times (t_{наон}) = 2,57 \text{ мин.}$$

Значения средних времен надвига и роспуска в автоматическом режиме приведены выше. Таким образом, горочный технологический интервал при автоматизации равен:

$$t_{\text{за}} = t_{\text{на}} + t_{\text{ра}} + t_{\text{ма}} , \quad (1.14)$$

$$t_{\text{за}} = 2,57 + 5,13 + 2,39 = 10,09 \text{ мин.}$$

Для того чтобы определить продолжительность горочного цикла при благоприятных условиях до внедрения КСАУ СП, учитывая, что график работы механизированной горки с двумя путями надвига и двумя горочными локомотивами, необходимо:

$$T_{\text{ц}}^{\text{М}} = t_{\text{го}} * N_{\text{с}} , \quad (1.15)$$

где $N_{\text{с}}$ – число составов, расформированных за $T_{\text{ц}}^{\text{М}}$;

$t_{\text{го}}$ – горочный интервал механизированной горки при благоприятных условиях.

$$T_{\text{ц}}^{\text{М}} = 14,14 * 3 = 42 \text{ мин. ;}$$

А при автоматизации этот показатель будет равен:

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = t_{\text{за}} * N_{\text{с}} , \quad (1.16)$$

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = 10,09 * 3 = 30 \text{ мин. ;}$$

В результате горочный технологический цикл $T_{\text{ц}}^{\text{Г}}$ сокращается. В первом случае (рисунок 1.1) горочный цикл равен 42 мин., а во втором (рисунок 1.2) – 30 мин. Очевидно, что производительность горки во втором случае выше.

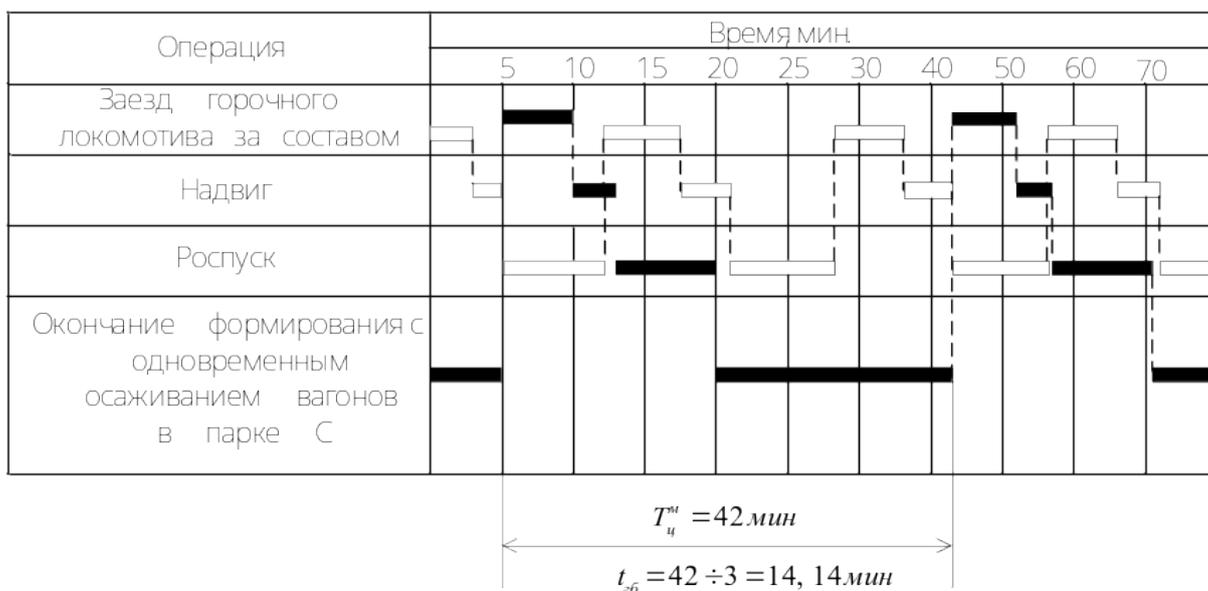


Рисунок 1.1 – Технологический график работы механизированной горки с двумя путями надвига и с двумя локомотивами

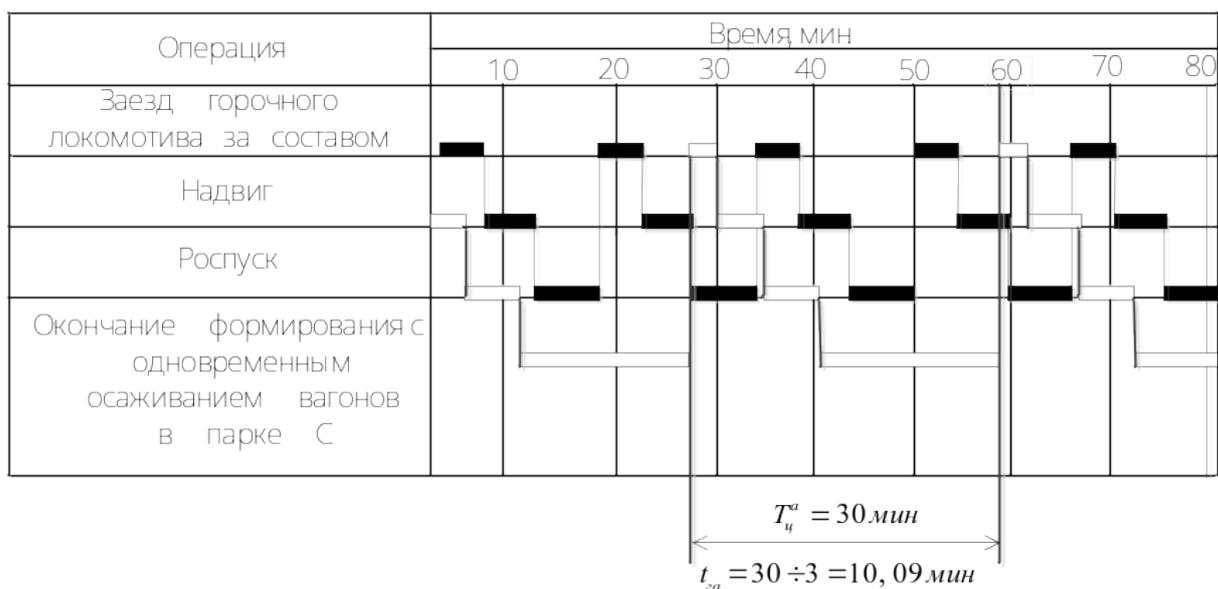


Рисунок 1.2 – Технологический график работы горки с двумя путями надвига и с двумя локомотивами, оснащенной КСАУ СП

1.3 Расчет перерабатывающей способности сортировочной горки

Важнейшим эксплуатационным показателем сортировочной системы является перерабатывающая способность горки по расформированию поездов, которая определяется по формуле

$$N_r = \frac{1440 - \Sigma T_{n0}}{t_r} \cdot m + n_M, \quad (1.17)$$

где ΣT_{n0} – время занятия горки под технологические операции, не связанные с расформированием поездов, $\Sigma T_{n0} = 240$ мин;

t_r – горочный технологический интервал;

m – среднее количество вагонов в расформировываемых составах, $m = 55$ вагонов;

n_M – количество вагонов местных, из вагонного депо, с путей ремонта и т.д., распускаемых за сутки, $n_M = 80$ вагонов.

Перерабатывающая способность горки без оснащения КСАУ СП:

$$N_r = \frac{1440 - 240}{14,14} \cdot 55 + 80 = 4748 \text{ вагонов.}$$

Перерабатывающая способность горки, оснащенной КСАУ СП:

$$N_r = \frac{1440 - 240}{10,09} \cdot 55 + 80 = 6621 \text{ вагон.}$$

Из приведенных расчетов видно, что при внедрении на сортировочной горке устройств автоматизации процесса расформирования, ее перерабатывающая способность увеличивается на 30-35%.

2 Техническая часть

2.1 Комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом

2.1.1 Структура КСАУ СП

КСАУ СП предназначена для автоматизации управления технологическими процессами расформирования составов на сортировочных горках различной мощности и степени механизации, для решения следующих задач:

- повышение безопасности роспуска составов;
- сокращение времени нахождения вагонов;
- обеспечение сохранности вагонов и грузов;
- повышение качества технологического содержания и обслуживания, как постовых, так и напольных устройств;
- снижение эксплуатационных расходов.

КСАУ СП предусматривает управление маневровыми локомотивами, стрелками спускной части горки, вагонными замедлителями, горочными светофорами и указателями количества вагонов в трёх очередных отцепах, компрессорной станцией. Одной из основных задач, формирующей модель технологического процесса расформирования составов, является управление движением составов и отцепов в процессе надвига и роспуска.

Горочный комплекс состоит из следующих подсистем:

- горочной автоматической централизации с контролем роспуска и накоплением вагонов в сортировочном парке (ГАЦ МН);
- горочным программно-задающим устройством, которое в составе КСАУ СП получило название контроллер вершины горки (КВГ);

- горочной автоматической локомотивной сигнализации с передачей информации по радиоканалу и телеуправлением локомотивом (ГАЛС Р);
- комплексная система автоматизированного управления компрессорной станцией (КСАУ КС);
- контрольно-диагностический комплекс станционных устройств горочной зоны (КДК СУ ГАЦ);
- подсистема автоматизированного регулирования скоростей скатывания отцепов и управления прицельным торможением (АРС-УУПТ).

Каждая подсистема состоит из постового и напольного оборудования. К напольному оборудованию относятся устройства контроля процесса роспуска (рельсовые цепи, счетчики осей, скоростемеры, весомеры, датчики свободы стрелочных участков) и устройства управления движения отцепов – стрелки спускной части горки и замедлители тормозных позиций. К постовому оборудованию относятся:

- управляющий комплекс, состоящий из промышленных компьютеров подсистем управления маршрутами, управления скоростями скатывания отцепов и подсистемы диагностирования устройств горочного комплекса;
- автоматизированные рабочие места обслуживающего персонала (АРМ ШНСГ) и оперативно-диспетчерского персонала (АРМ ДСПГ, АРМ горочных операторов, горочное табло коллективного пользования);
- серверное оборудование – для связи с системами информационно-планирующего уровня сортировочной станции и передачи информации о работе горочного комплекса в корпоративную сеть передачи данных.

Контроль и управление подвижными единицами осуществляется устройствами КСАУ СП с момента появления поезда на станции.

Пользователем системы является оперативно-диспетчерский персонал станции:

- дежурные по горке;
- дежурные операторы;
- операторы резервного управления.

Обслуживание аппаратуры системы должно выполняться силами работников дистанций сигнализации, централизации и блокировки.

2.1.2 Система микропроцессорной горочной автоматической централизации

В подсистеме ГАЦ МН, впервые в практике создания систем горочной централизации, реализовано отслеживание перемещения вагонов на спускной части горки по счетчикам осей без использования рельсовых цепей в зоне от последних разделительных стрелок до замедлителей 3-й тормозной позиции включительно, а также без использования рельсовых цепей на промежуточных (межстрелочных) участках.

Для обеспечения безопасности роспуска в ГАЦ МН реализованы алгоритмы программного автовозврата стрелки, защиты стрелок от перевода под длиннобазными вагонами, исключения взреза стрелок при маневрах, исключения возможности ударов в бок из-за негабарита. Для заблаговременного определения возможных непереводов стрелок по маршруту скатывания, применен принцип упреждающего перевода стрелок на всю длину свободного пробега отцепы по маршруту.

На листе 1 показана структурная схема микропроцессорной системы горочной автоматической централизации ГАЦ МН. Состав оборудования ГАЦ МН включает постовые и напольные устройства.

В состав постового оборудования ГАЦ МН входят:

- управляющий вычислительный комплекс (УВК ГАЦ), в состав которого входит: промышленный компьютер, устанавливаемый в отдельном помещении или на релейных стативах в непосредственной близости от контрольных и исполнительных реле; сервер – шлюз, микропроцессорное устройство, сопрягающее внутреннюю сеть системы и внешнюю сеть передачи данных; УВК ГАЦ по существу представляет собой «мозг» системы ГАЦ и выполнен на стандартных функциональных модулях комплекта микропроцессорных средств для промышленных, бортовых и встроенных систем управления, контроля и сбора данных;

- контрольно-диагностический комплекс КДК ГАЦ МН, предназначенный для контроля и диагностики функционирования напольных и постовых устройств;

- рабочие места маневрового диспетчера АРМ ДСЦ; (при наличии на сортировочной горке соответствующей должности); рабочее место дежурного по горке - АРМ дежурного по горке (АРМ ДСПГ); рабочие места горочных операторов тормозных позиций. АРМы горочных операторов устанавливаются на пультах из расчета по одному АРМ на пучок для отображения информации о маршруте, параметрах отцепов, режиме управления стрелками, диагностической информации об опасных отказах напольных и постовых устройств, появления негабарита на стрелках, а также отображения информации о текущем размещении отцепов на соответствующем пучке.

В состав напольного оборудования ГАЦ МН входят устройства, размещаемые непосредственно вдоль маршрута движения вагонов. К ним относятся: горочные и маневровые светофоры, стрелочные приводы, датчики обнаружения вагонов на контролируемых участках: рельсовые цепи, устройства счета осей вагонов, радиотехнические датчики, датчики измерения скорости движения вагонов и др. Благодаря функциональной избыточности информации от напольного оборудования выбираются наиболее достоверные показания путем сопоставления их от нескольких устройств. Таким образом, обеспечивается надежность работы системы.

Также напольными устройствами оборудована вершина горки, измерительный участок и стрелочные участки сортировочной горки.

ГАЦ МН применяется на горках, оборудованных устройствами централизации стрелок, сигналов и замедлителей и обладает следующими возможностями:

- прием сортировочного листа, формирование и передача в АСУ СС информации результатах роспуска и маневров;
- управление стрелками в соответствии с маршрутом скатывающегося отцепа;
- установка стрелок в безопасное положение при движении маневровых единиц вверх по спускной части горки;
- выполнение тестовых задач и сбор результатов для отображения на АРМ ГАЦ;
- ведение протокола движения отцепов и работы стрелок;
- выдача маршрутных заданий отцепов, движущихся по скатывающейся части горки, на операторский пульт.

ГАЦ МН обеспечивает управление процессом роспуска составов на горках с дистанционным управлением стрелками в следующих режимах:

- ручной режим - команды на перевод стрелок передаются с пультов операторов;

- автоматический режим - команды на перевод стрелок передаются от УВК ГАЦ МН, при этом возможны два режима роспуска:

- а) маршрутный режим - при наборе маршрутных заданий с кнопок пульта дежурного по горке;

- б) программный режим - при автоматическом вводе данных сортировочного листка из АСУ СС в электронном виде в УВК ГАЦ МН.

При обнаружении опасных отказов напольного и постового оборудования из УВК ГАЦ на АРМы операторов выдается звуковой и визуальный сигналы опасности.

В системе ГАЦ МН нет горочного программно-задающего устройства как отдельного функционального устройства, входящего в состав релейных систем, а также устройства контроля головной зоны (УКГЗ). В микропроцессорной системе ГАЦ функции названных устройств сохранены, дополнены и возложены на контроллер вершины горки и управляющий вычислительный комплекс УВК, т. е. перераспределены.

ГАЦ МН обеспечивает индикацией следующие виды информации:

- на пультах рабочих мест дежурного по горке и оператора – показания горочных и маневровых светофоров; состояние рельсовых цепей спускной части горки; положение и состояние стрелок;

- на пульте дежурного по горке - маршруты и количество вагонов для трех последующих отцепов;

– на терминале АРМ ДСПГ – программу роспуска расформировываемого состава; информацию о готовности составов к роспуску и о текущем режиме работы комплекса; рекомендуемую и фактическую скорость роспуска; информацию о запусках отцепов (ушедших не по своему маршруту); звуковую и визуальную информацию об опасных отказах УВК, напольного и постового оборудования;

– на горочном табло коллективного пользования – положение и состояние стрелок; состояние рельсовых цепей спускной части горки; текущее время; аварийную диагностику УВК; при наличии аппаратуры КЗП ее показания и текущее расположение отцепов на путях подгорочного парка;

– на терминале АРМ ДСЦ – информацию о готовности сортировочных листов в АСУ СС; текст программы роспуска, запрос протоколов роспуска, их просмотр и распечатка;

– на терминале АРМ горочных операторов – параметры очередного отцепа (количество вагонов, особый признак); маршрут очередного отцепа; при наличии аппаратуры КЗП ее показания; информацию о работоспособности УВК, режиме работы стрелок; текущем размещении отцепов на соответствующем пучке; информацию об автовозврате стрелок, потере их контроля, появлении негабарита на стрелках; информацию о состоянии рельсовых цепей с фиксацией их ложной занятости и освобождения в процессе роспуска, состоянии всех изолирующих стыков; измерение и запись в протокол времени каждого перевода каждой стрелки, фиксацию момента потери контроля стрелки и автовозврата стрелки; состояние РТД-С, датчиков счета осей, магнитных педалей с выдачей статистической информации о работе каждого устройства за требуемый период времени.

2.1.3 Контроллер вершины горки

Контроллер вершины горки (КВГ) предназначен для приема программы роспуска из ГАЦ МН, контроля расцепа вагонов на вершине горки, управления горочным светофором, скоростью роспуска и указателем количества вагонов в отцепах, а также для контроля исправного состояний устройств зоны вершины горки. КВГ размещается в специальном помещении в зоне вершины горки и включает в себя промышленный компьютер, монитор с клавиатурой, терминальные платы с модулями дискретного ввода и вывода сигналов, модем связи с УВК ГАЦ МН, размещаемым на горочном посту.

Контроллером вершины горки КВГ осуществляется синхронизация скорости состава с физическим потоком отцепов по сигналам отделения отцепа от состава. Соответствие фактического количества вагонов в отцепе заданному проверяется на контрольном участке с помощью счётчиков осей и радиотехнического датчика РТДС, фиксирующего отделение отцепа от состава.

Система управления может автоматически скорректировать скорость роспуска, при возникновении малого интервала (меньше расчётного) или при неправильном расцепе, и реализовать коррекцию, создавая условия для предотвращения "запуска", повторной сцепки или остановки роспуска. Структурная схема КВГ представлена на рисунке 2.1.

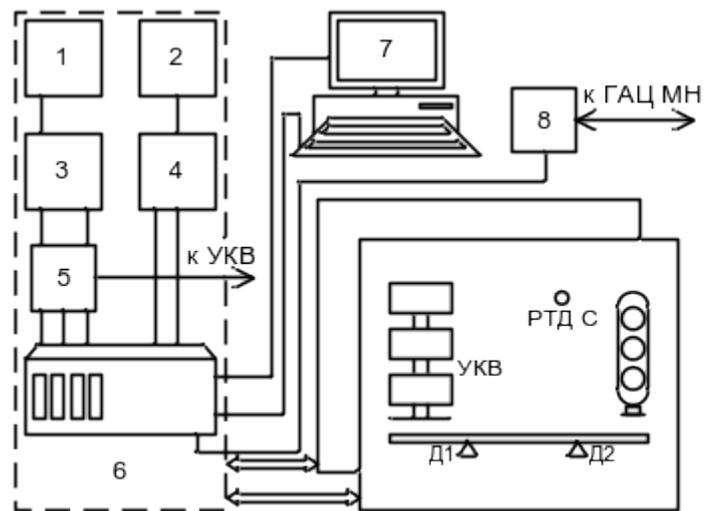


Рисунок 2.1 – Схема контроллера вершины горки

Перед роспуском состава по специальному каналу передачи информации через модем 8 (рисунок 2.1) контроллер вершины горки 6 получает из УКВ ГАЦ МН в электронном виде сведения сортировочного листка с указанием пути надвига и участка контроля расцепа. Далее КВГ транслирует информацию о количестве вагонов в первых трех отцепов расформируемого состава на указатель количества вагонов. Одновременно контроллер на основании программы роспуска рассчитывает скоростной режим роспуска состава. При этом учитываются статические параметры отцепов и вагонов, определяемые расшифровкой их инвентарных номеров, сочетание маршрутов движения отцепов, план и профиль сортировочной горки, заполнение путей сортировочного парка. Для повышения точности расчёта используются статистические результаты скатывания предыдущих отцепов, определяемые и классифицируемые УКВ ГАЦ МН. Результатом расчёта является ряд начальных интервалов, обеспечивающих разделение отцепов на спускной части горки, который с учётом индивидуальных путей регулирования каждого отцепа, возможностей локомотива по реализации перепадов скорости и ограничений по скорости роспуска, установленных для объекта, преобразуется в ряд переменных скоростей роспуска для данного состава. Первоначальная глубина расчёта скорости роспуска состава

должна охватывать интервально связанные между собой отцепы. Длина такой группы определяется значением пути регулирования состава необходимым для снижения скорости роспуска от расчетного значения первого отцепа в группе до минимально-допустимого значения. Для длинных отцепов длина группы, как правило, не превосходит двух отцепов, а для коротких (одновагонных) доходит до пяти. Максимальной длины группа интервально связанных отцепов достигает в начале роспуска тяжелого состава, когда возможности локомотива по набору и снижению скорости существенно ограничены.

В процессе роспуска КВГ контролирует процесс надвига, расцепа и скатывания отцепов на начальном этапе их автономного движения на верхнем участке сортировочной горки. Для этого используются напольные устройства: радиолокационные датчики скорости РИС ВЗМ, точечные индуктивные датчики счета осей (УСО) и радиотехнические датчики РТД-С.

На путях надвига и спускной части горки вблизи вершины устанавливаются скоростемеры. Антенны скоростемеров на путях надвига ориентированы в направлении движения надвигаемого состава, а скоростемеры спускной части горки – навстречу движению расцепляемых отцепов. Вся поступающая информация от напольных устройств направляется в терминальные платы контроллера 1– 4 и по согласующему стыку 5 подается в контроллер вершины горки 6. Он представляет собой промышленный компьютер, оборудованный монитором и клавиатурой 7.

Расцеп вагонов контролируется по критерию различия скоростей надвигаемого состава и скорости скатывающегося отцепа, отделившегося от состава. Отцеп, начавший автономное скатывание с вершины горки, вследствие скоростного уклона начинает увеличивать скорость движения. Он как бы «убегает» от надвигаемого состава. При фиксации определенного различия скоростей двух скоростемеров контроллер регистрирует это как момент расцепа вагонов.

Правильности произведенного расцепа подтверждается, чтобы в дальнейшем реализовать адресный маршрут движения именно этого отцепа. Условием правильности служит число вагонов в отцепе, соответствующих данным на него из сортировочного листка. С этой целью устанавливаются два комплекта датчиков счета осей Д1 и Д2, которые идентифицируют скатываемый отцеп по количеству в нем осей и вагонов, и радиотехнический датчик РТД-С, регистрирующий отцеп как одну цельную транспортную единицу. Зафиксированные в описателе отцепа данные по количеству осей в нем в дальнейшем используются в УВК ГАЦ для контроля и отслеживания перемещения отцепа по заданному маршруту вплоть до сортировочного пути. После этого данная информация передается из оперативной памяти роспуска в протокол для документирования.

Распознавание отцепа начинается с момента регистрации радиотехническим датчиком появления в контролируемой зоне начала очередного отцепа. Регистрация датчиком расцепа ведется по тому же критерию, что и при контроле занятости стрелочного участка. Но при этом антенны модулей передатчика и приемников пространственно ориентированы на различение отцепов, если между их сцепками есть разрыв более 0,6 м.

С момента как бы вторичной регистрации расцепа датчики счета осей Д1 и Д2 поочередно, по мере передвижения вагона, считывают оси вагонов. Причем конструктивно каждый из датчиков выполняет функции счета осей. Иными словами, каждый из датчиков УСО последовательно считывает количество вошедших на него осей тележки и вышедших. Эта информация по количеству осей передается в контроллер КВГ, где вычисляется количество вагонов в проезжающем отцепе.

По данным сортировочного листка после проезда расцепленным отцепом зоны контроля, что регистрируется радиотехническим

датчиком, в контроллере вершины горки идентифицируются полученные данные об отцепе. При полной идентификации этих сведений КВГ подает команду в указатель количества вагонов на замену информации о количестве вагонов в очередном отцепе. Одновременно при проходе каждого вагона по участку контроля расцепа в УВК ГАЦ передается информация о количестве осей в отцепе. Создается банк данных, описывающий каждый отцеп, для дальнейшего контроля за их перемещением по маршруту.

По окончании роспуска КВГ гасит показания указателя вагонов и перекрывает горочный светофор.

При обнаружении нештатных ситуаций, связанных с неправильным расцепом вагонов, контроллер КВГ передает информацию в УВК ГАЦ и роспуск останавливается. В зависимости от характера нештатной ситуации на системном уровне команды управления модифицируются и, не прерывая роспуска, восстанавливают управление следующими отцепами.

Система управления автоматически вносит коррективы в скорость роспуска при регистрации интервала между отцепами менее допустимого или при появлении нештатного расцепа, создавая условия для предотвращения повторной сцепки или остановки роспуска. В случае регистрации штатного расцепа автоматически считывается информация о количестве вагонов в трех очередных отцепках на указателях, установленных в зоне вершины горки. При неправильном расцепе в указателе отцепов информация отображается мигающей индикацией и одновременно транслируется на АРМ ДСПГ.

Система допускает оперативную коррекцию программы роспуска с АРМа ДСПГ или перевод стрелки с горочного пульта управления, обеспечивая при этом регистрацию и документирование проведенной операции.

За счет быстрогодействие современных промышленных контроллеров можно рассчитывать скорость роспуска синхронно с его ходом при наличии предварительного подготовленных исходных данных в виде начальных интервалов для разделения отцепов.

2.1.4 Подсистема ГАЛС Р

Автоматическое управление надвигом и роспуском составов осуществляется с помощью локомотивов, оборудованных подсистемой типа горочной автоматической локомотивной сигнализации с радиоканалом связи.

Информация о режимах работы локомотива и скорости надвига или роспуска состава передается одновременно не менее чем на четыре локомотива при параллельном роспуске, а при его отсутствии – не менее чем на два локомотива. Автоматическое регулирование скорости надвига состава производится системой исходя из показаний маршрутных светофоров.

Система ГАЛС Р обеспечивает работу на станции в следующих режимах:

- предварительный надвиг — перемещение состава из парка прибытия (или вытяжного тупика) до вершины горки при закрытом горочном сигнале;
- основной надвиг - подача состава из парка прибытия до вершины горки при открытом горочном сигнале;
- подтягивание - подача состава из парка прибытия до повторителя горочного сигнала при закрытом горочном сигнале или открытом горочном сигнале при надвиге состава по другому пути надвига;

- попутный надвиг - подача состава из парка прибытия по маневровым сигналам, в том числе вслед распускаемому составу;
- роспуск состава - надвиг состава после вступления на изолированную секцию перед горочным сигналом;
- осаживание состава с горки в сторону парка прибытия.

Основной надвиг и подтягивание составов осуществляется поездным порядком (по поездным маршрутам), попутный надвиг - маневровым порядком.

Для регулирования движения в режимах, перечисленных выше, на локомотив автоматически передается следующая информация:

- маршрутное задание;
- вес поезда;
- зона ограничения передвижения локомотива в обоих направлениях, выраженная в блок-участках и расстояниях до конца маршрута;
- сигнальные показания попутных светофоров (при попутном надвиге);
- значение допустимых и заданных скоростей роспуска и надвига в км/ч;
- показания горочного сигнала;
- режим работы (маневровый маршрут, надвиг, роспуск);
- режим управления (автоматический, местного задания, ручной).

Автоматическое управление скоростью роспуска состава реализуется по заранее рассчитанной программе для всего состава или группы отцепов, суммарная длина которых, достаточна для их разделения на спускной части горки.

Система ГАЛС Р реализует три режима управления надвигом и роспуском: телеуправления, местного задания и «ручного» управления.

В режиме телеуправления она реализуется автоматическими средствами системы управления. В режиме «местного задания» машинист может с клавиатуры локомотивного блока управления ГАЛС Р выбрать значение скорости роспуска в пределах допустимого значения и она будет поддерживаться средствами системы. В режиме «ручного» управления система только контролирует не превышение локомотивом заданной скорости. Структурная схема ГАЛС Р представлена на рисунке 2.2.

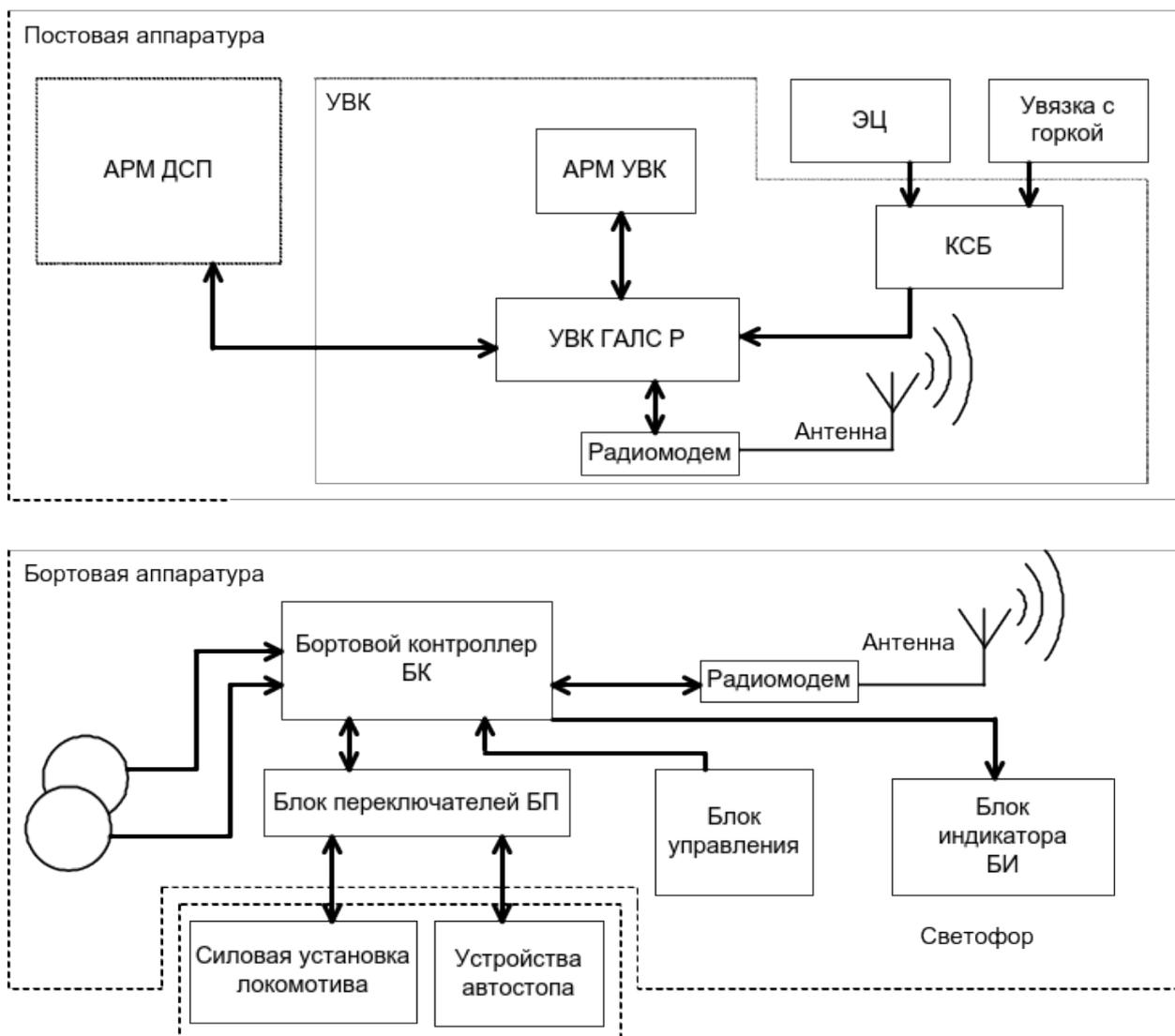


Рисунок 2.2 – Структурная схема ГАЛС Р

Она состоит из постовой аппаратуры ГАЛС Р, бортовой аппаратуры (БА) ГАЛС Р, напольного оборудования, антенно-фидерное оборудование.

Постовая аппаратура ГАЛС Р состоит из контроллеров, располагаемых на постах управления станции и увязываемой с системами электрической централизации или микропроцессорными централизациями МПЦ различных парков.

В состав постовой аппаратуры ГАЛС Р для каждого поста ЭЦ входят:

- резервированный контроллер сбора данных – КСД;
- распределенная матрица опроса реле - РМО;
- автоматизированные рабочие место дежурных по станции (экран АРМ ДСП);
- автоматизированное рабочее место электромеханика поста (АРМ ШНС).

На основном посту кроме вышеперечисленной аппаратуры устанавливается:

- резервированный управляющий вычислительный комплекс (УВК), увязанный с КСД, АРМами;
- резервированные антенно-фидерные устройства;
- шлюзы связи с АСУ станции.

2.1.5 Подсистема автоматизированного управления компрессорной станцией КСАУ КС

Подсистема автоматизированного управления компрессорной станцией КСАУ КС обеспечивает поддержание давления в пневмосети при минимальном количестве работающих компрессоров и их равномерной наработке. Структурная схема КСАУ КС изображена на рисунке 2.3.

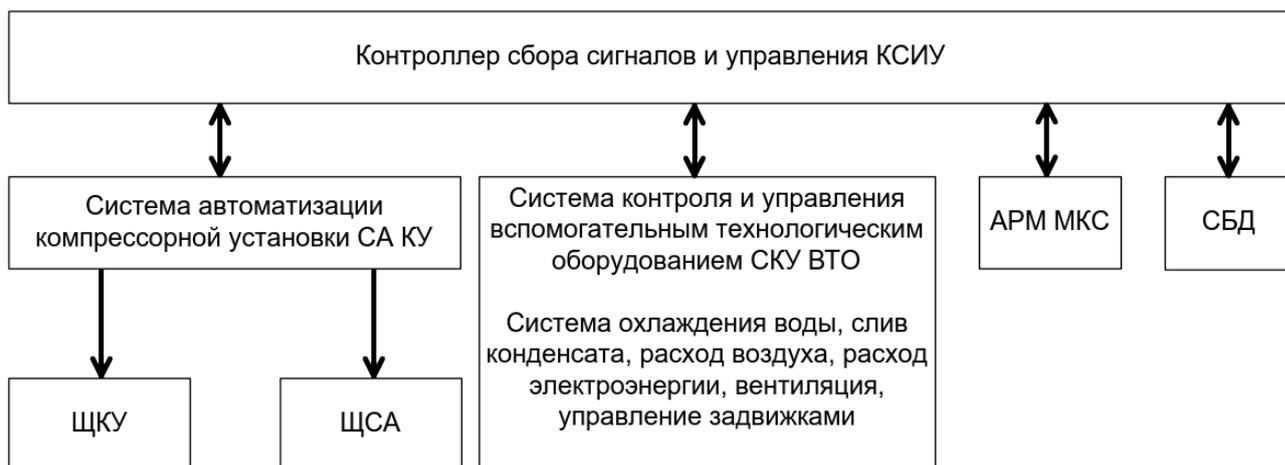


Рисунок 2.3 – структурная схема КСАУ КС

Использование КСАУ КС разрешает достичь следующих производственно-экономических показателей:

- упростить процесс производства сжатого воздуха;
- уменьшить трудозатраты и сократить эксплуатационные затраты на обслуживание и ремонт компрессорной системы;
- организовать более удобные условия работы оператора;
- автоматизировать анализ и разбор оперативной работы на базе протокольной информации;
- организовать регистрацию и выдачу предупреждений об предаварийных и аварийных ситуациях на компрессорной установке;
- снизить расходы на потребление электроэнергии;
- увеличить безопасность работы оператора компрессорной станции.

В рамках КСАУ КС основным вариантом автоматизации принято использование компрессорных установок со встроенной автоматикой. Компрессорные установки, объединенные единым каналом, управляются автоматически с АРМа машиниста компрессорной станции, выполняющего также контрольно-диагностические функции. При выборе

типа компрессорных установок рекомендуется использовать роторные компрессоры с водяным охлаждением, а в северных районах с воздушным охлаждением. Экономический эффект от внедрения КСАУ КС обуславливается минимизацией времени работы каждого компрессора и предотвращения аварийных ситуаций за счет предотказной диагностики. Кроме того, в перерывах между отпусками допускается выключение компрессоров и снижение давления в тормозной магистрали с возможностью его предварительного повышения перед отпуском по команде ГАЛС Р.

2.1.6 Контрольно-диагностический комплекс станционных устройств (КДК СУ ГАЦ)

Реальную помощь обслуживающему персоналу при контроле состояния, оперативном поиске неисправностей, предотказной диагностике, анализе работы отдельных устройств и систем горочной автоматизации оказывает «Комплекс контроля и диагностики станционных устройств зоны ГАЦ с автоматизированным рабочим местом горочного электромеханика» (КДК СУ ГАЦ). Диагностический комплекс, является подсистемой комплекса горочной автоматизации и может использоваться автономно.

При разработке КДК СУ ГАЦ ставились следующие цели:

- повысить качество технического содержания и обслуживания постовых и напольных устройств за счет выдачи эксплуатационному персоналу достоверной оперативной информации о техническом состоянии устройств и о возникновении в них отказов и предотказных состояний;

- получить инструмент для просмотра и анализа оперативного и протокольного состояния устройств, в том числе удалённо, без выезда на объект.

Внешние аппаратные средства диагностирования предназначены для проверки (контроля) исправности или работоспособности объектов диагностики, для поиска дефектов нарушающих нормативное их функционирование и прогнозирование предотказных состояний, формирования корректирующих воздействий на объекты диагностики, с целью приведения их параметров к нормативным.

При создании сложных систем обычно не всегда экономически и технически оправдана реализация встроенных средств диагностики в каждое автономное устройство. Исключение могут составлять наиболее сложные напольные или постовые средства, построенные с использованием вычислительных средств (измерительные датчики). Однако и для таких объектов необходимы на системном уровне интегрированные в управляющие системы внешние средства тестового диагностирования.

Средства КДК горочных систем относятся к классу универсальных, в отличие от специализированных, работающих со сменными программами, пригодными для диагностирования многих классов (типов) объектов.

Объектом автоматизации является сортировочная горка, оборудованная микропроцессорной системой горочной автоматической централизации (ГАЦ). ГАЦ включает в себя напольные устройства СЦБ:

- рельсовые цепи;
- стрелочные приводы;
- радиотехнические датчики свободы;
- индуктивно-проводные датчики;

- педали магнитные;
- датчики счета осей;
- замедлители;
- светофоры.

Постовые устройства СЦБ:

- горочный пульт;
- реле различных типов;
- станционные батареи;
- источники основного и резервного электропитания.

КДК предусматривает решение следующих задач:

- оценку состояния технических и технологических объектов по совокупности признаков по запросам управляющих систем;
- обнаружение отказов устройств и функций, формирование сообщения управляющим подсистемам оперативному и эксплуатационному персоналу;
- автоматизацию измерений, синхронную обработку и регистрацию контролируемых параметров;
- формирование динамических и диагностических протоколов, архивирование и передачу диагностической информации;
- прогнозирование предотказных состояний технических средств;
- реализацию на системном уровне «консультационных» функций, с целью выбора резервных алгоритмов управления в ситуациях фактических либо прогнозируемых отказов технических средств.

Существующая система обслуживания устройств заключается в периодическом, в соответствии с утвержденным планом проведения регламентных работ, измерении параметров, указывающих на степень работоспособности того или иного устройства.

Для предотвращения влияния КДК СУ ГАЦ на работу сортировочной горки схемы подключения к контролируемым устройствам учитываются возможные отказы КДК СУ ГАЦ и предусматривается защита этих устройств.

Функции, выполняемые системой:

- сбор и отражение информации о состоянии постовых и напольных устройств СЦБ;
- отображение оперативного состояния контролируемых устройств, в том числе в виде осциллограмм;
- отображение записанного (протокольного) состояния устройств в режимах ускоренного, замедленного и нормального хода времени с возможностью остановки;
- отображение временных графиков состояния устройств и уровней аналоговых сигналов, по протоколам работы устройств;
- сбор статистической информации по накопленным протоколам, отражающей работоспособность устройств;
- отображение информации о состоянии устройств в графическом виде на мнемосхеме горки и в виде таблиц уровней напряжений и токов, снимаемых с контролируемых устройств;
- отображение результатов самодиагностики компонентов комплекса.

2.1.7 Подсистема автоматизированного регулирования скоростей скатывания отцепов и управления прицельным торможением (АРС-УУПТ)

Система обеспечивает скоростной режим свободно скатывающихся вагонов, не допускающий их нагонов на спускной части горки и прицельное торможение в заданной координате сортировочного пути. Для этого существуют 3 тормозные позиции:

- первая (верхняя) тормозная позиция – интервальная, должна регулировать скорости отцепов для создания достаточных промежутков между движущимися отцепами с целью обеспечения разводки на головных и пучковых стрелках;
- вторая (пучковая) тормозная позиция – интервально-прицельная, должна обеспечить разводку отцепов на нижележащих стрелках и, при занятости соответствующего замедлителя парковой тормозной позиции, обеспечить допустимую скорость соударения движущегося отцепа с отцепом, находящимся на замедлителях парковой тормозной позиции;
- третья (парковая) тормозная позиция – прицельная, должна обеспечить допустимую скорость соударения отцепов на пути сортировочного парка и не допустить образования «окна» (промежутка) между отцепами.

Управление скоростями движения отцепов производится при помощи замедлителей на тормозных позициях. На 1-й и 2-й тормозных позициях рекомендуется применять пневматические замедлители типа КЗ-5, КЗ-3 в зависимости от необходимой мощности, а на 3-й – замедлители РНЗ-2М. На сортировочных горках в зонах с умеренным климатом преимущественно использовать вагонные замедлители с пневмокамерами.

2.2 Напольные устройства

2.2.1 Управление стрелочным электроприводам СПГБ-4Б

Электропривод СПГБ-4Б относится к категории электромеханических неврезных приводов с внутренним замыканием и бесконтактным автопереключателем.

Максимальное усилие перевода – 2000 Н (200кгс); габаритные размеры – 780 x 995 x 255 мм; масса – не более 170 кг. Привод может устанавливаться с любой стороны стрелки. Время перевода 0.55-0.58 с. Уменьшенное передаточное число редуктора (35,7).

На смену электродвигателям постоянного тока типа ДПС (МСП) и асинхронным двигателям трехфазного переменного тока типа МСА (МСТ) пришли двигатели ЭМСУ – электродвигатель малогабаритный стрелочный универсальный. ЭМСУ имеет электронное управление и работает как от постоянного, так и от переменного тока, а также может регулироваться частота вращения ротора. ЭМСУ разработан на базе вентильно - индукторного двигателя.

Номинальная частота вращения ротора в зависимости от типа стрелочного перевода может настраиваться как на заводе-изготовителе, так и в условиях эксплуатации при помощи переносного пульта или ноутбука.

Электродвигатели типа ЭМСУ не требуют технического обслуживания в течение 7 лет. Двигатели ЭМСУ-СПГ выпускаются запрограммированными на $3600 \pm 15\%$ об/мин и рассчитаны для работы в условиях умеренно-холодного климата (УХЛ), при рабочих температурах от минус 60°C до плюс 50°C , влажности не более 95% при температуре плюс 25°C [6].

Для повышения быстродействия в схеме управления приводом не используют реверсирующее реле, время срабатывания которого 0,15 - 0,2 с, а контрольные реле подключают к контактам автопереключателя, минуя тыловые контакты нейтрального пускового реле, имеющего замедление на отпусkanie якоря 0,2 - 0,25 с[7].

Использование бесконтактного автопереключателя (рисунок 2.4) повышает ресурс электропривода СПГБ-4Б до 10^6 срабатываний, но требует изменения контрольной цепи.

В крайнем (плюсовом) положении стрелки один из двух рычагов автопереключателя попадает в вырезы контрольных линеек, и связанный с ним ротор датчика соединяет магнитный поток питающей катушки 1 с сигнальной обмоткой 3 (2 – вспомогательная катушка). В обмотке наводится напряжение не менее 65 В, достаточное для притяжения якоря контрольного реле ПК. Другой рычаг автопереключателя находится на поверхности контрольных линеек, и связанный с ним ротор датчика замыкает магнитопроводы питающей 1' и вспомогательной 2' катушек. Последняя увеличивает сопротивление и уменьшает ток питания датчика. В сигнальной катушке 3' индуцируется напряжение (не более 3,5 В), недостаточное для срабатывания соответствующего контрольного реле МК.

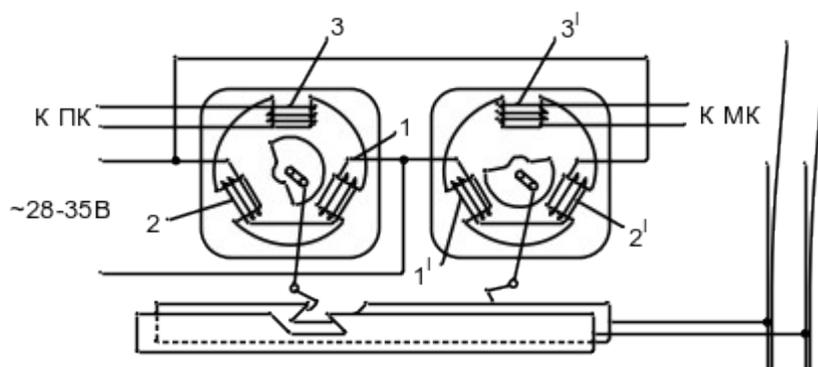


Рисунок 2.4 – Принципиальная схема бесконтактного автопереключателя

Быстрый износ контактов пусковых реле в рабочей цепи стимулировал использование тиристоров для коммутации тока электродвигателя.

2.2.2 Комплексируемая защита горочных стрелок

Для защиты стрелок от несвоевременного и несанкционированного перевода в современных системах ГАЦ используется не менее двух устройств, которые работают на разных физических принципах. Причиной этого стало то, что каждый из таких устройств не обеспечивает требований достоверного обнаружения подвижного состава из-за характерных им недостатков:

- ГРЦ не исключают опасного отказа (потери шунта) если отсутствуют средства диагностики и контроля работоспособности, не контролируется проход длиннобазных вагонов, поверхность катания рельсов загрязнена или произошел пробой изолирующих стыков;

- РТД-С имеют недостаточную длину зоны контроля, ограниченную началом остряков;

- ИПД плохо защищены от обрыва ИД волочащимися частями вагонов или при выполнении путевых работ;

- УСО-М контролируют наличие подвижного состава путем ведения логической модели проследования осей колесных пар без физического взаимодействия с ними на протяжении всего стрелочного участка.

Комплексируемая защита стрелок (КЗС) представляет собой совокупность двух или нескольких датчиков, решающих одну задачу, объединенных устройством совместной обработки сигналов и принятия решений для формирования интегрального (общего) сигнала управления стрелкой. Структурные связи между комплексируемыми датчиками выбираются с учетом максимального использования их преимуществ и минимизации (или компенсации) недостатков каждого из них.

Структурная схема защиты горочных стрелок предполагает совместную работу ГРЦ, РТД-С и ИПД. Каждый из датчиков имеет свое исполнительное реле ИС, РТДС, ИП, контактами которых включается общее путевое реле СП. В качестве вспомогательного средства защиты могут рассматриваться точечные датчики индуктивного действия УСО-М со схемами логической обработки сигналов (рисунок 2.5).

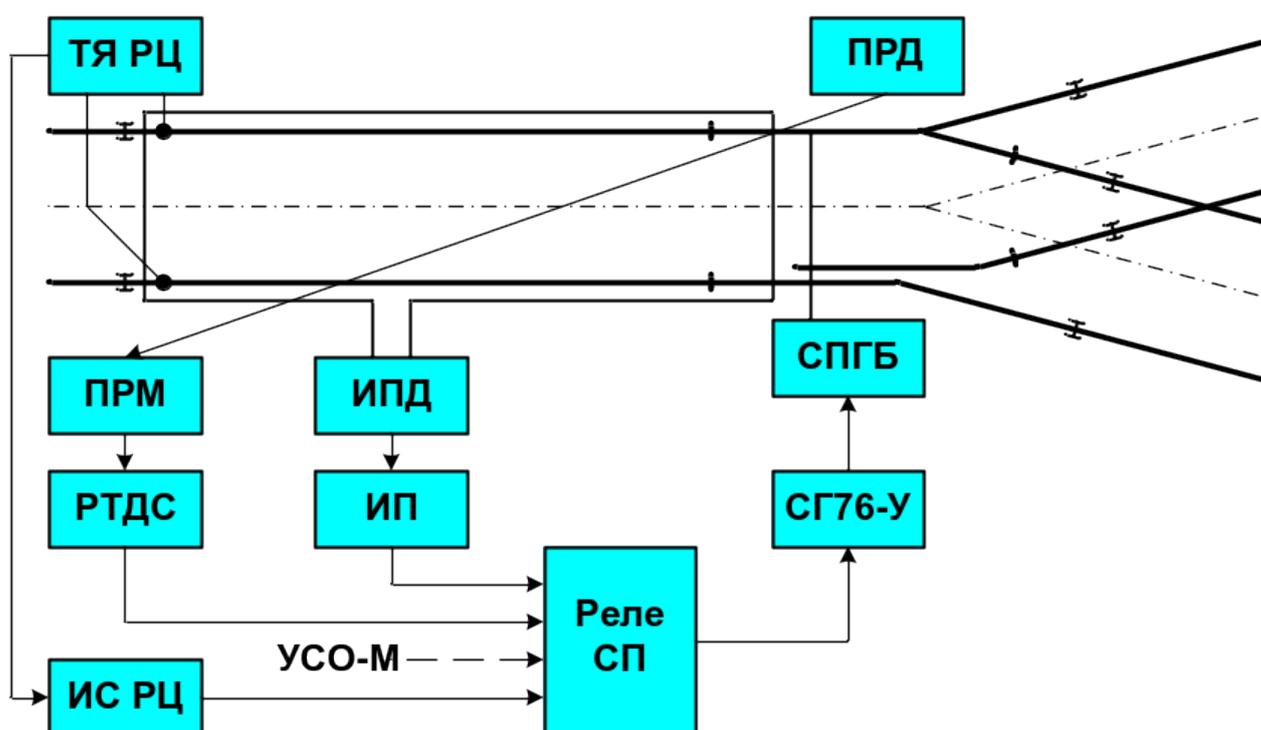


Рисунок 2.5 – Структурная схема существующей КЗС

Технические средства КЗС в соответствии с классификацией напольных устройств должны обнаруживать подвижной состав любого типа с момента вступления его первой колесной пары на предстрелочный участок и до момента выезда последней колесной пары за пределы остяков стрелки. При выборе технических средств комплексирования учитываются:

- непрерывность контроля обнаруживаемого отцепы в стрелочной зоне;

- независимость характеристик обнаружения от скорости движения отцепов;
- надежность и всепогодность;
- возможность дистанционного контроля работоспособности.

Отказ любого датчика в составе КЗС приводит исполнительное устройство в защитное состояние. При этом устройства КЗС должны обеспечивать вероятность ложной свободности не хуже 10^{-6} - 10^{-7} , а вероятность ложной занятости не хуже 10^{-4} - 10^{-5} .

2.2.3 Индуктивно-проводной датчик

Индуктивно-проводной датчик, используемый на сети железных дорог России, относится к категории технических средств защиты стрелок горочной автоматической централизации от несанкционированного перевода под вагонами. Он равным образом может использоваться в системах контроля заполнения путей как датчик обнаружения отцепов на сортировочных путях.

Наиболее существенными современными требованиями, предъявляемыми к датчикам обнаружения подвижного состава в системах автоматизации сортировочных горок, являются:

- обнаружение любых типов грузовых вагонов, эксплуатируемых на сети железных дорог как неподвижных, так и движущихся в диапазоне скоростей от нуля до 40 км/ч в пределах контролируемого участка;
- обеспечение непрерывного тестирования и диагностики работоспособности с прогнозированием предотказных состояний;
- минимизация ошибок обнаружения и непрерывный физический контроль перемещения всех типов грузовых вагонов.

При этом зона обнаружения, отсчитываемая по положению первой и последней оси отцепа, должна быть не меньше нормативной длины контролируемого участка, например, стрелочного.

Датчик ИПД обнаруживает подвижной состав в зоне укладки индуктивного шлейфа (ИШ) вне зависимости от климатических и других эксплуатационных условий. Для защиты стрелок ГАЦ используются ИШ, уложенные в форме «прямоугольника» или «восьмерки». Их размеры выбираются в зависимости от размеров стрелочного участка. Границы укладки индуктивных шлейфов жестко привязаны к границам контролируемого участка, что обеспечивает сопряжение длины зоны обнаружения датчика и нормативной длины контролируемого стрелочного участка.

Контроль наличия подвижного состава с помощью ИПД основан на оценке изменения частоты настройки автогенератора гармонических колебаний. Индуктивный шлейф является чувствительным элементом датчика, выполняющим роль колебательного контура автогенератора и изменяющим параметры при наличии подвижного состава в зоне укладки шлейфа.

Любой из датчиков обнаружения подвижного состава, эксплуатируемых на сети железных дорог России, а именно на стрелочных участках, характеризуется инерционностью. Инерционность при появлении в зоне контроля объекта определяется временем анализа, необходимым для фиксации факта обнаружения, временем принятия решения по результатам анализа и исполнения команды исполнительным элементом. С целью исключения риска перевода стрелки под движущимися вагонами важно определить эту инерционность и согласовать длины зон обнаружения датчика и контролируемого участка.

Для ИПД эти длины согласуются с помощью смещения границ укладки индуктивного шлейфа относительно острия острия стрелки. Анализ эксплуатации ИПД свидетельствует, что с момента входа первой колесной пары отцепа на границу укладки шлейфа его обнаружение происходит с запаздыванием по времени. Поскольку скорости движения отцепов на сортировочных горках могут изменяться в большом диапазоне, момент фиксации (обнаружения) занятости стрелочного участка может находиться дальше границы защитного участка нормативной зоны контроля горочной стрелки. В результате стрелка может перевестись под вагоном. Чтобы это исключить, необходимо выбрать границы укладки шлейфа относительно границ стрелочного участка с учетом параметров, определяющих инерционные свойства ИПД.

В состав ИПД входит аппаратура, располагающаяся в зависимости от функционального назначения в релейном помещении или на поле. В релейном помещении находятся предохранители в цепях питания датчика и реле типа НМШ2-4000, воспринимающие сигналы от электронного блока (ЭБ). БЭ устанавливается в трансформаторном ящике ТЯ ИПД, который, в свою очередь, ставят в границах предстрелочного участка. Место расположения ТЯ ИПД выбирается по местным условиям в начале, середине или конце участка и ближе к трассе кабеля. Исполнительное реле ИП, воспринимающее сигналы от БЭ, и предохранители цепей питания ИПД находятся на посту ГАЦ (рисунок 2.6)[8].

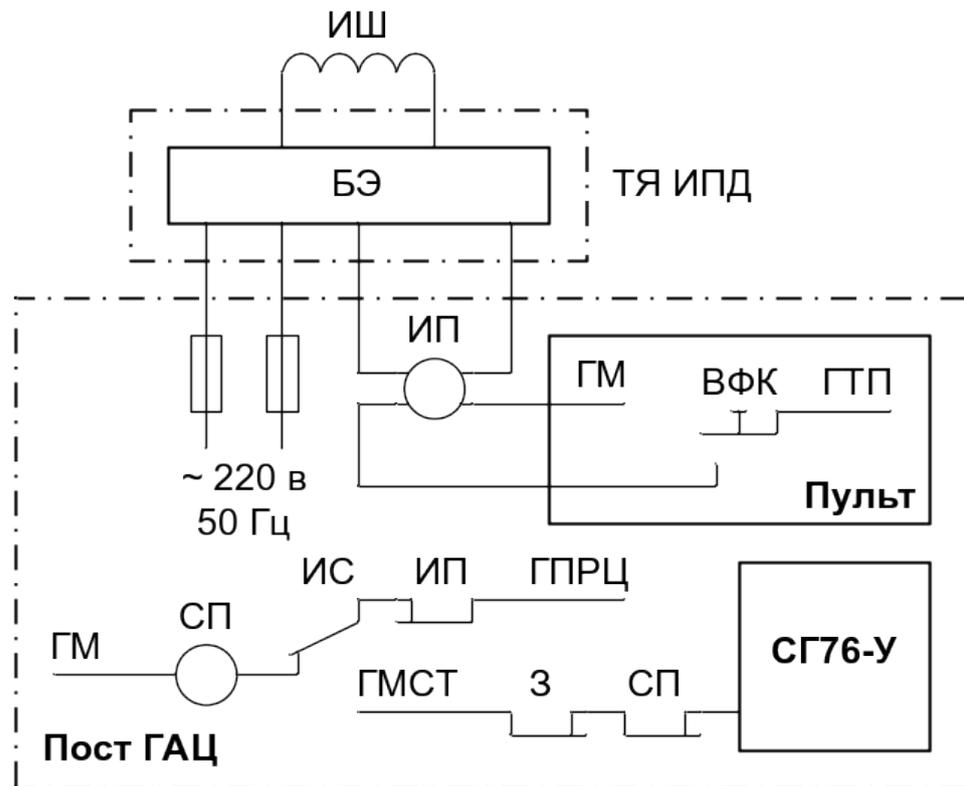


Рисунок 2.6 – Включение ИПД в схему управления стрелкой ГАЗ

Роль чувствительного элемента датчика выполняет индуктивный шлейф, уложенный в пределах рельсовой колеи и изменяющий свои параметры при наезде отцепа. Он располагается внутри железнодорожной колеи в пределах контролируемого участка и крепится к шейке рельсов, изготавливается на месте установки и содержит катушку индуктивности, образованную из 7 жил кабеля КВВГ 7х1.5. Концы кабеля заводятся в путевой ящик, где жилы кабеля распределяются на клеммной колодке в катушку индуктивности. Шлейф крепится к подошве рельсов при помощи крепежных скоб (рисунок 2.7).

Для защиты от механических повреждений кабель помещен в резиноканевый рукав. На сортировочных станциях используют разную длину индуктивных шлейфов исходя из конкретной решаемой задачи. В системе защиты стрелок применяют шлейфы, размеры которых зависят от конкретных размеров предстрелочного участка и не превышают 6 м.

В системе КЗП длины шлейфов выбирают с учётом геометрических размеров подвижных единиц, и они равны 22 м. При этом частота генератора в устройствах защиты стрелок равна 45 или 60 кГц, в КЗП – 30 или 40 кГц.

Индуктивный шлейф должен крепиться к шейке рельсов в каждом шпальном ящике, в местах установки накладок шлейф должен крепиться скобами к каждой шпале.

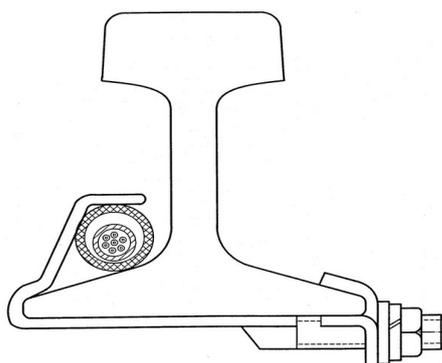


Рисунок 2.7 – Крепление шлейфа ИПД

ИПД обеспечивает контроль свободности или занятости участков пути в пределах уложенного шлейфа от подвижного состава с металлической ходовой частью.

Принцип контроля подвижного состава основан на изменении частоты и амплитуды генератора гармонических колебаний датчика под действием металлической массы вагона. На рисунке 2.8 изображен принцип регистрации занятия участка контроля.

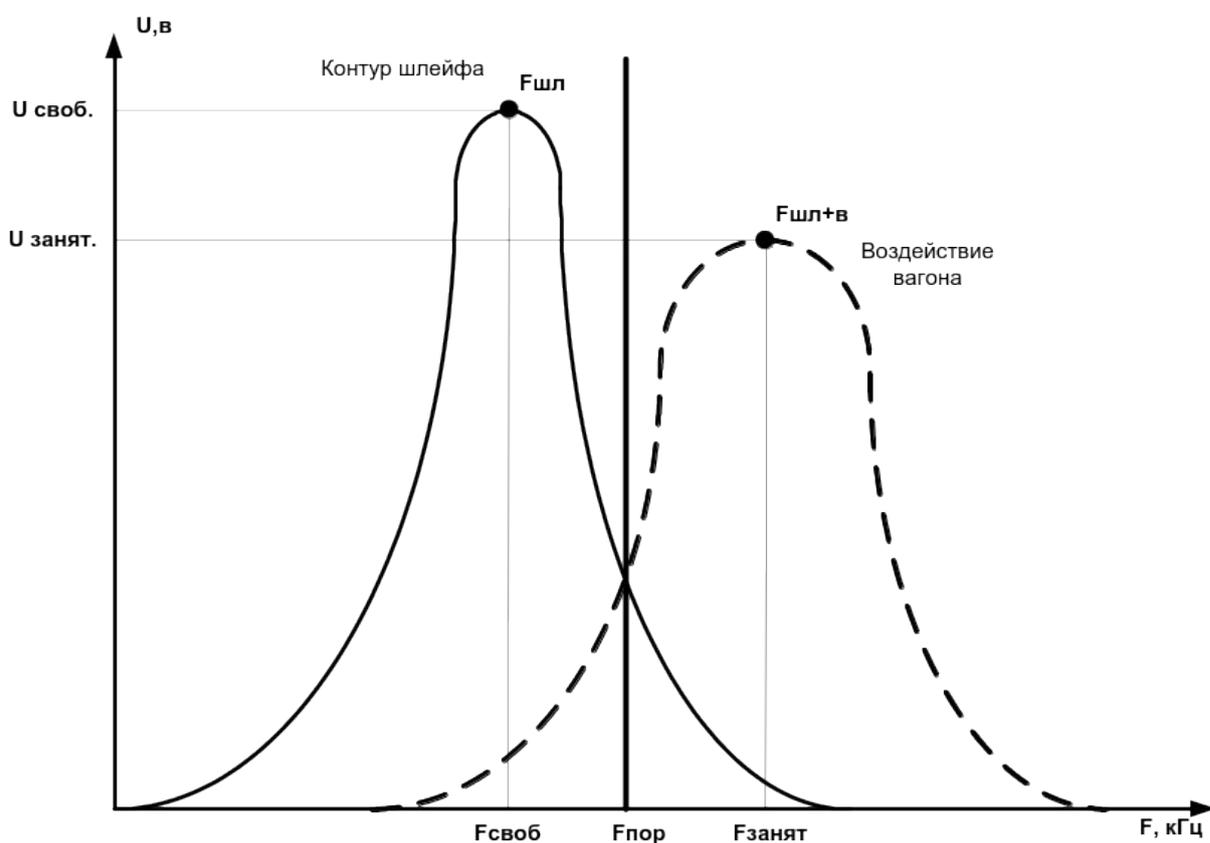


Рисунок 2.8 – Принцип регистрации занятия участка контроля

При свободности этого участка генератор гармонических колебаний выдает на вход порогового устройства сигнальную частоту (синусоидальной формы установленной частоты и амплитуды). Далее пороговое устройство формирует сигнал управления выходным каскадом генератора и на выход БЭ в нагрузку поступает сигнал постоянного тока напряжением примерно 24 В на нагрузке 1440 Ом. При занятости контролируемого участка возможно уменьшение добротности колебательного контура датчика и амплитуды сигнала генератора или полное прекращение колебаний. В любом случае формируется сигнал управления выходным каскадом. В результате сигнал на нагрузке пропадает, это и фиксируется исполнительным элементом.

Блок электроники состоит из генератора гармонических колебаний, порогового устройства, контрольной схемы, схемы автоподстройки, выходного каскада. Схема автоподстройки необходима для стабилизации работы генератора гармонических колебаний. На рисунке 2.9 изображена функциональная схема блока электроники ИПД.

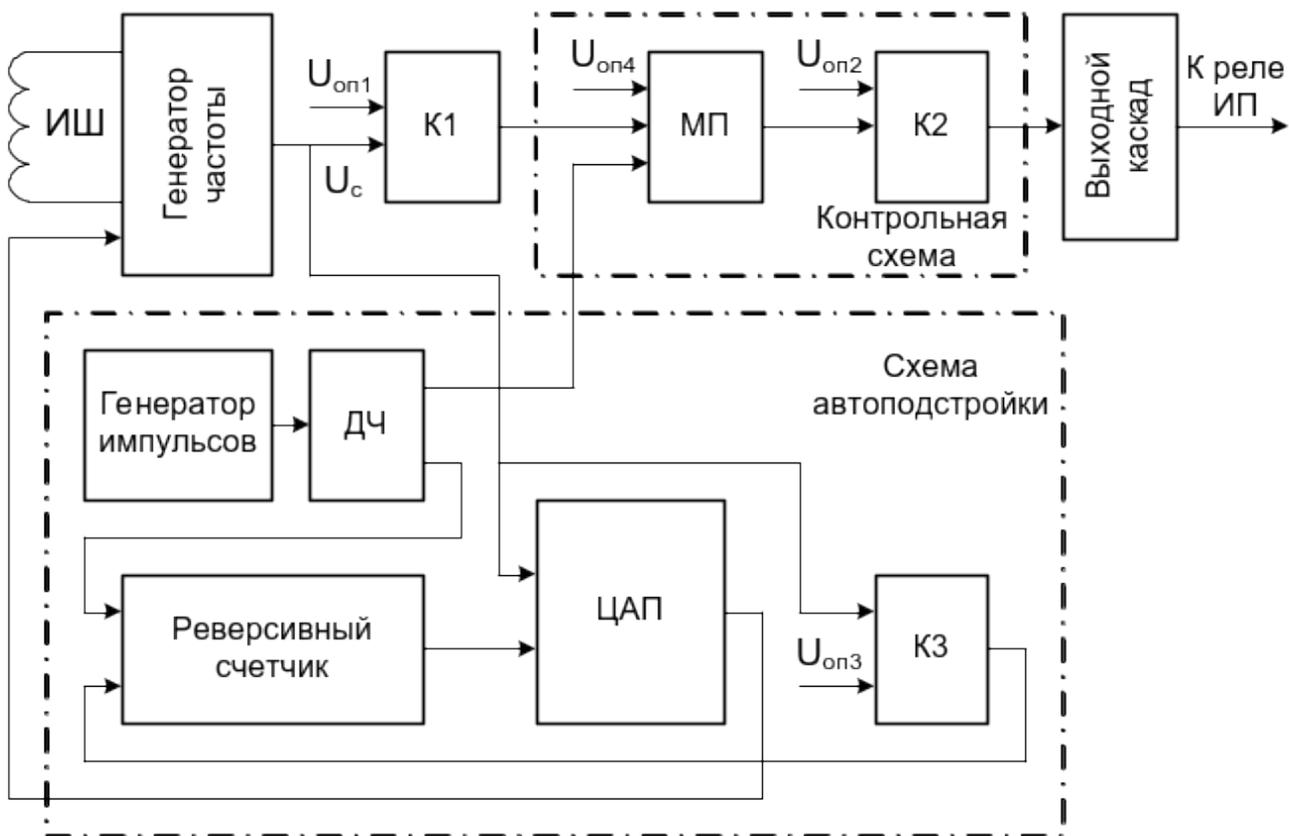


Рисунок 2.9 – Функциональная схема блока электроники ИПД

В реальных условиях на рамку ИШ действует не только металлическая масса вагона, но и климатические факторы (в частности, влажность). В результате амплитуда колебаний генератора датчика может изменяться, в то время как порог срабатывания датчика остается постоянным. Это может привести либо к «пропуску» базы вагона, либо к выдаче ложного сигнала занятости. Поэтому в преобразователе датчика реализована схема стабилизации амплитуды колебаний генератора датчика. Эту функцию выполняет схема автоподстройки. Принцип ее

действия основан на том, что в цепь отрицательной обратной связи (ООС) генератора введено регулирующее звено, которое изменяет глубину ООС в зависимости от изменения амплитуды колебаний в ИШ генератора датчика. Регулирующее звено состоит из цифроаналогового преобразователя (ЦАП), работающего в следящем режиме.

Выходной сигнал U_c генератора гармонических колебаний поступает на вход ЦАП и вход компаратора КЗ. На другой вход КЗ подается опорное напряжение $U_{опз}$, которое и определяет величину выходного сигнала на выходе генератора. Если сигнал U_c на входе КЗ выше опорного, то на его выходе формируется сигнал, дающий команду на вычитание числа в реверсивном счетчике. При этом сигнал с выхода ЦАП увеличит уровень ООС генератора и сигнал U_c на его выходе уменьшится. Уменьшение сигнала будет происходить до тех пор, пока он не станет меньше $U_{опз}$. После этого на выходе компаратора формируется сигнал, дающий команду на сложение числа в реверсивном счетчике. В этом случае сигнал с выхода ЦАП уменьшает величину ООС генератора и сигнал на его выходе увеличивается.

Напряжение на входе компаратора КЗ возрастает на величину $U_c / 2^n$, где n – число разрядов ЦАП, и компаратор вновь даст команду на вычитание. С каждым следующим тактом компаратор будет выдавать команду либо на сложение, либо на вычитание, а величина выходного сигнала – синхронно изменяться.

Для контроля работоспособности ИПД электронный блок имеет контрольную схему, которая выдает сигнал об исправности, если величина сигнала в контрольной точке КТ, определяющая работоспособность ИПД, не превышает заданной величины. В противоположном случае контрольная схема блокирует выходной каскад, и напряжение на исполнительное реле ИП не поступает.

Для обеспечения условия безопасности работы ИПД контрольная схема ЭБ работает в импульсном режиме. Электронный блок выдает напряжение постоянного тока +24 В, которое питает исполнительное реле. Контроль работоспособности ИПД осуществляется визуально светодиодом «Выход».

Конструктивно-электронный блок представляет собой объемную конструкцию, внутри которой расположены две съемные печатные платы. На одной плате (модуль ЭМ1) — источник питания, генератор синусоидальных колебаний и генератор импульсов, а на второй (модуль ЭМ2) — элементы схемы автоподстройки контрольной схемы (схема выходного каскада). На верхних панелях помещены элементы настройки и индикации, вывод контрольной точки.

При выключении питания ИПД переходит в режим «Занятость» независимо от состояния контролируемого участка. Если питание прерывается на время не более 2 минут, то ИПД восстанавливает свою работоспособность. Если питание прерывается на время более 2 минут, то ИПД переходит в режим «Занятость». Для приведения ИПД в работоспособное состояние необходимо настроить ИПД в соответствии с требованием руководства по эксплуатации.

Инерционность ИПД с момента обнаружения отцепки при входе в зону укладки шлейфа до момента размыкания контактов исполнительного реле определяется следующими факторами:

- временем анализа, необходимым датчику для регистрации факта обнаружения вагона по реализуемому частотному критерию - 62,5 мс;
- временем, необходимым для формирования выходным каскадом сигнала управления реле - 20 мс и размыкания контактов исполнительного реле НМШ2-4000 - 38 мс.

Таким образом, суммарное время инерционности ИПД при регистрации занятости участка и использовании реле этого типа составляет 120,5мс.

При выходе последней колесной пары отцепы из зоны действия датчика также регистрируется факт освобождения участка с инерционностью. В этом случае инерционность ИПД определяется следующими факторами:

- временем анализа, необходимым датчику для регистрации факта завершения обнаружения по реализуемому частотному критерию - 187,25 мс;

- временем, необходимым для формирования выходным каскадом сигнала управления реле - 20 мс и временем замыкания контактов при срабатывании исполнительного реле НМШ2-4000 -139 мс.

Суммарное время инерционности ИПД при регистрации свободности для этого реле составляет 346,5 мс.

На сети железных дорог датчик ИПД со шлейфом в форме «прямоугольника» эксплуатируется на стрелочных участках, оборудованных, как правило, нормально разомкнутой рельсовой цепью. Отцеп контролируется с момента входа на границу защитного участка, которая может совпадать с изолирующим стыком ИС1, и до выхода за последний изолирующий стык ИС2 рельсовой цепи. При этом индуктивный шлейф прокладывают лишь в зоне защитного участка и остряков, так как шлейф находится в зоне влияния вторичного контура, образованного рельсовой цепью до момента выхода последней оси отцепы за границу рельсовой цепи. В результате длина зоны обнаружения ИПД больше нормативной зоны контроля стрелочного участка и превышает геометрические размеры самого шлейфа (рисунок 2.10).

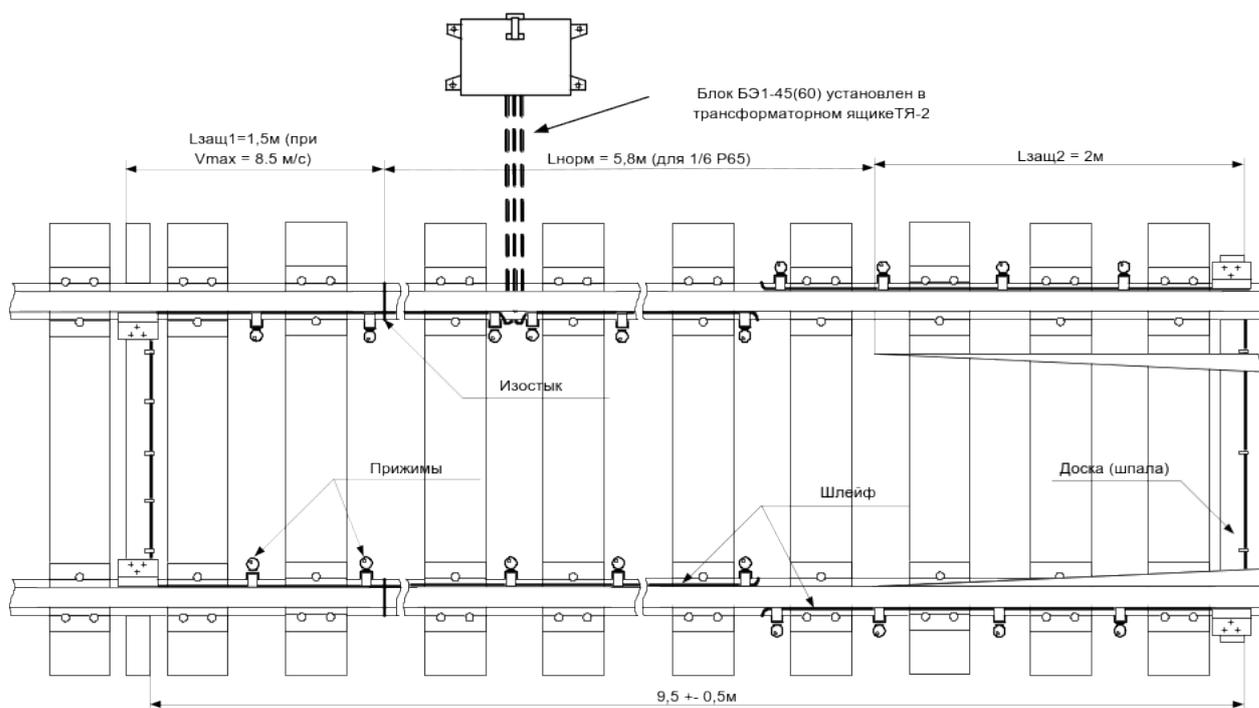


Рисунок 2.10 – Границы зоны обнаружения со шлейфом в форме «прямоугольника»

При неисправности аппаратуры рельсовой цепи (например, от рельсов отключен питающий трансформатор) или ее отсутствии длина зоны обнаружения намного меньше нормативной длины стрелочного участка и соизмерима с границами укладки шлейфа. Кроме того, при кратковременном пропадании шунта в момент нахождения последней оси отцепа вне зоны укладки шлейфа ИПД может регистрировать свободу участка контроля.

ИПД со шлейфом в форме «восьмерки» контролирует отцеп с момента входа на защитный участок и до корня острия стрелочного перевода независимо от наличия и состояния рельсовой цепи стрелочного участка, а именно, ее исправности или отключении от рельсов питающего трансформатора.

Проведенные на ряде горок эксплуатационные испытания показали, что границы зоны обнаружения отцепов не изменяются при

работе ИПД со шлейфом «восьмерка» на стрелочных участках, оборудованных нормально разомкнутой рельсовой цепью. Это является достоинством работы ИПД со шлейфом в форме «восьмерки» в отличие от шлейфа в форме «прямоугольника».

Шлейф ИПД в форме «восьмерки» (рисунок 2.11) позволяет достичь высоких эксплуатационных показателей при использовании стрелочных участков на электрифицированных путях, а также при комплексировании с любыми типами рельсовых цепей.

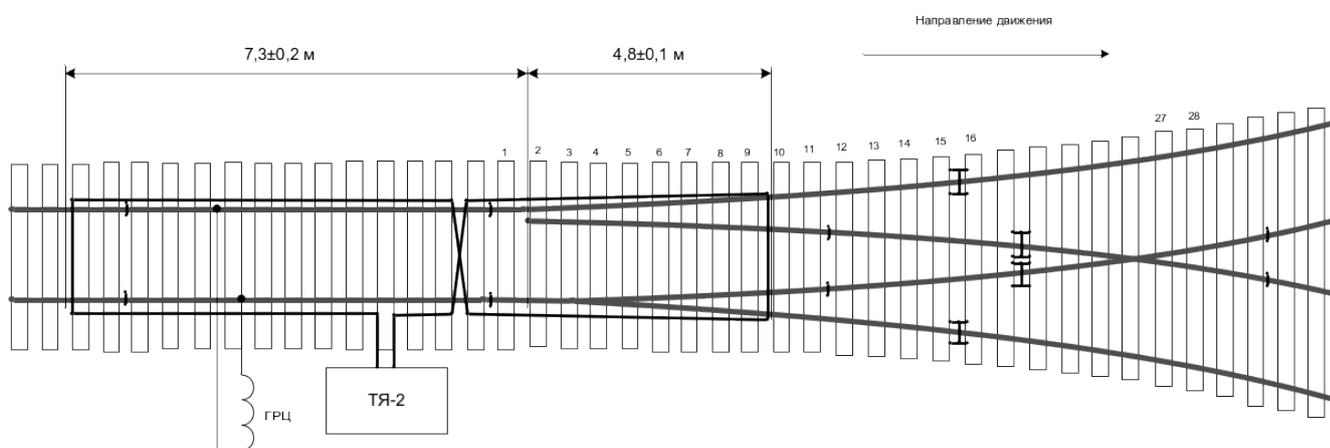


Рисунок 2.11 – Шлейф ИПД в форме «восьмерки»

2.2.4 Радиотехнический датчик

Рельсовая цепь не исключает перевода стрелки под длиннобазным вагоном, у которого расстояние между осями внутренних колес превышает длину стрелочной рельсовой цепи. Это вызывает

необходимость дополнения стрелочных рельсовых цепей радиотехническими датчиками [10].

Радиотехнический датчик контроля свободности стрелочных участков (РТД-С) предназначен для фиксации наличия отцепов на стрелочных участках сортировочных горок в системах ГАЦ. РТД-С состоит из передатчика и двух приемников. Для осуществления контроля в РТД-С используется радиоканал сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона.

Использование СВЧ диапазона волн вызвано тем, что влияние запыленности, тумана, дождя, снега на волны этого диапазона тем меньше, чем больше неравенство $\lambda > r$ (λ - длина волны излучаемого колебания, r - радиус частиц метеорологического происхождения).

В соответствии со своим назначением РТД могут работать в двух режимах пространственного обнаружения транспортных средств – приема отраженного сигнала (канал отраженного сигнала КОС) и экранирования подвижным составом излучаемого передатчиком сигнала (канал прямого сигнала КПС).

РТД-С состоит из двух основных, конструктивно одинаковых, модулей - приемного и передающего.

Передающий модуль РТД включает следующие функциональные схемные узлы (рисунок 2.12):

- рупорная пирамидальная антенна А1;
- генератор СВЧ (ГСВЧ);
- стабилизатор тока ГСВЧ (СТ);
- модулятор М;
- генератор модулирующих сигналов ГМС;
- схема индикации И.

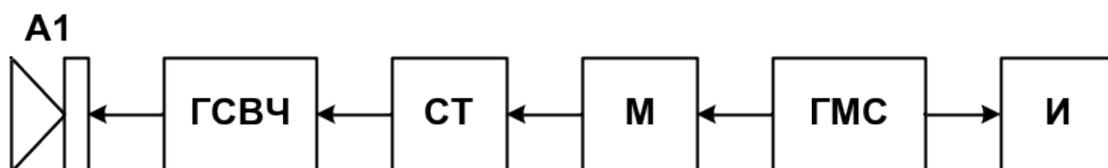


Рисунок 2.12 – Функциональная схема передающего модуля РТД

Однако с учетом необходимости использования малогабаритных антенн для радиотехнических датчиков был выбран трехсантиметровый диапазон волн ($f=10\text{-}10^9$ Гц).

Антенна передатчика служит для преобразования токов СВЧ, создаваемых ГСВЧ, в энергию электромагнитных волн, излучаемых в сторону контролируемой зоны. ГСВЧ трехсантиметрового диапазона волн выполнен с использованием лавинно-пролетного диода (ЛПД). Стабилизатор тока СТ предназначен для ограничения амплитудного значения тока, протекающего через ЛПД. Генератор модулирующих сигналов ГМС вырабатывает импульсы прямоугольной формы и вместе с модулятором М осуществляет 100% амплитудную модуляцию СВЧ-сигнала. Наличие модулирующего сигнала контролируется схемой индикации И.

Приемный модуль РТД имеет следующие функциональные блоки (рисунок 2.13):

- рупорная пирамидальная антенны А2;
- детекторная камера Д;
- усилитель-ограничитель УО;
- схема индикации И;
- пороговое устройство ПУ на триггере Шмитта;
- схема сравнения СС;
- фазоинверсные каскады ФИ1 и ФИ2;
- выходное устройство ВУ.

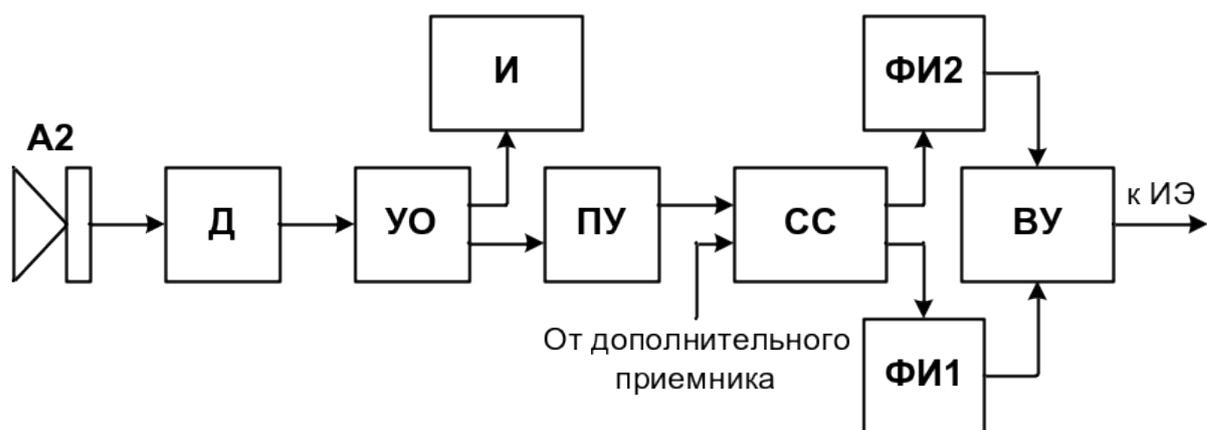


Рисунок 2.13 – Функциональная схема приемного модуля РТД

Антенна приемника **A2** предназначена для приема и преобразования энергии электромагнитных волн в напряжение СВЧ и аналогична антенне передатчика.

Детекторная камера **Д** представляет собой отрезок прямоугольного волновода с установленным в нем в качестве детектора полупроводниковым СВЧ-диодом КД421А, который преобразует радиоимпульсы в видеоимпульсы. После детектирования сигнал подается на вход усилителя-ограничителя **УО**.

УО приемника усиливает электрические колебания модулирующей частоты, выделяемых детектором из СВЧ-сигнала. С выхода **УО** сигнал синусоидальной формы поступает на **ПУ**, где с помощью триггера Шмитта происходит его преобразование в прямоугольные импульсы положительной полярности.

Для повышения помехоустойчивости сигнал с выхода триггера Шмитта подается на делитель частоты с коэффициентом деления $n=10$, а затем на один из входов схемы сравнения **СС**. Одновременно на другой вход **СС** приходит сигнал управления от дополнительного приемника. При наличии сигналов на двух входах **СС** сигнал через фазоинверсные каскады **ФИ1** и **ФИ2** поступает на выходное устройство

ВУ. Его трансформатор и выпрямитель обеспечивают включение исполнительного элемента ИЭ – контрольного реле РТДС.

В системах ГАЦ РТД-С должны:

- фиксировать все типы вагонов, включая длиннобазные, на любых скоростях движения, в том числе неподвижные, с момента вступления первой колесной пары отцепа за изолирующий стык предстрелочного участка и до нахождения последней колесной пары отцепа на остриях стрелки;
- обеспечивать дистанционный контроль своей работоспособности как при наличии отцепа на стрелочном участке, так и при его отсутствии в зоне контроля;
- работать при автономной тяге и при наличии рядом расположенных путей, оборудованных электротягой постоянного и переменного тока.

РТД-С состоит из двух основных, конструктивно одинаковых, модулей - приемного и передающего. Модули устанавливаются на крепежные стойки, расположенные в зоне стрелочного участка. Приемник, установленный внизу стойки, является основным и используется для контроля всех типов вагонов с хребтовой балкой, а верхний приемник дополнительно фиксирует длиннобазные вагоны без нее (рисунок 2.14).

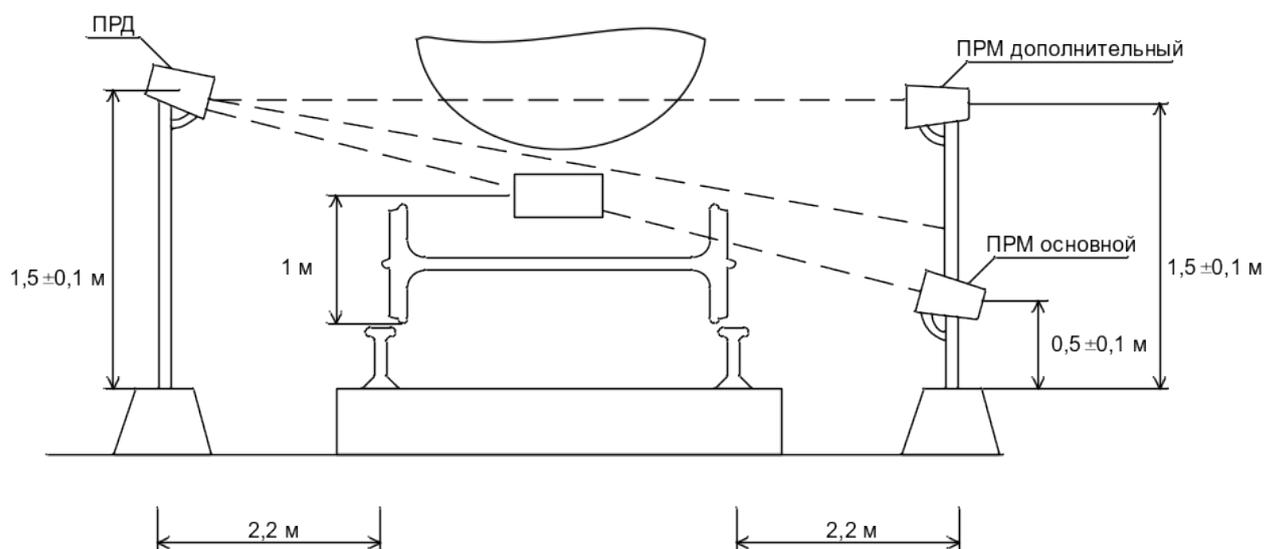


Рисунок 2.14 – Размещение РТД-С в зоне стрелочного участка

Учитывая технические требования к РТД-С, длину стрелочного участка и реальные габариты подвижного состава, производят выбор места расположения устройства в плане для обеспечения достоверности обнаружения отцепы в заданных границах зоны контроля. Главными требованиями при выборе координат размещения крепежных стоек РТД-С на стрелочном участке являются:

- въезд первой оси колесной пары на границу предстрелочного защитного участка должен быть зарегистрирован как занятость стрелки;
- выезд последней оси колесной пары вагона за острия должен быть зарегистрирован как освобождение участка контроля.

2.2.5 Рельсовые цепи

Рельсовые цепи 25 Гц проектируют на вновь механизированных и автоматизируемых сортировочных горках, а также в случае их реконструкции и в маневровых районах станций при любых видах тяги.

Питание рельсовых цепей 25 Гц производится от преобразователя частоты ПЧ 50/25-150 УЗ с допустимым колебанием выходного напряжения 110 В частотой 25 Гц от 105 до 115 В. Сопротивление жил кабеля между постом ГАЦ и трансформаторным ящиком (предельная длина недублированного кабеля 1000 м) составляет 50 Ом.

При соблюдении требований и норм, предъявляемых к горочным рельсовым цепям, нормально разомкнутые рельсовые цепи 25 Гц обеспечивают:

– время с момента наложения шунта до размыкания фронтальных контактов обратного повторителя путевого реле СП при наибольшем напряжении контрольной батареи 28 В не более 0,15 с, а время с момента снятия шунта до замыкания фронтальных контактов обратного повторителя путевого реле СП при наименьшем напряжении контрольной батареи 22 В не более 0,35 с;

– надежное притяжение якоря путевого реле ИС при наложении на рельсовую цепь нормативного поездного шунта сопротивлением 0,5 Ом с максимальным сопротивлением изоляции $R_u = \infty$ и минимальным выходным напряжением 105 В, 25 Гц;

– надежное отпущение якоря реле ИС при снятии нормативного поездного шунта с рельсовой цепи с минимальным сопротивлением изоляции $R_u = 3$ Ом и максимальным выходным напряжением 115 В, 25 Гц.

Нормально разомкнутые рельсовые цепи, в которых не контролируется исправность элементов и рельсовых нитей, находят применение на сортировочных горках в качестве путевых датчиков. На рисунке 2.15 изображена схема нормально разомкнутой рельсовой цепи.

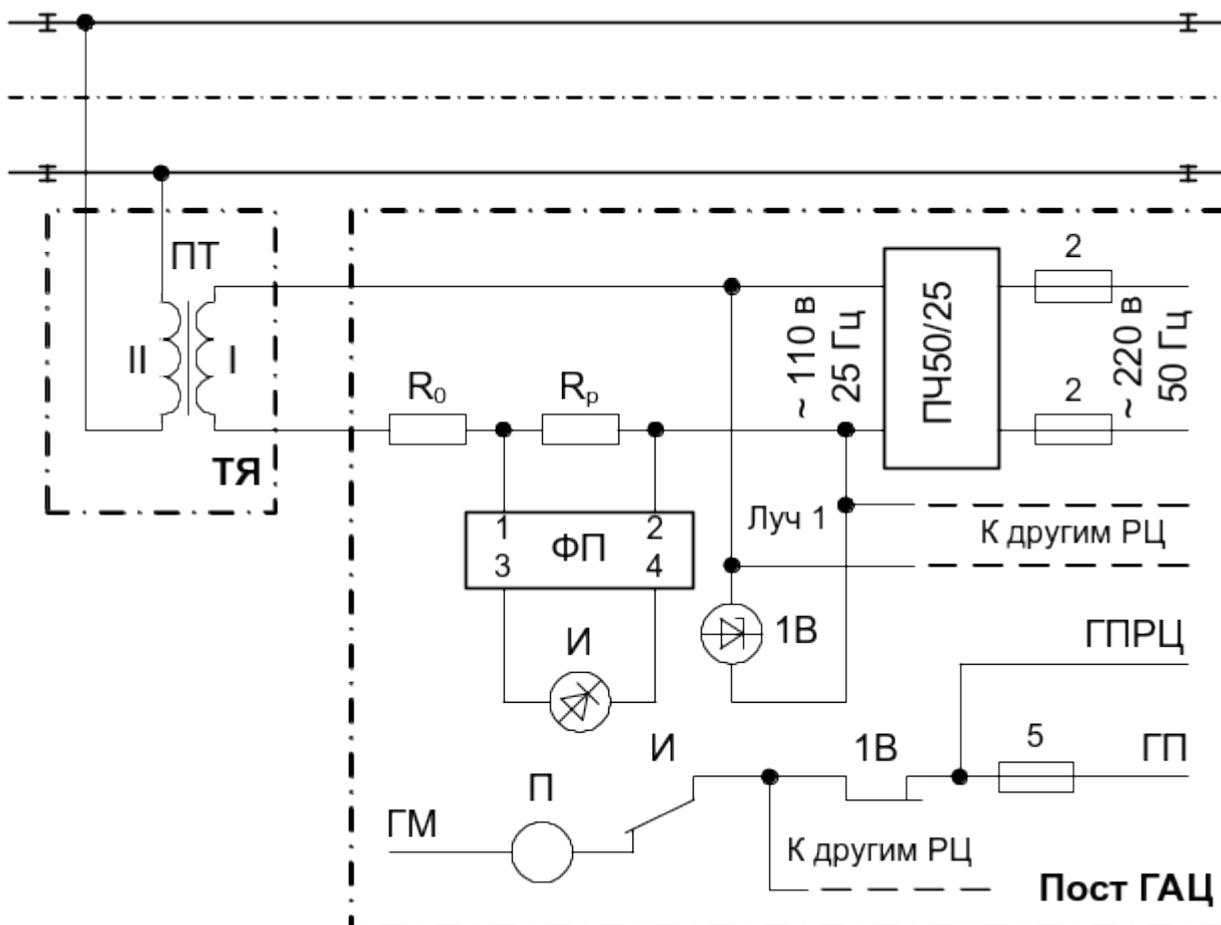


Рисунок 2.15 – Схема нормально разомкнутой рельсовой цепи

Напряжение контрольной батареи для работы обратного повторителя путевого реле П должно составлять 22-28 В. Напряжение питания ГРЦ контролируется реле 1В типа АСШ2-110 на выходе каждого преобразователя ПЧ50/25-150У3 со стороны напряжения 110 В частотой 25 Гц. На электрифицированных путях и трех ГРЦ, примыкающих к ним, для защиты импульсного стрелочного путевого

реле И типа ИВГ (ИМВШ-110) от влияния тягового тока устанавливают фильтры ФП типа ФП-25.

При свободной РЦ вторичная обмотка ПТ нагружена на сопротивление изоляции (минимум 3 Ом). В контуре первичной обмотки устанавливается ток, которого недостаточно для срабатывания путевого реле ИС. В момент шунтирования рельсов (нормативный шунт 0,5 Ом) ток в контуре вторичной обмотки возрастает, что приводит к увеличению тока в контуре первичной обмотки и срабатыванию путевого реле ИС. Резистор R_0 ограничивает ток при малых сопротивлениях поездного шунта и соединительных проводов контура вторичной обмотки ПТ [7].

В системах ГАЦ рельсовые цепи имеют специфические особенности:

- относительно малая длина;
- наличие предстрелочного участка (для стрелочных РЦ);
- повышенная шунтовая чувствительность и быстроедействие;
- устойчивость при пониженном сопротивлении балласта[18].

Длина РЦ определяет интервал между скатывающимися отцепами, и чем он меньше, тем выше может быть скорость роспуска. В общем случае длина стрелочной горочной РЦ $L_{рц}$ составляется из отрезков: от изолирующих стыков до начала острьяков (предстрелочный участок $L_{пу}$); от начала острьяков до изолирующих стыков перед крестовиной стрелки $L_{ок}$. На рисунке 2.16 Показана длина ГРЦ и допустимый интервал между отцепами.

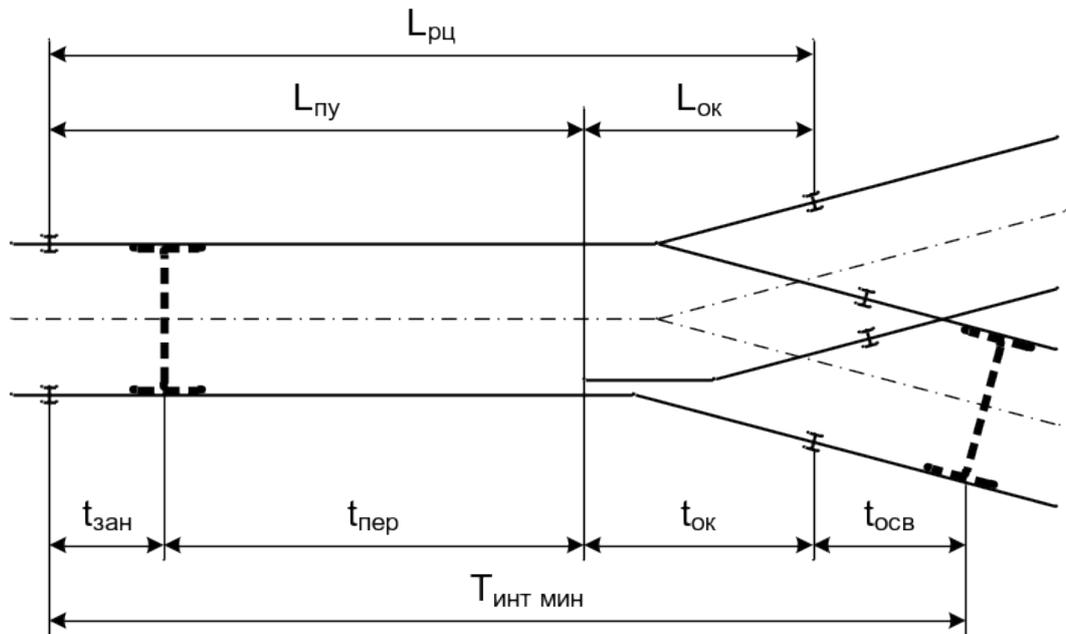


Рисунок 2.16 - Длина ГРЦ и допустимый интервал между отцепами

Предстрелочный участок необходим для обеспечения полного перевода стрелки до вступления отцепа на ее острия, если начало перевода сошлось с моментом вступления отцепа на данную РЦ. Длина этого участка определяется по формуле:

$$L_{пу} = V_B \cdot (t_{пер} + t_{зан}), \quad (2.1)$$

где V_B – скорость движения отцепа;

$t_{пер}$ – время перевода стрелки;

$t_{зан}$ – время реакции путевого реле на наложение шунта.

Необходимость обеспечения быстродействия ГРЦ определяется условиями безопасности при максимальном темпе роспуска составов.

Предположим, что длина $L_{пу}$ выбрана без учета $t_{зан}$, то этой длины

может быть не достаточно для того, чтобы стрелка полностью перевелась до вступления на ее острия первой колесной пары отцепа.

Похожая ситуация будет при автовозврате стрелки, если команда на автовозврат поступит прямо перед моментом окончания времени $t_{зан}$. Следовательно для уменьшения длины предстрелочного участка одновременно с повышением быстродействия стрелочных электроприводов уменьшают время реакции путевого реле на наложение шунта.

На сортировочных горках занятость путевых участков должна надежно фиксироваться при нахождении на них хотя бы одной колесной пары при условии того, что головки рельсов могут быть загрязнены. При этом переходное сопротивление зачастую достигает 0,5 Ом и выше, что может привести к кратковременной потере шунта. В этих условиях ГРЦ должны обеспечивать высокую шунтовую чувствительность (0,5 Ом).

ГРЦ определяет интервал между скатывающимися отцепами и, чем он меньше, тем выше может перерабатывающая способность горки.

$$T_{инт мин}$$

Минимально допустимый интервал между отцепами определяется по формуле:

$$T_{инт мин} = t_{зан} + t_{пер} + t_{стр} + t_{осв} , \quad (2.2)$$

где $t_{зан}$ – время реакции путевого реле на шунтирование ГРЦ, с;

$t_{пер}$ – время перевода стрелки, с;

$t_{стр}$ – время прохождения отцепа по стрелочному участку $L_{ок}$, с;

$t_{осв}$ – время реакции путевого реле на снятие шунта с ГРЦ, с (см. рисунок 2.16).

С целью увеличения перерабатывающей способности горки уменьшают $T_{инт мин}$, снижая значения всех его составляющих за счет:

- $t_{зан}$ и $t_{осв}$ – применения быстродействующих ГРЦ;
- $t_{пер}$ – применения быстродействующих стрелочных электроприводов;
- $t_{стр}$ – сокращения длины стрелочных участков.

Таким образом, в системах ГАЦ к коротким РЦ предъявляют дополнительные требования по быстродействию, что связано с работой стрелок в режиме автовозврата и недопустимости даже кратковременной потери шунта при проследовании ТС по контролируемому участку. Отцеп должен быть обнаружен независимо от состояния балласта и загрязнения контактных частей рельсов и колесных пар.

2.2.6 Устройство счета осей

Применение недорогих (но надежных в работе), не требующих частой подстройки УСО резко снижает нормы трудозатрат на обслуживание напольных устройств, повышает качество работы модели сортировочной горки, что в свою очередь открывает широкие возможности для точного отслеживания всех передвижений, обеспечивая автоматический съем информации как о скатывании вагонов на спускной части сортировочной горки, так и накоплении их в подгорочном парке.

УСО предназначено для фиксации осей и определения направления движения вагонов, контролировать исправность элементов устройства.

Устройство считывания осей состоит из: первичного датчика, состоящего из трех катушек индуктивности, размещаемых в одном корпусе, который закрепляется на рельсе, и преобразователя сигналов (ПС), размещаемого в напольном ящике вблизи пути (рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Устройство счета осей

Датчик предназначен для фиксации осей вагонов, следующих по участку, ограниченному ИД и передачи информации на управляющий вычислительный комплекс, размещаемый на посту электрической централизации[19].

Электропитание ИД осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением $36 + 4$ В. Потребляемый ток не более

0,05А. Первичный преобразователь датчика представляет собой совокупность трех катушек индуктивности без сердечника КИ1, КИ2, КИ3. Причем, две катушки КИ1 и КИ3 (рабочие), располагаются в корпусе горизонтально, их плоскости намотки параллельны рельсу, а третья К2 (вспомогательная) располагается между ними и ее плоскость перпендикулярна плоскости других катушек индуктивности. Катушки К1 и К3 служат для обнаружения колесных пар, а катушка К2 контролирует положение ИД относительно рельса. Вследствие этого преобразователь сигнала датчика строится по трехканальной схеме (рисунок 2.18).

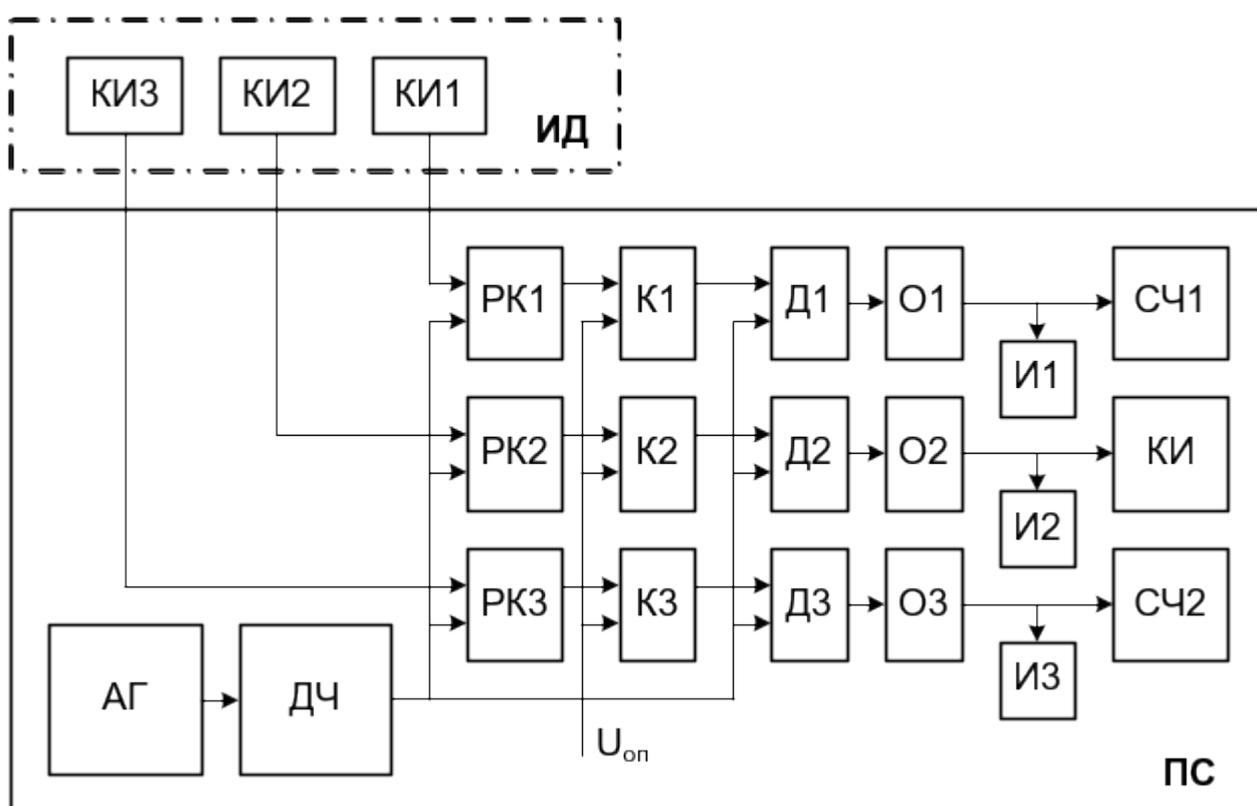


Рисунок 2.18 – Функциональная схема УСО-М

Два канала ПС, рабочие, выполняют функции счетчиков осей движущегося вагона. Они практически симметричны и включают: резонансные каскады РК1 и РК3, компараторы сигналов К1 и К3, дискретные делители частоты сигнала Д1 и Д3, каскады оптоэлектронной развязки О1 и О3, индикаторы состояния каналов И1 и

ИЗ, и выходные цепи передачи сигналов на пост ЭЦ –СЧ1 и СЧ2. Третий канал выполняет в основном функции контроля работоспособности датчика и включает в себя те же функциональные узлы, что и основные каналы. Выходной сигнал вспомогательного канала представляет собой дискретный сигнал частотой 1 Гц, транслируемый на пост ЭЦ с выхода КИ - «Контроль исправности».

Ориентация катушек индуктивности датчика такова, что колесные пары вагона поочередно проезжают над катушкой КИ1, а затем над катушкой КИ3 в одном направлении, либо наоборот при обратном движении. В момент проезда колесной пары над соответствующей катушкой, регистрируется сигнал с соответствующего счетного выхода одного из каналов СЧ1, или СЧ2. При этом в случае регистрации равенства въехавших и выехавших осей через счетную точку, принимается решение о наличии либо отсутствии транспортного средства в зоне контроля. Помимо названной функции датчик позволяет фиксировать и направление движения транспортного средства, в зависимости от очередности во времени появления счетных импульсов с выхода первой или второй катушек КИ1 или КИ3.

В преобразователе сигналов имеется автогенератор опорного сигнала с кварцевой стабилизацией частоты. В исходном состоянии с выхода кварцевого генератора в каждый канал ПС датчика через делитель ДЧ, на вход резонансных каскадов РК1, РК2 и РК3 поступает сигнал опорной частоты.

Резонансные контура каскадов образованы индуктивностями катушек КИ, КИ2, КИ3 и собственными емкостями, которыми в процессе установки и настройки датчика подстраивают контура в резонанс или вблизи него. Эти сигналы с выходов резонансных каналов поступают на соответствующие компараторы, выполняющие функции пороговых элементов и при достаточном уровне сигнала транслируются через

делители частоты Д1, Д2, Д3 и каскады оптоэлектронной развязки О1-О3 одновременно на встроенные индикаторы И1,И2,И3 и на соответствующие выходы в линию связи.

Таким образом в исходном состоянии на каждом счетном выходе СЧ1 и СЧ2 как и на контрольном, в линию на пост ЭЦ транслируются переменные дискретные сигналы, свидетельствующие о работоспособном состоянии датчика и отсутствии колесных пар вагона в зоне действия датчика. Одновременно в ПС светятся индикаторы И1-И3, один из которых мигает – И2 с частотой 1 Гц. Эта индикация предназначена для контроля функционирования датчика электромехаником.

При въезде колесной пары вагона в зону действия одной из катушек, например КИ1, изменяется начальная настройка резонансного контура РК1, и напряжение на его выходе, подаваемое на вход компаратора К1, уменьшается до величины, приводящей к его закрытию. Вследствие этого пропадает импульсный сигнал на счетном выходе СЧ1, гаснет индикатор И1, что свидетельствует о наличии колесной пары вагона в зоне катушки К1. При выезде колесной пары из зоны действия катушки КИ1, настройка резонансного контура РК1 восстанавливается, напряжение на входе компаратора К1 открывает его и на выходе этого канала возобновляется трансляция переменного дискретного сигнала.

Аналогично функционирует и другой рабочий канал, образованный катушкой КИ3. На посту ЭЦ в управляющем вычислительном комплексе ведется обработка поступающих с датчиков сигналов по алгоритму счета осей колесных пар, определению направления движения отцепа, занятости или свободности контролируемого участка.

Следует заметить, что работа вспомогательного канала, регистрирующего исправное состояние датчика не прекращается и при въезде колесной пары в зону действия датчиков, благодаря начальной настройке функциональных узлов компаратора.

2.2.7 Горочные светофоры

Горочные светофоры устанавливаются в районе вершины горки. Показания горочного светофора, который сигнализирует желтым, зеленым, желто-зеленым, красным огнями и буквой «Н» (осаживание назад) маршрутного указателя, определяют темп (скорость надвига) составов. Горочными светофорами в автоматическом режиме управляет КВГ.

Для маневровых передвижений на пути сортировочного парка светофоры дополняют лунно-белыми огнями. Передвижение из сортировочного парка к вершине горки регулируют маневровые светофоры, которые используют и для ограждения замедлителей при проведении ремонтных работ.

В «ручном» режиме горочными светофорами управляет дежурный по горке посредством группы блокированных кнопок, при нажатии которых включаются реле сигнальных показаний Ж, З и Н.

Схема включения ламп светофоров обеспечивает, кроме включения указанных сигнальных показаний, сигнализацию желтым огнем при перегорании лампы зеленого огня и красным огнем при перегорании лампы желтого огня[1].

2.2.8 Скоростемеры

В основу работы горочного радиолокационного индикатора скорости РИС-ВЗМ положен эффект Доплера, состоящий в том, что при перемещении источника СВЧ колебаний по отношению к наблюдателю и наоборот частота колебаний в месте наблюдения отличается от собственной частоты источника колебаний.

Генерируемый приемопередающим модулем СВЧ сигнал, излучается антенной в направлении движущегося объекта и этой же антенной принимается отраженный от объекта сигнал. Доплеровская частота выделяется приемопередающим модулем и в виде гармонических колебаний поступает в блок обработки, где усиливается, фильтруется, преобразуется в цифровой вид, обрабатывается в цифровом виде, а затем вновь преобразуется в аналоговый вид и уже в форме периодического сигнала прямоугольной формы поступает на выход РИС-ВЗМ.

В скоростемере РИС-ВЗМ реализован алгоритм скользящего, быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Минимальная длительность периода доплеровской частоты равна 0,4 мс, частота соответствует 2,5 кГц и определяется максимальной скоростью отцепа $10 \text{ м/с} = 36 \text{ км/ч}$. ($1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/ч}$). Максимальной длительности периода доплеровской частоты $T_{\text{доп}} = 14,8 \text{ мс}$, соответствует частота 67,6 Гц, что соответствует минимальной скорости отцепа $0,27 \text{ м/с}$ (1 км/ч).

Время анализа (счета) БПФ составляет 4 мс. Т.е. на выходе скоростемера всегда формируется усредненная оценка скорости на интервале 74 см с постоянным ее обновлением каждые 4 мс. За это время очередная оценка обновленной доплеровской частоты существенно измениться не может. На самом деле при максимальной

скорости движения отцепа 8,5 м/с за 4 мс отцеп может проехать путь, равный 3,4 см.

Поскольку зона действия скоростемера начинается примерно за 3 – 4 м от замедлителя, то уже до въезда отцепа в замедлитель на выходе РИС-ВЗМ появляется устойчивый сигнал в виде доплеровской частоты импульсной формы, соответствующий фактической скорости движения вагона.

Начало обработки сигнала скоростемера в УВК привязывается к моменту въезда первой колесной пары отцепа на рельсовую цепь замедлителя либо на точечный датчик счета осей, устанавливаемый не далее 1 м от начала замедлителя.

РИС-ВЗМ устойчиво работает в условиях воздействия вибрационных нагрузок в диапазоне частот от 10 до 70 Гц с ускорением до 3,8 g, а также сохраняет работоспособность в любых атмосферных условиях: дождь, туман, иней, роса.

Диапазон измеряемых скоростей РИС-ВЗМ от 1,5 до 35 км/ч. При необходимости, программным путем диапазон измеряемых скоростей может быть расширен до диапазона от 0,4 до 46 км/ч.

Излучение СВЧ сигнала антенной РИС-ВЗМ не представляет опасности для эксплуатационного персонала, при соблюдении правил эксплуатации.

2.2.9 Вагонные замедлители

Вагонные замедлители предназначены для регулирования скорости движения отцепов посредством их торможения на спускной части горки и на подгорочных сортировочных путях.

Основным типом рекомендуемых устройств являются балочные вагонные замедлители, которые создают условия для торможения вагонов, воздействуя на боковые поверхности колес.

На первой и второй тормозных позициях устанавливаются замедлители КЗ-5. Замедлитель вагонный клещевидный КЗ-5 предназначен для регулирования скорости движения отцепов при роспуске вагонов на механизированных и автоматизированных сортировочных горках и может устанавливаться, как на строящихся, так и на реконструируемых сортировочных станциях. Он представляет собой специальное балочное тормозное устройство, состоящее из двух независимых тормозных нитей по пять звеньев, смонтированных на деревянных брусках и устанавливаемое на путях сортировочных горок. По принципу действия относится к нажимным тормозным устройствам с пневматическим приводом секций [23].

Технические характеристики замедлителя:

- тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота) при номинальном давлении воздуха в пневмосети, при торможении, не менее:
 - а) 92-тонного вагона– 1,4 мэв;
 - б) 180-тонного вагона–1,1 мэв;
- число ступеней торможения– 4;
- габаритные размеры (длина×ширина×высота)–12,5×3,7×0,9 м;
- максимальное замедление при торможении вагонов– 4,0 м/с²;

- допустимая скорость входа вагонов на замедлитель– 8,5 м/с;
- время срабатывания при номинальном давлении воздуха не более:
 - а) при торможении– 0,8 с;
 - б) при снятии торможения– 0,7 с;
- расход воздуха на одно затормаживание не более 1,28 м³;

Наиболее широко применяемым на сети дорог России на сегодняшний день является парковый рычажно-нажимной замедлитель типа РНЗ-2М, пришедший на смену замедлителю РНЗ-2. РНЗ-2М состоит из трех замедлителей длиной около 3 метров каждый, расположенных на расстоянии 2,5 – 3 м друг от друга. При управлении РНЗ-2М в заторможенное состояние приводится вся тормозная система – одновременно все три замедлителя.

Технические характеристики:

- тормозная мощность– 0,45 мэв;
- число ступеней торможения– 4;
- расход воздуха на одно затормаживание – 0,18 м³;
- габаритные размеры (длина×ширина×высота)– 3,6×4,1×0,5 м;
- допустимая скорость входа вагонов на замедлитель– 6 м/с;
- время срабатывания при номинальном давлении воздуха не более:
 - а) при торможении– 0,7 с;
 - б) при снятии торможения– 0,6 с;

2.2.10 Контроль заполнения путей

Повышение эффективности и ускорение формирования составов на сортировочных горках в значительной мере связаны с проблемой контроля заполнения путей подгорочного парка. В настоящее время этот контроль ведется с помощью устройств КЗП, выполняющих функции определения длины свободного пробега отцепы от парковой тормозной позиции до стоящих на пути вагонов. Наличие информации о степени и характере заполнения сортировочных путей позволяет сформировать и передать по стандартным каналам связи эту информацию оператору, а также в АСУ СС и маневровому диспетчеру с тем, чтобы скорректировать план (последовательность) роспуска составов с учетом заполнения путей сортировочного парка.

Поскольку основным элементом любой системы КЗП являются напольные устройства, то к ним на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта определены основные требования:

- фиксировать присутствие вагонов на контролируемых участках пути в условиях пониженного сопротивления изоляции (балласта) независимо от сопротивления рельсовой линии и переходного сопротивления «рельс-колесо»;
- контролировать присутствия вагонов на отдельном участке сортировочного пути независимо от наличия вагонов на смежных участках;
- использовать минимальное число жил кабеля, то есть иметь двухпроводные или четырехпроводные (при наличии резерва) физические линии связи с центральным устройством;
- не препятствовать механизированной уборке снега и очистке пути, а также механизированной подбивке балласта;

- быть простой в обслуживании и не требовать привлечения эксплуатационного штата высокой квалификации;

- обеспечивать циклический опрос состояний всех контролируемых участков сортировочных путей (время обновления информации не должно превышать 1с), хранение данных о текущем состоянии путей и передачу их на центральный пост по последовательному каналу связи.

Все известные отечественные устройства КЗП по принципу работы могут быть разделены на два типа: одни из них для формирования сигнала используют в своей структуре рельсовые нити; другие построены на основе независимых датчиков обнаружения движущихся отцепов. На Российских железных дорогах широко используются КЗП методом импульсного зондирования.

2.3 Электропитание устройств ГАЦ

Питающая установка поста ГАЦ комплектуется из типовых панелей питания ЭЦ крупных станций. Электроснабжение устройств горочной автоматики осуществляется от двух независимых фидеров напряжением 380 В от источников питания не ниже первой категории[1].

В устройствах ГАЦ вводная панель ПВ-ЭЦК обеспечивает общую нагрузку до 80 кВА и используется для автоматического переключения электропитания с одного фидера на другой, защиты от перегрузок и распределения питания по другим панелям. Ее используют для непосредственного подключения трансформаторов контрольных цепей стрелок, контроля головной зоны и питания путевых датчиков. При подключении этих устройств необходимо соблюдать возможную равномерность загрузки фаз в системе в зависимости от остальных

нагрузок питающей установки.

Изолирующие трансформаторы ТСЗ, устанавливаемые для обогрева воздухоборников замедлителей, подключают к выводам негарантированного освещения.

Распределительную панель ПР-ЭЦК используют для питания светофоров, лампочек индикации на пультах управления, маршрутных указателей, преобразователей частоты питания рельсовых цепей, ревунов и освещения заградительных колонок.

Две выпрямительно-преобразовательные панели 1ПВП-ЭЦК и ПВП-ЦК устанавливают для питания реле ГАЦ (первая) и соленоидов ЭПК замедлителей (вторая). Эти панели работают в буферном режиме с батареями по 14 аккумуляторов. Они питают цепи контроля перегорания предохранителей, пневматической очистки стрелок и цепей внешних увязок.

Панель стрелочную ПСПН-ЭЦК применяют для безбатарейного питания рабочих цепей стрелочных электроприводов.

Конденсаторную панель ПК1-1 используют для доведения до крайнего положения тех стрелок, перевод которых начался до выключения обоих фидеров питания. Емкость конденсаторов панели ПК1-1 равна 36000 мкФ и рассчитана для довода трех стрелок.

Панель конденсаторов обеспечивает: автоматическое переключение нагрузки с основного на резервный выпрямитель в случае снижения напряжения на основном выпрямителе до (185 ± 5) В и обратное переключение при восстановлении напряжения до 210 В; разряд конденсаторной батареи на резистор сопротивлением 28 Ом до напряжения 5 В за время не более 5 с; оптический контроль включенного и выключенного состояний обоих выпрямителей и конденсаторной батареи соответственно, если напряжение на них более 210 В или менее 190 В [7].

УБП необходимо для запитки распределительных панелей, которые в свою очередь питают маршрутные указатели, горочные светофоры, АРМ ДСП, ГАЦ МН, ГАЛС Р, УУПТ, КДК СУ ГАЦ.

3 Экономическая часть

3.1 Характеристика технико-эксплуатационных преимуществ проекта

В данном дипломном проекте внедряется комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП).

Горочный комплекс включает в себя:

- микропроцессорную ГАЦ, с ведением накопления вагонов в сортировочном парке (ГАЦ МН);
- систему горочной автоматической локомотивной сигнализации ГАЛС Р;
- подсистему автоматизированного управления скоростями скатывания отцепов (АРС-УУПТ), с функциями контроля и диагностики процесса торможения (СКДТ);
- контрольно-диагностический комплекс станционных устройств горочной зоны (КДК СУ ГАЦ);
- контроллер вершины горки КВГ;
- контроллер КЗП;
- систему автоматизированного управления компрессорной станцией КСАУКС.

Каждая подсистема состоит из оборудования, которое расположено на посту, а также оборудование, которое располагается в поле. Внедрение нового оборудования не требует строительства дополнительных помещений.

Таблица 3.1 – Исходные данные сортировочной горки

Показатели	Количество
Количество пучков	4
Количество путей	32
Вагон с переработкой	3300 ваг.в сутки
Показатели	Количество
Средняя длина поезда	55 вагонов
Количество перерабатываемых поездов в сутки	77

Количество чужаков в сутки	3
Среднее время на перестановку одного чужака	20 мин
Затраты на ремонт вагонов в год	69 838,68р.
Стоимость 1 ваг./ч	19,34р.
Стоимость 1 л топлива	38,25р.

Суточная перерабатывающая способность горки, ваг/сут, определяется по формуле [34]:

$$n_c = (24 - T_{\text{техн}}) n, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{техн}}$ – время технологических перерывов в работе горки, ч ($T_{\text{техн}} = 3\text{ч}$);
 n – часовая перерабатывающая способность горки.

Часовая перерабатывающая способность горки, ваг/ч, определяется по формуле

$$n = \frac{60 \cdot T_{\text{ср}} \cdot \alpha_z (1 - P_{\text{доп}})}{t_{\text{гу}}}, \quad (3.2)$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее число вагонов в расформировываемом составе;
 α_z – коэффициент, учитывающий перерывы в использовании горки из-за враждебных передвижений, $\alpha_z = 0,97$;
 $P_{\text{доп}}$ – загрузка горки дополнительной переработкой вагонов из-за недостаточной длины и количества сортировочных путей $P_{\text{доп}} = 0$;
 $t_{\text{гу}}$ – горочный технологический интервал при КСАУ СП, мин.

$$n = \frac{60 \cdot 55 \cdot 0,97 (1 - 0)}{10,09} = 317 \text{ ваг/ч.}$$

$$n_c = (24 - 3) \cdot 317 = 6657 \text{ ваг/сут.}$$

Высвобождение рабочего парка вагонов рассчитывается по формуле

$$\Delta n_{\text{раб}} = \frac{n_c (t'_{zu} - t_{zu})}{24 \cdot 60}, \quad (3.3)$$

где t'_{zu} – горочный технологический интервал при ГАЦ.

$$\Delta n_{\text{раб}} = \frac{6657 (14,14 - 10,09)}{24 \cdot 60} = 19.$$

Высвобождение инвентарного парка вагонов:

$$\Delta n_{\text{инф}} = K_p^6 \cdot \Delta n_{\text{раб}}, \quad (3.4)$$

где K_p^6 – коэффициент, учитывающий нахождение вагонов в ремонте и резерве, $K_p^6 = 1,23$.

$$\Delta n_{\text{инф}} = 1,23 \cdot 19 = 23,37.$$

3.2 Определение капитальных вложений на внедрение системы КСАУ СП

Экономия капитальных вложений, млн. руб., за счет высвобождения парка вагонов

$$\Delta K_в = \Delta n_{\text{инф}} \cdot Ц_в, \quad (3.5)$$

где $C_{\text{в}} = 1,88$ млн.руб.– средневзвешенная цена вагона [36].

$$\Delta K_{\text{в}} = 23,37 \cdot 1,88 = 43,94 \text{ млн. руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения в КСАУ СП по сравнению с ГАЦ с учетом экономии капитальных вложений в вагонный парк составляют

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{КСАУ СП}} - \Delta K_{\text{в}}, \quad (3.6)$$

где $K_{\text{КСАУ СП}}$ – капитальные затраты на внедрение КСАУ СП.

$$K_{\text{КСАУ СП}} = 71 \text{ млн.руб. (цена за 2011 год)[37].}$$

Капитальные затраты с учетом инфляции на 2016 год составит

$$P_{16} = P_{11} \cdot (1 + a_{12}) \cdot (1 + a_{13}) \cdot (1 + a_{14}) \cdot (1 + a_{15}) \cdot (1 + a_{16}), \quad (3.7)$$

где P_{11} – цена на 2011 год;

a - индекс инфляции.

$$P_{16} = 71 \cdot (1 + 0,067) \cdot (1 + 0,0645) \cdot (1 + 0,1136) \cdot (1 + 0,1291) \cdot (1 + 0,0251) = 104 \text{ млн. руб}$$

$$K_{\text{доп}} = 104 - 43,94 = 60,06 \text{ млн. руб.}$$

Таким образом, для внедрения системы КСАУ СП нам потребуется 60,06 млн. руб.

3.3 Расчет экономии эксплуатационных расходов

3.3.1 Алгоритм расчета общей экономии эксплуатационных расходов

Общая экономия эксплуатационных расходов составит

$$\Delta C = \Delta \mathcal{E}_{\text{ВЧ}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{ФОТ}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{ТОПЛ}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{ПОВР}} - \Delta \mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН}}, \quad (3.8)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{\text{ВЧ}}$ – экономия эксплуатационных расходов, связанная с сокращением вагоночасов, тыс. руб.;

$\Delta \mathcal{E}_{\text{ФОТ}}$ – экономия расходов, связанных с оплатой труда эксплуатационного персонала, тыс. руб.;

$\Delta \mathcal{E}_{\text{ТОПЛ}}$ – экономия расхода топлива на выполнение маневровой работы, тыс. руб.;

$\Delta \mathcal{E}_{\text{ПОВР}}$ – экономия расходов, связанных с повреждением вагонов и грузов при соударениях, тыс. руб.;

$\Delta \mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН}}$ – дополнительные затраты на электроснабжение устройств автоматики, тыс. руб.

3.3.2 Экономия эксплуатационных расходов, связанная с сокращением вагоночасов

Экономия эксплуатационных расходов, связанная с сокращением вагоночасов определяется по формуле

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ВЧ}} = \Delta n_{\text{раб}} \cdot 24 \cdot e_{\text{ВЧ}} \cdot 365, \quad (3.9)$$

где $\Delta n_{\text{раб}}$ – высвобождение рабочего парка вагонов = 19 (смотри формула 3.3)

$e_{\text{ВЧ}}$ – расходная ставка на один вагончас, $e_{\text{ВЧ}} = 19,34$ руб. ,

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ВЧ}} = 19 \cdot 24 \cdot 19,34 \cdot 365 = 3218950 \text{ руб.}$$

Экономия эксплуатационных расходов, связанная с сокращением вагоночасов составит 3218950 рублей.

3.3.3 Экономия расходов, связанных с оплатой труда эксплуатационного персонала

В результате автоматизации сортировочной горки планируется изменение количества следующих категорий эксплуатационного персонала сортировочной станции

Таблица 3.2– Данные для расчета расходов на оплату труда

Профессии и должности	Количество работников	
	до	после
Дежурный по горке	5	5
Оператор сортировочного парка	15	5
Машинист локомотива	25	20
Составитель	25	20
Старший электромеханик комплекса	-	1

Электромеханик по обслуживанию устройств автоматики	-	5
ИТОГО	70	56

Годовая экономия на оплату труда обслуживающего персонала с учетом обязательных отчислений составит

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ФОТ}} = \sum (\Delta N_{\text{ПЕРС}} \times e_{\text{ЗП}}) \times k_{\text{ЕСН}} \times 12, \quad (3.10)$$

где $\Delta N_{\text{ПЕРС}}$ – изменение количества персонала;

$e_{\text{ЗП}} = 55\,000$ руб. – среднемесячная зарплата на 2016 год;

$k_{\text{ЕСН}} = 0,3$ – коэффициент обязательных отчислений на ФОТ;

12 – количество месяцев в году.

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ФОТ}} = (70 - 56) \times 55\,000 \times 0,3 \times 12 = 2\,772\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, годовая экономия на оплату труда обслуживающего персонала с учетом обязательных отчислений составит 2 772 000 рублей.

3.3.4 Экономия расхода топлива на выполнение маневровой работы

При номинальной нагрузке и средней скорости маневровой работы 15 км/ч расход топлива на 1 км или 1000 т км брутто составляет 6,5 кг или 38,2 кг в час. В режиме холостого хода расход топлива составляет 9 л в час.

Стоимость сэкономленного за год топлива определяется по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ТОПЛ}} = (r_H - r_{\text{ХХ}}) \times \Delta t_{\text{ПМ}} \times e_T \times 365, \quad (3.11)$$

где $r_H = 38,2$ л/ч – расход условного топлива при номинальной нагрузке и средней скорости маневровой работы 15 км/ч;

$r_{\text{ХХ}} = 9$ л/ч – расход условного топлива в режиме холостого хода;

$e_T = 38,25$ р. – стоимость 1 л топлива;

$\Delta t_{\text{ПМ}}$ – суммарное время сокращения локомотиво-часов маневровой работы в сутки.

$$\Delta t_{\text{ПМ}} = t_{\text{РОСП}} + t_{\text{ОС}} + t_{\text{Ч}}, \quad (3.12)$$

где $t_{\text{РОСП}}$ – снижение потерь времени на роспуск составов в сутки, лок.-ч;

$t_{\text{ОС}}$ – снижение потерь времени на осаживание в сутки, лок.-ч;

$t_{\text{Ч}}$ – снижение потерь времени на перестановку чужаков, лок.-ч.

Внедрение системы автоматизации позволит сократить время роспуска составов с 20 до 10 минут. Следовательно, время на роспуск состава в сутки будет равно:

$$t_{\text{РОСП}} = 55 \times \frac{(20 - 10)}{60} = 9,16 \quad \text{лок.-ч/сутки};$$

$$t_{\text{ОС}} = 55 \times \left(1 - \frac{1}{3}\right) \times \frac{15}{60} = 9,62 \quad \text{лок.-ч/сутки};$$

$$t_{\text{Ч}} = 3 \times \frac{20}{60} \times (1 - 0,3) = 0,7 \quad \text{лок.-ч/сутки};$$

$$\Delta t_{\text{ПМ}} = 9,16 + 9,62 + 0,7 = 19,47 \text{ лок.ч/сутки};$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ТОПЛ}} = (38,2 - 9) \times 19,47 \times 38,25 \times 365 = 7937305,7 \text{ руб.}$$

3.3.5 Определение годовой экономии за счет сокращения количества повреждённых вагонов и порчи груза при внедрении горочного комплекса

При внедрении системы автоматизации случаи повреждения предусмотрены в размере 25% от базового варианта из-за отказов устройств автоматики и ошибок при ручном управлении маршрутами скатывания отцепов[37]. Таким образом, в год экономия ваг./ч за счет сокращения времени на ремонт вагонов составит:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ПОВР}} = 69\,838,68 \times (1 - 0,25) = 52379,01 \text{ руб.}$$

3.3.6 Дополнительные затраты на электроснабжение устройств автоматики в год

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН.}} = 365 \times 24 \times e_{\mathcal{E}} \times M_{\mathcal{E}}, \quad (3.13)$$

где $e_{\mathcal{E}} = 2,64 \text{ р.}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии,

$M_{\mathcal{E}} = 6 \text{ кВт}$ – общее энергопотребление устройств автоматики.

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ЭЛ.ЭН.}} = 365 \times 24 \times 2,64 \times 6 = 1\,38758,4 \text{ руб.}$$

Общая экономия эксплуатационных расходов в год составит

$$\Delta C = 3\,218\,950 + 2\,722\,000 + 7\,937\,305,7 + 523\,791,01 - 138\,758,4 = 13\,791 \text{ млн. руб.}$$

Таким образом общая экономия эксплуатационных расходов в год составит 13,791 млн. рублей.

3.4 Расчет срока окупаемости капитальных вложений

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений рассчитывается по следующей формуле

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta C}, \quad (3.14)$$

где ΔC – общая экономия эксплуатационных годовых расходов, тыс. руб.;

ΔK – дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в устройства автоматизации

$$T_{\text{ок}} = \frac{\Delta K}{\Delta C} = \frac{60,06 \text{ млн. руб.}}{13,791 \text{ млн. руб.}} = 4,5 \text{ год.}$$

В условиях инфляции при длительном сроке окупаемости целесообразно дисконтировать денежные потоки. Но так как Правительство РФ планирует получить годовой уровень инфляции до 4%, то при сроке окупаемости равном 4,5 года можно не учитывать ставку дисконтирования. Срок окупаемости тогда получается немногим больше 5 лет. Это меньше срока эксплуатации. Проект с экономической точки зрения эффективен.

4 Искусственное освещение рабочего места ДСПГ

4.1 Искусственное освещение

Освещение рабочего места – важный фактор создания нормальных условий труда. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Таким образом, производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. С физиологической точки зрения свет является возбудителем органа зрения человека (зрительного анализатора). Около 90% информации, которую человек получает от внешнего мира, поступает через зрительный канал. Поэтому качество информации, получаемой посредством зрения, во многом зависит от освещения[39].

Рациональная организация освещения производственных помещений и рабочих мест является одним из основных вопросов безопасности труда и позволяет обеспечить:

- благоприятное психофизиологическое воздействие на работающих и улучшение протекания основных технологических процессов;

- улучшение условий зрительной работы и соответственно снижение утомляемости, повышение производительности труда и качества продукции;

- снижение травматизма.

Применяют следующие виды освещения:

- естественное, создаваемое прямым и отраженным солнечным светом;

- искусственное, осуществляемое электрическими лампами;

- совмещенное, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

Искусственное освещение может быть общим (все производственные участки освещаются однотипными светильниками, равномерно расположенными над освещаемой поверхностью и снабженными лампами одинаковой мощности) и комбинированным (к общему освещению добавляется местное освещение рабочих мест светильниками, находящимися у станка, агрегата, приборов и т. д.). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенным и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, дежурное, аварийное.

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта. Дежурное освещение включается во вне рабочее время.

Аварийное освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения.

4.2 Методика расчета искусственного освещения. Характеристика ламп накаливания

При проектировании систем искусственного освещения рабочего помещения применяют различные методы расчета. Основной метод – расчет светового потока по коэффициенту использования светового потока. Согласно этому коэффициенту определяется поток, необходимый для создания освещенности горизонтальной поверхности с учетом равномерной освещенности отраженным от потолка и пола светом.

Расчет выполняют по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H K_3 SZ}{Nn \nu \eta_u} , \quad (4.1)$$

где Φ - световой поток лампы, лм;

E_H - минимальная нормируемая освещенность, лк;

K_3 - коэффициент запаса. Учитывает запыление светильников и износ ламп с течением времени;

S - площадь рабочего помещения, M^2 ;

Z - поправочный коэффициент. Учитывает неравномерность освещения;

N - количество светильников;

n - количество ламп в светильнике;

ν - коэффициент затенения работающим рабочему месту;

η_u - коэффициент использования светового потока.

Так как в данном дипломном проектировании необходимо рассчитать количество светильников, то формула примет вид:

$$N = \frac{E_H K_3 SZ}{\Phi n \nu \eta_u} . \quad (4.2)$$

Для дежурного по горке, приблизительный размер рабочего помещения которого составляет 6х12 м, выбираем соответствующий тип ламп.

В производственных помещениях чаще всего применяются в качестве источников света лампы накаливания, галогенные, газоразрядные и светодиодные лампы.

Лампы накаливания представляют собой электрический источник света, излучающий световой поток в результате накала до высокой температуры проводника из металла вольфрама.

Достоинства данного типа ламп:

- низкая стоимость;
- мгновенное зажигание при включении;
- небольшие габаритные размеры;
- широкий диапазон мощностей.

К недостаткам можно отнести:

- высокая яркость, негативно влияющая на зрение;
- малая световая отдача;
- низкий КПД при высокой яркости нити накала, большая часть энергии преобразуется в тепловую;
- непродолжительный срок службы-до 1000 часов;
- дают непрерывный спектр, отличающийся от спектра

дневного света преобладанием желтых и красных лучей, что в какой-то степени искажает восприятие человеком цветов окружающих предметов.

Различают несколько основных типов ламп накаливания:

- вакуумные (В);
- газонаполненные (Г);
- с криптоновым наполнителем (К);
- биспиральные (Б);
- биспиральные с криптоновым наполнителем (БК).

Галогенные лампы – лампы в колбу которой закачан буферный газ: пары галогенов (брома или йода). Эта особенность повышает срок службы лампы до 2000 – 4000 часов и увеличивается световая отдача, по сравнению с лампами накаливания.

Газоразрядные лампы излучают свет в результате электрических разрядов в парах газа. Колба внутри покрыта слоем люминофора - светящегося вещества. Различают лампы низкого и высокого давления.

К газоразрядным лампам низкого давления относятся люминесцентные лампы. Люминесцентные лампы создают в помещении свет, схожий с естественным светом, обладают более длительным сроком службы, по сравнению с другими типами ламп, более экономичны, обладают высокой световой отдачей и оказывают щадящее воздействие на зрение. Яркость и слепящее воздействие значительно ниже по сравнению с лампами накаливания.

Так же люминесцентные лампы обладают рядом недостатков. К ним относятся:

- сложная и дорогостоящая схема включения;
- пульсация светового потока, который вызывает стробоскопический эффект;
- уменьшение светового потока, вызываемое повышением и

понижением температуры;

- чувствительность лампы к колебаниям температуры окружающей среды.

Различают несколько типов люминесцентных ламп:

- лампы белого света (ЛБ);
- лампы дневного света (ЛД);
- лампы тепло-белого света (ЛТБ);
- лампы дневного цвета правильной цветопередачи (ЛДЦ);
- лампы холодного света (ЛХБ).

Дуговые люминесцентные ртутные лампы высокого давления (ДРЛ) используются для освещения открытых пространств и производственных помещений с высотой более 6 м. Эти лампы в небольшом объеме содержат высокую электрическую и световую мощность, но обладают длительным разгоранием при включении (5-7 мин).

В светодиодных лампах или светильниках в качестве источника света используются светодиоды, данный вид светильников применяются для промышленного, бытового и уличного освещения. Светодиодные лампы не содержат ртутьсодержащих веществ, поэтому являются одним из самых экологически чистых источников света.

Достоинства светодиодных ламп:

- низкое электропотребление;
- большой срок службы (от 10 000 до 100 000 часов);
- устойчивость к вибрациям и механическим ударам;
- обладает «чистым цветом»;
- широкий рабочий диапазон температур от -60 до +60

градусов С.

Недостатки:

- высокая цена;

- ограничение в сфере применения, не всегда лампы накаливания можно заменить светодиодными.

4.3 Расчет искусственного освещения рабочего места дежурного по горке

В данном дипломном проектировании для выбранного типа помещения наиболее подходящей является лампа дневного света правильной цветопередачи (ЛДЦ), так как этот тип ламп обеспечивает цветоразличие, необходимое для выполнения работ.

Тип выбранного светильника - УВЛН.

Разряд зрительных работ - IV.

Подразряд зрительных работ - б.

Длина помещения А равна 12 м.

Ширина помещения В равна 6 м.

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью h_0 равна 2,8 м.

Минимальная нормативная освещенность на рабочих поверхностях E_n равна 300 лк.

Коэффициент запаса K_z выбираем равным 1,4.

Площадь помещения S равна $6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$.

Значение поправочного коэффициента для люминесцентных ламп Z равен 1,1.

Количество ламп в светильнике n выбираем равным 2.

Мощность ламп P равно 40 Вт.

В зависимости от выбранной мощности и типа ламп выбираем значение светового потока Ф равным 2100 лм.

Значение коэффициента затенения рабочего места выбираем равным 0,8.

η_u

Значение коэффициента использования светового потока выбирается в зависимости от индекса помещения i , коэффициентов отражения стен и потолка и от типа выбранного светильника. Индекс помещения рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{AB}{h_0(A+B)} \quad (4.3)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

h_0 – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Подставив в формулу (4.3) данные, получим:

$$i = \frac{12 \times 6}{2,8 \times (12 + 6)} = 1,43$$

Значение коэффициента отражения стен и потолка равно 0,7;0,5.

Значение коэффициента использования светового потока η_u выбирается равным 0,38.

Выбрав все необходимые данные и подставив их в формулу(4.2), получим:

$$N = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 72 \cdot 1,1}{2100 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 0,38} = \frac{33264}{1276,8} = 26,1 \approx 27 \text{ светильников.}$$

Таким образом, для обеспечения благоприятной среды для работы дежурного по горке необходимо установить в помещении 27 светильников.

Заключение

В дипломном проекте рассмотрен вопрос оборудования сортировочной горки устройствами микропроцессорной КСАУ СП. В процессе проектирования было рассмотрено следующее: характеристика системы; структурная схема системы; подсистемы входящие в КСАУ СП, их работа и предназначение; напольные устройства; схемы размещения и установки напольных датчиков; схема комплексной защиты стрелок от перевода под составом; электропитание и защита устройств от перенапряжения. Сделан подробный анализ работы индуктивно-проводного датчика. Произведен расчет экономической эффективности и рассмотрены вопросы искусственного освещения рабочего места дежурного по горке.

Исходя из выше перечисленного, можно сделать вывод, что система КСАУ СП отвечает современным требованиям, предъявляемым к устройствам. Внедрение данной системы позволит повысить пропускную способность станции, значительно увеличить количество перерабатываемых вагонов и скорость формирования готовых составов, безопасность движения, снизить количество отказов в устройствах автоматики и телемеханики и время на их устранение, повысить производительность труда эксплуатационного штата и сокращение эксплуатационных расходов.

Список литературы

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации/утверждены приказом Минтранса России от 21 декабря 2010 г. №286 в редакции Приказов Минтранса России от 04.06.2012 №162, от 13.06.2012 №164, - М.: ИД «Урал Юр Издат». – 2013. – 240с.
2. Горочные исполнительные устройства: Типовые материалы для проектирования 501-01-5.86. Альбом№1: Пояснительная записка. Утверждены и введены в действие с 1.01.87/Разработаны «Гипротрансигналсвязь» - Н.: ЦИТП, 1987 - 64 с.
3. Горочные исполнительные устройства: Типовые материалы для проектирования 501-01-5.86. Альбом №2: Принципиальные схемы. Утверждены и введены в действие с 1.01.87/Разработаны «Гипротрансигналсвязь» - Н.: ЦИТП, 1987 - 126 с.
4. Основные технические указания по обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки механизированных и автоматизированных сортировочных горок/ ОАО «РЖД». Центральная дирекция инфраструктуры – филиал ОАО «РЖД». – 2013.– 44с.
5. Евразия вести [Электронный ресурс]: Развитие сортировочных комплексов – одна из ключевых задач для ОАО «РЖД». – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2013-02a21>.
6. Электротехнический завод «ГЭКСАР» [Электронный ресурс]: Двигатели – ЭМСУ. - Режим доступа: http://geksar.ru/index.php?catid=42:2012-03-02-10-19-31&id=113:2012-03-07-06-22-45&Itemid=57&option=com_content&view=article.

7. Шелухин, В.И. Автоматизация и механизация сортировочных горок [Текст]: Учебник для техникумов и колледжей ж.д. транспорта/ В.И.Шелухин. – М.: Маршрут, 2005. – 240 с.
8. Пельменева, Н.А. Устройства контроля путевых участков на сортировочных горках [Текст]: Методическое пособие/ Н.А.Пельменева.- Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2011. -55 с.: ил.
9. Анализ работы путевых датчиков в составе ГАЦ МН: магистерская диссертационная работа/ Д.О. Волков/. – МД., 2014, - 110 с.
10. Кириленко, А. Г. Изучение принципов работы радиотехнических датчиков контроля свободности стрелочных участков [Текст]: Методическое пособие для выполнения лабораторной работы / А.Г. Кириленко, А. В. Груша.– Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001. - 25 с.
11. Комплексная система автоматизации сортировочных процессов: техническое, технологическое интеллектуальное обеспечение: диссертация/ В.Н.Соколов/. – РД.,2008,-182 с.
12. Одикадзе, В.Р. Средства мониторинга и контроля функционирования автоматизированной сортировочной горки / В.Р. Одикадзе, Д.В. Родинов// Автоматика, связь, информатика. – 2007.–№11.– С.23-26.
13. Шелухин, В.И. Комплексный диагностический контроль горочных устройств / В.И. Шелухин, А.Г. Савицкий/ Автоматика, связь, информатика. – 2003.–№8.– с.2-5.
14. Казиев, Г.Д. Задачи технического перевооружения сортировочных станций/ Г.Д. Казиев, А.Г. Савицкий/ Автоматика, связь, информатика. – 2007.–№4.– с.17-22.
15. Модин, Н. К. Безопасность функционирования горочных устройств/ Н.К.Модин.- М.: Транспорт, 1994. - 173 с.

16. Акинин, М.Ю. Комплексование средств защиты горочных стрелок от несанкционированного перевода [Текст] : дис. ... канд. тех. наук/ М.Ю. Акинин. – М.:2006. – 199 с.
17. Шелухин В.И., Савицкий А.Г., Акинин М.Ю. Дистанционная диагностика как средство повышения безопасности роспуска составов // Безопасность движения поездов: Труды VI Научно-практической конференции. - М.:МИИТ,2005. – с.1-55.
18. Акинин М.Ю. Комплексование как метод повышения достоверности обнаружения транспортных средств // Безопасность движения поездов: Труды V Научно-практической конференции. – М.:МИИТ, 2004. – с. II- 1.
19. Индуктивные датчики в системах железнодорожной автоматики // Автоматика, связь, информатика. – 2007.–№2.– с.13-16.
20. Датчик радиотехнического контроля свободности стрелочных участков РТД-С. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М., 1986, - 28 с.
21. Кобзев, В. А. Внедрение инновационной горочной техники /В.А. Кобзев// Автоматика, связь, информатика. 2013.-N8/ - с.30-31.
22. Ивахненко, Д.Л. Обработка сигналов датчика счета осей для сортировочной горки / Д.Л. Ивахненко, И.И. Бадьян // Автоматика, связь, информатика. – 2006.-№8.- с.35-38.
23. Замедлитель вагонный клещевидный. Руководство по эксплуатации 043.00.00.000 РЭ. / Утверждено ГУП КЗ «Ремпутьмаш»–1999.
24. ОАО «Научно - исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» [Электронный ресурс]: Горочный комплекс в составе КСАУ СП – Режим доступа: http://www1.rfnias.ru/ru/our_work/detail/728.

25. Сагайтис, В.С. Устройства механизированных и автоматизированных сортировочных горок: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.С.Сагайтис, В. Н. Соколов.-Москва:Транспорт, 1988. – 208 с.
26. Грачев Г.Н., Гуменик М.Б. Контроль заполнения путей методом импульсного зондирования. "Автоматика связи и информатика". 2005, №1, с. 8-9
27. Шелухин В.И. Датчики измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта. -М.: Транспорт, 1990. 119с.
28. Типовые проектные решения на проектирование оборудования участка сортировочной горки датчиком ИПД 36961-00-00 ТПР. 2001 -6с.
29. Комплекс горочный микропроцессорный на базе промышленных компьютеров КГМ ПК. Описание блока ГАЦ МП. Описание программ 1103638.00065-01 13 01 ЛУ. / Утверждено ВНИАС МПС России – 2002.
30. Шелухин, В.И. Нормативная длина горочного стрелочного участка и зоны обнаружения / В.И. Шелухин, А.Г. Савицкий, М.Ю. Акинин, И.Н. Перов // Автоматика, связь, информатика. – 2007.–№2.– с.29-32.
31. Сапожников, В.В., Станционные системы автоматики и телемеханики: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Сапожников, Б. Н.Елкин, И. М.Кокурин - Москва: Транспорт, 1997. - 432 с.
32. Воздухосборник с электронной управляющей аппаратурой ВУПЗ-05Э: Руководство по эксплуатации/ Разработаны ЗАО «Трансмаш» - Калуга, 2014 – 47с.
33. Сапожников, В.В. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Сапожников – М.: Маршрут, 2005 - 453 с.

34. Тумали, Л.Е. Оценка экономической эффективности устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: методическое пособие по выполнению экономической части выпускной квалификационной работы специальности 190402.65 / Л.Е. Тумали. - Хабаровск: ДВГУПС, 2013. – 33 с.
35. Гусарова, Е.В. Экономика и управление в ОАО «РЖД»: учебное пособие для вузов ДВГУПС / Е.В. Гусарова, Е.В. Котляров. - Хабаровск: ДВГУПС, 2006. – 53 с.
36. Рынок грузовых вагонов [Электронный ресурс]: Текущая ситуация и прогноз. – Режим доступа: <http://alto-group.ru/otchet/marketing/418-rynok-gruzovyx-vagonov-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2015-2019-gg.html>.
37. Шабельников, А. Н. Совершенствование технологии работы сортировочных станций [Текст] / А.Н. Шабельников // Автоматика Связь Информатика. – 2011. – № 2. – с. 2–4.
38. Малькевич, Н.Д. Определение экономической эффективности устройств автоматики и телемеханики на участковых и сортировочных станциях: Методич. указания / Н.Д. Малькевич. БелИИЖТ. – Гомель, 1990. – 39 с.
39. Измерение освещенности рабочих помещений [Текст]: Метод. указ. по выполнению лаб. работ по дисциплине «Основы радиационной безопасности и промышленной экологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2005 г. – 16 с.
40. Безопасность жизнедеятельности: Сборник лабораторных работ/ под ред. Б.А. Мамота. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 100 с.