

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), РУТ (МИИТ))

Академия/институт/факультет «Институт транспортной техники и систем управления»

Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

– **Антонов А.А.** _____
(ФИО) (подпись)

«____» _____ 2022г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА БАКАЛАВРА

на тему:	Защита от несанкционированного перевода стрелок под вагонами на сортировочных станциях
-----------------	--

Направление подготовки: «Управление в технических системах».

Профиль: «Системы и средства автоматизации технологических процессов»

Обучающийся	(Чжан Ао)
Руководитель бакалаврской работы	(Стряпкин Леонид Игоревич)

Москва 2022 г.

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Институт /факультет ИТТСУ

Кафедра АТС на Ж.Т

Направление подготовки Управление в технических системах

УТВЕРЖДАЮ

Зав. Кафедрой

«_____» _____ 2022г.

Задание

по бакалаврской работе студента

Чжан Ао

1. Тема работы: Защита от несанкционированного перевода стрелок под вагонами на сортировочных станциях

Утверждена приказом по университету от «_____» _____ 20__г.

№ _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы:

3. Исходные данные к работе:

1)Сортировочная станция примерная

2)Электроснабжение аппаратуры 230в50гц

3)Производительность сортировочной станции средняя по сети дорог

4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1)Аналитический обзор систем автоматизации сортировочных станций

2)Датчики свистемах горочной автоматической централизации

3)Моделирование работы устройств обнаружения подвижного состава

4)Комплексирование технических средств контроля на сортировочных станциях

5. Перечень иллюстративного материала:

1)Системы автоматаки и телемеханики на сортировочных станциях

2)Датчики систем ГАЦ

3)Горочная автоматическая централизация(ГАЦ)

4)Принципиальные схемы

5)Моделирование Консультации (по решению выпускающей кафедры)

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял

6. Дата выдачи задания:

Руководитель бакалаврской работы _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта	Срок выполнен ия этапов проекта	Примечание
	Введение	29.12.21	
1	Аналитический обзор систем горочной автоматической централизации ГАЦ	05.01.22	
2	Обзор и анализ устройств защиты стрелок от перевода	05.01.22	
2.1	Горочная нормально разомкнутая РЦ 25 Гц	05.01.22	
2.2	Датчики индуктивного типа	05.01.22	
2.3	Фотоэлектрические датчики	09.01.22	
2.4	Индуктивно-проводной датчик (ИПД)	09.01.22	
2.5	Радиотехнические датчики (РТД)	09.01.22	
2.5. 1	Общие сведения	27.01.22	
2.5. 2	Структурная и функциональная схемы РТД-С	09.02.22	
3	ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	09.02.22	
3.1	Обеспечение требуемой достоверности обнаружения РТД-С	09.02.22	
3.2	Алгоритм расчета характеристик достоверности обнаружения с помощью ЭВМ	09.02.22	
3.3	Оценка достоверности обнаружения с использованием имитационного моделирования (программный пакетРТД-С)	09.02.22	
3.3. 1	Использование РТД-С для контроля через один путь	09.02.22	
3.3. 1.1	Размещение крепежных стоек РТД- С в плане	23.02.22	
3.3. 1.2	Размещение модулей в вертикальной плоскости	23.02.22	
3.4	Использование РТД-С для контроля через два пути	23.02.22	
3.4. 1	Размещение крепежных стоек РТД- С в плане	23.02.22	
3.4. 2	Размещение модулей в вертикальной плоскости	02.03.22	
3.5	Рекомендации по установке и юстировке РТД-С	02.03.22	

4.1	Технические требования к системе КЗС	02.03.22	
4.2	Принцип действия системы КЗС	24.03.22	
4.3	Алгоритмы комплексирования	24.03.22	
4.4	Схема комплексированной защиты КЗС	24.03.22	
4.5	Блок комплексирования БКЗС	24.03.22	

Студент: Чжан Ао

Руководитель бакалаврской работы: Стряпкин Леонид Игоревич

**ТЕМА: Защита от несанкционированного перевода стрелок под вагонами на
сортировочных станциях**

АННОТАЦИЯ

выпускной квалификационной работы Чжан Ао

На тему:

**«Защита от несанкционированного перевода стрелок под вагонами на
сортировочных станциях».**

Актуальность данной дипломной работы заключается в анализе системы центрирования горба. Его роль заключается в управлении приближением вагонов и скоростью заноса на горбатом маневровом дворе, для достижения автоматической классификации и расформирования состава и автоматического управления системой группировки. Он включает в себя, в основном, две части: управление маневровым подъездом к головной части маневого двора и управление маневровым подъездом к пиковому концу. Управление маневровой работой при проскальзывании головы также делится на систему управления горбом (сигнал горба и другое оборудование блокировки маневровых сигналов), управление пиковой скоростью толкания локомотива, управление подачей и скоростью проскальзывания грузовика.

Основные части работы включают

- 1) Аналитический обзор систем автоматизации сортировочных станций
- 2) Датчики свиеаемах горочной автоматической централизации
- 3) Моделирование работы устройств обнаружения подвижного состава
- 4) Комплексирование технических средств контроля на сортировочных станциях

Содержание

Введение	8
1. Аналитический обзор систем горочной автоматической централизации ГАЦ	9
2. Обзор и анализ устройств защиты стрелок от перевода	11
2.1. Горочная нормально разомкнутая РЦ 25 Гц	11
2.2. Датчики индуктивного типа	15
2.3. Фотоэлектрические датчики	17
2.4. Индуктивно-проводной датчик (ИПД)	19
2.5. Радиотехнические датчики (РТД)	24
2.5.1. Общие сведения	24
2.5.2. Структурная и функциональная схемы РТД-С	29
2.5.3. Геометрия формирования зоны действия диаграмм антенн РТД-С	33
3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	36
3.1. Обеспечение требуемой достоверности обнаружения РТД-С	36
3.2. Алгоритм расчета характеристик достоверности обнаружения с помощью ЭВМ	43
3.3. Оценка достоверности обнаружения с использованием имитационного моделирования (программный пакет РТД-С)	45
3.3.1. Использование РТД-С для контроля через один путь	45
3.4. Использование РТД-С для контроля через два пути	61
3.4.1. Размещение крепежных стоек РТД-С в плане	61
3.4.2. Размещение модулей в вертикальной плоскости	65
3.5. Рекомендации по установке и юстировке РТД-С	72
4. Разработка комплексированной защиты стрелок	76
4.1. Технические требования к системе КЗС	76
4.2. Принцип действия системы КЗС	78
4.3. Алгоритмы комплексирования	78
4.4. Схема комплексированной защиты КЗС	81
4.5. Блок комплексирования БКЗС	84
Заключение	86
Список литературы	87

Введение

В данной Бакалавр проанализированы и представлены преимущества и недостатки различных датчиков, используемых в поездах, и проведен научный анализ компромиссов. Наконец, выбран датчик радиационной технологии (RTD) и его надежность проверена с помощью оценки имитационной модели. Также даны рекомендации по установке и калибровке.

Структура данной дипломной работы будет определена в соответствии с целями и задачами дипломной работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии.

1. Аналитический обзор систем горочной автоматической централизации ГАЦ

В горочной автоматике широко применяется система автоматического управления горками (ГАЦ), она включает в себя переключатель зоны переключения горки, автоматически управляет переключением при разгрузке поезда. Система ГАЦ используется с 1948 года. Первые системы основывались на ретрансляционном оборудовании, смонтированном на отдельно стоящих установках. С 1960 года. Для релейного блока типа РСН используется система ГАЦ - она называется БГАЦ-ЦНИИ. Дальнейшим развитием системы БГАЦ является система ГАЦ-КР с контролем растворения, разработанная УО ВНИИЖТ и ГТСС.

Все точки оснащены пневматическими воздуходувками и электроприводами с электрообогревом. В районе раздачи с сосредоточенными пунктами пути оборудованы петлями пути «точка-точка», каждая средней длиной 12,5 метров. С Гусеничная цепь (РЦ) образует зону слежения за прицепами на второстепенных путях и оснащена системой, которая передает этим прицепам инструкции по маршруту.

Управление стрелками, светофорами и горочными спусками осуществляется горочной станцией, на которой размещены аппаратура управления и электроснабжение, также установлен горочный щит управления, переключатель переключения режима БГАЦ и распределительный щит питания переключения точек индивидуально все здесь. Помимо индивидуального управления, существуют режимы маршрутного, программного и автоматического управления. В маршрутном режиме нажатием кнопки номера маршрута происходит автоматическое переключение стрелок, входящих в маршрут, в программном и автоматическом режиме работает система БГАЦ.

Увеличение интенсивности горочной отправки, новые конструкции вагонов, увеличение скорости разгрузки, а также потребность в улучшенных технологиях и полном контроле процесса отправки привели к дальнейшему

развитию системы. Разработана система ГАЦ с контролем выбросов(ГАЦ-КР)

Система ГАЦ-КР предназначена для автоматического выполнения выгрузки поездов с горки, а также надежного контроля ее выполнения и выдачи результатов контроля оператору. Основное отличие системы(ГАЦ-КР)в том, что данная система обеспечивает.

1. Полный контроль над зоной разворота, включая контроль

Контроль зазора в стандартизированных зонах и проезд длиннобазных фургонов.

2. Следите за возникновением перебега и отрыва.

3. Занести в ЗУ информацию о номере прицепа, фактическом количестве вагонов в прицепе и заданном маршруте.

4. Отобразить всю информацию на распечатке и вывести ее на панель управления

Щиты управления и электромеханические щиты управления.

В связи с широким применением микропроцессорной техники управления и необходимостью решения сложных задач автоматизации на сборочных производствах появился новый класс горочных блокировок. Основной задачей любой известной системы горочной блокировки является поддержание заданного маршрута поезда на спуске с маневровой горки за счет управления стрелками маршрута поезда. Современная задача управления технологическими процессами на диспетчерских станциях позволяет осуществлять не только непосредственное управление транспортными объектами, но и непрерывный мониторинг транспортных средств, т. е. отслеживание и регистрацию их местонахождения в режиме реального времени. Следовательно, задача системы ГАЦ дополнительно усложняется добавлением функциональных требований для автоматической генерации транспортных маршрутов. Это включает в себя корректировку схемы планирования по результатам эшелонирования, формирование информации о транспортных средствах и информации о нарушителях, фактически накопленной на путях маневровых станций. Кроме того, необходим обмен информацией на системном уровне с соответствующими системами

управления и информационного планирования. Все вышеперечисленные ситуации требуют широкого использования вычислительных методов, что делает неудобность и низкую надежность использования релейных схем нецелесообразным для многих логических задач. Использование микропроцессорной технологии повышает безопасность, требует меньше места, потребляет меньше электроэнергии, снижает затраты на строительство и монтаж, а также снижает эксплуатационные расходы. Помимо сокращения количества релейных элементов, микропроцессорные системы могут легко выполнять такие функции, как запись и документирование технических процессов и действий оператора во времени. Еще одним преимуществом микропроцессорной системы является то, что она может отслеживать все отказы оборудования, определять их статус и отображать эту информацию на пульте управления электрика. При построении полной системы автоматизации склада микропроцессорная централизованная транспортная система имеет очевидные преимущества, позволяя относительно легко подключать ключевые источники информации к наземной информации.

2. Обзор и анализ устройств защиты стрелок от перевода

2.1. Горочная нормально разомкнутая РЦ 25 Гц

По принципу действия рельсовые цепи (РЦ) как путевые датчики

разделяют на:

нормально разомкнутые;

нормально замкнутые.

Последние РЦ, Использование путевых систем является распространенным применением в системах управления безопасностью поездов, где отслеживается функция всех компонентов, включая нити пути.

Нормально разомкнутые РЦ, При этом наличие элементов и рельсов не контролируется и установлено их применение на кузовах маневровых автомобилей.

В системе ГАЦ основными путевыми датчиками являются РЦ, которые выполняют определенные функции.

относительно небольшая длина.

Есть раздел pre-point (для стрелочных РЦ).

Повышение шунтирующей чувствительности и реактивности.

Стабильность при низком сопротивлении нагрузки.

Длина РЦ определяет время интервала расцепления качения, чем оно короче, тем выше скорость расцепления. В общем случае длина стрелочной горочной РЦ l_{rc} составляется из отрезков:

от изолирующих стыков до начала острьяков (предстрелочный участок l_{ny});

от начала острьяков до изолирующих стыков перед крестовиной стрелки $l_{ок}$ (см. рис. 2.1).

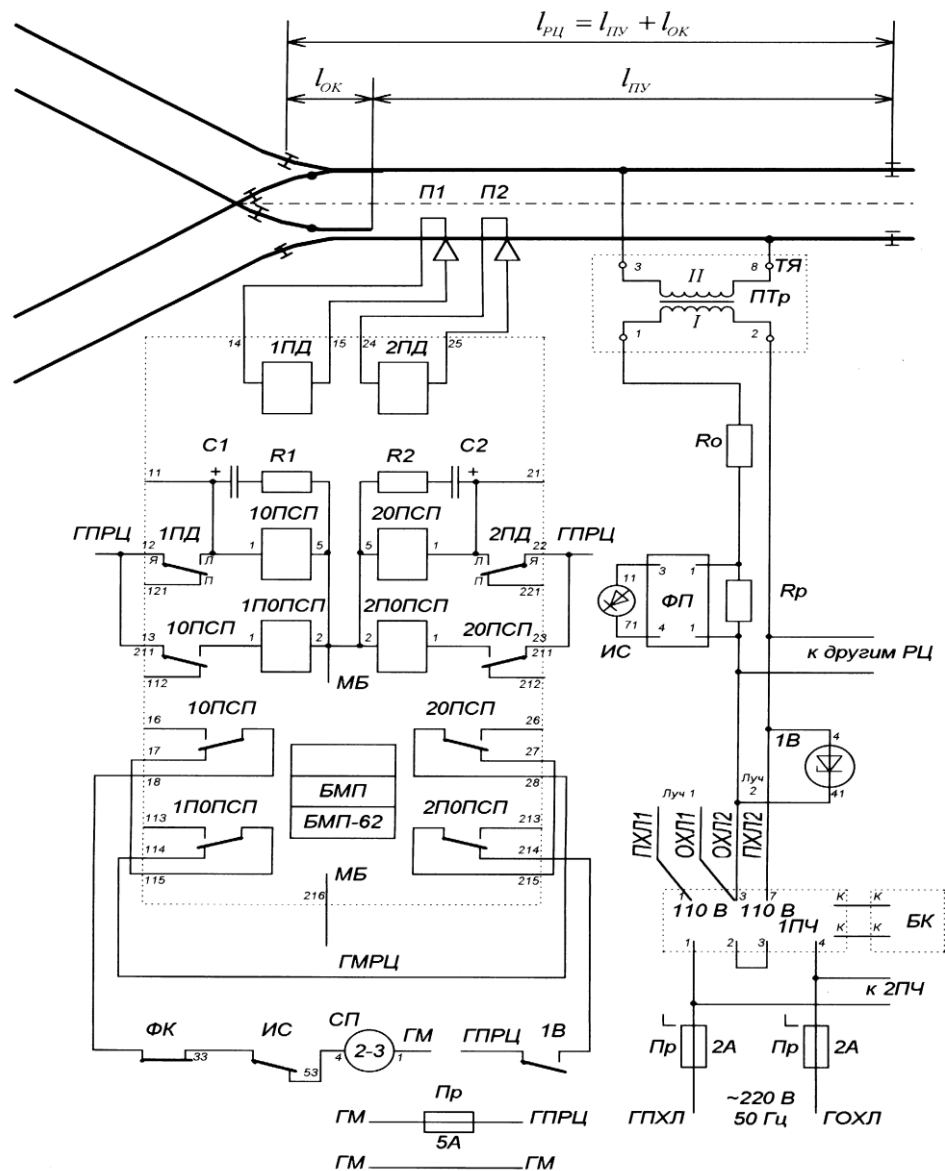


Рис. 2.1 Горочная нормально разомкнутая рельсовая цепь 25 Гц

Если начало переноса совпадает с моментом въезда транспортного средства в точку, необходимо предусмотреть участок предварительного переноса, чтобы обеспечить полное смещение точки до того, как транспортное средство войдет в ее спицы на данную РЦ.

Длина этого участка зависит от:

скорости движения отцепа $V_{\text{в}}$;

времени перевода стрелки $t_{\text{нс}}$;

времени реакции путевого реле $t_{\text{зам}}$ на наложение шунта:

$$l_{\text{пу}} = V_{\text{в}} (t_{\text{нс}} + t_{\text{зам}}).$$

На рис. 2.1 изображена схема нормально разомкнутой РЦ переменного тока частотой 25 Гц с реле типа ИМВШ-110 (ИРВ-110). Это базовый тип РЦ, применяемый для всех видов буксировки на новых механизированных и автоматизированных горках и реконструкциях последних.

Магнитные педали установлены в секции стрелки. Одна педаль Р1 находится на расстоянии 4 м от спицы стрелки, а другая педаль Р1 находится на расстоянии 5,5 м и сворачивается в последний раз, когда второй автомобиль первой оси въезжает в ворота. Если управление потеряно, вращающаяся дверь не переключится, поскольку она прижата к направляющим рамы соответствующей рамой.

Место педали П2 выбрано из того расчета, что если одновременно с проходом вагона над педалью уже начался перевод стрелки, то он закончится до прихода первой оси тележки отцепа к остряку.

РЦ имеет:

ИС - путевое реле типа ИМВШ-110 или ИРВ-110;

СП - обратный повторитель путевого реле, находящийся под током при свободном состоянии РЦ;

ПТр - путевой трансформатор типа ПТМ-А или ПТМ;

ФП - фильтр путевой типа ФП-25;

R_0 - резистор ограничивающий типа ПЭ-25 номиналом 360 Ом;

R_p - резистор регулировочный того же типа номиналом 180 Ом;

1ПЧ - преобразователь типа АСШ-2-110;

Пр - предохранитель 2 А;

Пр-5А - предохранитель 5 А (один на горку);

П1 и П2 - магнитные педали типа ПБМ-56;

БМП - блок медленнодействующих повторителей типа БМП-62.

В блоке БМП находятся:

1ПД, 2ПД - pedalные реле типа РП7;

10ПСП, 20ПСП - повторители pedalных реле типа РКН;

1ПОПСП, 2ПОПСП - повторители pedalных реле типа КДР6-М;

С1, С2 - конденсаторы типа КЭП-2, 400 мкФ, 30 В;

R_1, R_2 - резисторы типа ПЭ-25, 50 Ом.

При отсутствии РЦ вторичная обмотка ПТр нагружается балластным резистором (не менее 3 Ом). Цепь питания не вырабатывает ток, достаточный для работы реле шины ИС, и при шунтировании пути (стандартный шунт - 0,5 Ом) ток вторичной цепи увеличивается, вызывая увеличение тока первичной цепи и срабатывание реле пути ИС. Когда вторичное соединение шунта контура и обмотки ПТр низкое, сопротивление K_0 ограничивает протекание тока.

РЦ питается напряжением 110 В при частоте 25 Гц от преобразователя частоты ПЧ.

Реле ИС Трек имеет только один контактный тройник для включения ретранслятора трека реле СП, И у него достаточно контактных групп. Контакты фотоуправляемого реле СП включены в силовую цепь. В

рассматриваемом РЦ при наибольшем напряжении батареи управления (28В) Максимальное время от байпаса до размыкания переднего контакта силового реле ИП не превышает 0,15с.а при наименьшем напряжении батареи управления (22В) , Максимальное время замыкания от байпаса до фронтального контакта СП не превышает 0,35 с. Фильтр ФП защищает реле РЦ от тянущих токов электрифицированного участка и трех РЦ, Непосредственно рядом с электрифицированной трассой.

При прохождении колеса над педалью П2 кратковременно срабатывает реле 2ПД, через контакт которого возбуждается реле 20ПСП, а через контакт последнего - реле 2ПОПСП. После окончания импульса педали оба реле продолжают удерживать якорь, притянутый задержкой отпущения. Суммарное замедление составляет 1,9-2,1 с. С момента срабатывания реле 20ПСП, а затем и 2ПОПСП, цепь возбуждения реле СП будет разомкнута, Даже во время торможения из-за отказа шунта реле хода ИС находится под напряжением, реле СП не будет запитано. Так же при работе руля на педаль П1 реле тоже сработает.

Для быстрого оборота время определяется условиями безопасности при максимальной скорости рассеивания.

В системах ГАЦ к коротким РЦ предъявляются дополнительные требования по быстродействию за счет автоматического возврата выключателей и исключения даже кратковременных потерь на шунтирование при прохождении ТС через зону контроля.

Автоматическая остановка должна обнаруживаться вне зависимости от состояния переключателя и загрязнения гусеницы и точек контакта колес.

На практике, однако, мгновенное сопротивление колеса-рельса обычно составляет 0,5 Ом и более, что приводит к кратковременным потерям на обход. Загрязнение балласта шунта снижает сопротивление балласта до 3 Ом на 12,5 метра, снижая коротковолновую устойчивость.

2.2. Датчики индуктивного типа

Датчики магнитной индукции широко используются на

железнодорожном транспорте.

Бесконтактная магнитная педаль ПБМ-56 представляет собой бессилового датчик пути, который состоит из постоянных магнитов размером 60х68х80 мм, магниты изготовлены из сплава Магнеко, к которым подключено 5000 катушек ПЭЛШО 0,27 мм. Сопротивление обмотки 300 Ом. Датчик размещается на дорожке внутри дорожки. Верхняя плоскость магнита располагалась на 10 мм ниже головки гусеницы. Когда колесо или другая ферромагнитная масса проходит мимо педали, магнитный поток перестраивается и индуцируется в катушке.

Надежность работы датчика ПБМ-56 низкая. Причина в том.

Вибрация от рельсов.

Давление льда и снега на датчик.

некоторые механические повреждения.

Эффекты магнитного поля от тяговых двигателей.

погодные эффекты.

Более совершенным является путевой датчик трансформаторного типа ДП-50-80 с преобразователем сигнала путевого датчика ПСДП-50-81 (см. рис. 2.2).

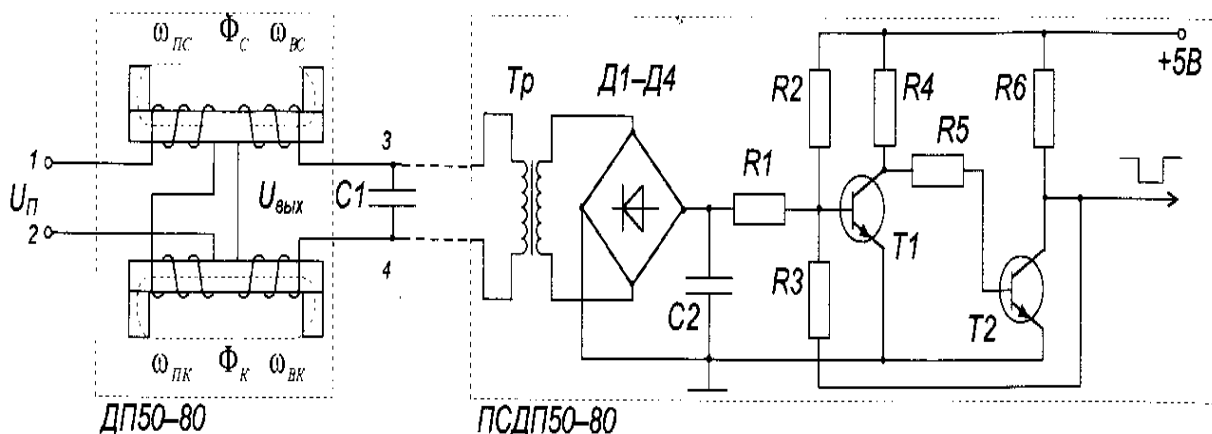


Рис. 2.2. Путевой датчик ДП50-80 с преобразователем сигнала
ПСДП50-80

Принципиальной особенностью этого датчика является возможность фиксации нулевых скоростей движения ТС.

Современным типом индуктивных датчиков является ДМ 88

Датчик предназначен для счета осей и формирования пусковых сигналов в системах ГАЦ, АРС и в приборах обнаружения нагретых букс типа ПОНАБ и ДИСК-Б.

Датчик заменил педаль ПБМ-56 и датчик D50 французской фирмы CSEE.

Датчик не требует источника питания, надежен в установке, надежен в работе, прост по конструкции и недорог, сигнал датчика не нарушается вибрацией.

Магнитная система датчика ДМ88С защищена стальным корпусом.

2.3. Фотоэлектрические датчики

Оптико-электронное устройство (ФЭУ) является эффективным средством фиксации положения подвижного состава на изолированных участках и обхода мест перегрузки под вагонами (в том числе с длинными базами) и при шунтовых потерях. Он соединен с головной и поперечной штангой. В зависимости от высоты могут быть установлены и другие стрелы.

Основными компонентами ФЭУ являются.

Иллюминатор.

Датчик освещенности.

Релейная батарея типа РЯ-ФУ-72.

Осветитель оснащен осветителем типа ЖС-12-25, плосковыпуклой линзой диаметром 53 мм и фокусным расстоянием 80 мм, трансформатором питания типа СТ-6 или СОБС-2. Этот же объектив вместе с фоторезистором типа ФСК-1 образует фотодетекторную сборку.

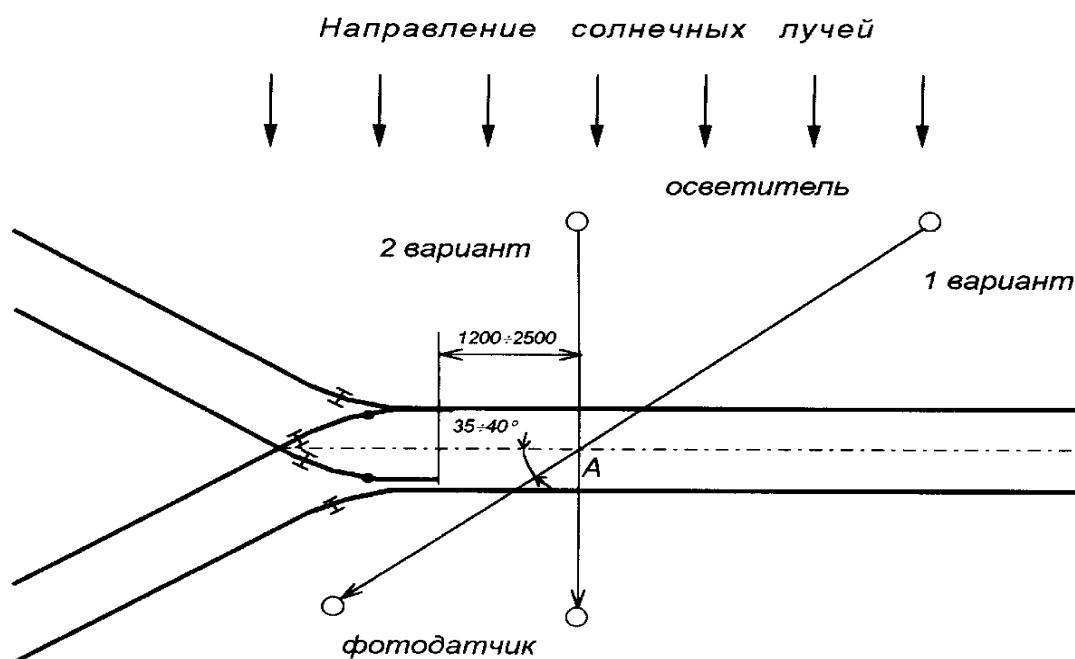


Рис. 2.3. Установка ФЭУ в плане

Луч проходит через ось пути на уровне сцепки так, что зазор между вагонами не фиксируется в сцепке. Пересечение луча с осью пути А (см. рис. 2.3) должно быть на расстоянии 1,2-2,5 метра от поворота. Это расстояние было выбрано для того, чтобы любой вагон мог пройти через балку до того, как первая ось второй тележки войдет в положение, указанное стрелкой. В схеме предусмотрено два варианта расположения осветителя и фотодатчика (см. рис. 2.3). В первом варианте фоторезистор имеет большую площадь, чем во втором варианте, поэтому он предпочтительнее.

Для защиты фоторезистора от солнечного света с обеих сторон фоторезистор разместили на затененной стороне фургона.

Обнаружение проставок в пределах зоны досмотра основано на экранировании светового потока ТП, поступающего в приемник. Преимущества фотогальваники.

Работает с обнаруженными объектами в режиме космического контакта.

Простота реализации и эксплуатации.

Стоимость относительно низкая.

На оптически видимые волны влияют и сильно ослабляются такие условия, как дождь, туман, снег и пыль. Пыль и загрязнение окружающей

среды оптики топливом и смазочными материалами могут сильно повлиять на правильную работу ФЭУ.

С другой стороны, отражения в виде солнечного света могут попасть в приемник ФЭУ в солнечные дни, когда автомобиль с хорошим боковым отражением проезжает через контролируемую зону, что приводит к ложным свободным командам. Также следует отметить, что длиннобазные восьмиколесные танки (1300 мм) и автомобили с низкой колесной базой (высотой до 560 мм) не могут быть обнаружены из-за узкого фокуса излучения ФЭУ.

Подводя итог, можно сделать вывод, что датчик, используемый в аппаратуре горочной автоматики по оптическому принципу, не может удовлетворить предъявляемым к ней требованиям из-за его низкой помехоустойчивости. Фотоэлектрические датчики сняты с производства.

2.4. Индуктивно-проводной датчик (ИПД)

Индуктивные датчики пути (ИПД) предназначены для эксплуатации железнодорожных объектов для обнаружения беспилотных или загруженных транспортных средств в зонах контроля пути. ИПД рекомендуется для замены полевых транзисторов и педалей во дворовых рельсовых цепях, оснащенных системами ГАЦ. В ГАЦ ИПД заменяет ФЭУ и магнитные педали и действует как дополнительный защитный выключатель для предотвращения несанкционированного отклонения в случае поломки шунта и проезда фурунов с длинной колесной базой.

ИПД обеспечивает контроль свободных или занятых участков пути в пределах пути с твердым покрытием для подвижного состава с металлическим шасси (рисунок 2.5).

ИПД состоит из оборудования, расположенного на релейной или платформе в зависимости от его функции (рис. 2.6.). В релейной в цепи питания датчиков установлены предохранители и реле типа НМШ2-4000, принимающие сигнал от электронного блока (ЭБ). Электронный блок расположен в трансформаторной коробке, установленной непосредственно на

контролируемой части пути. Входная часть ЭП подключена к индуктивному контуру (ИШ). Петля расположена в трассе контролируемого участка, закреплена на горловине трассы, изготовленной на месте, и состоит из катушки индуктивности, состоящей из 7-жильного кабеля КВВГ71,5. Конiec кабеля вставляется в коробку, а провод кабеля подключается к катушке индуктивности на клеммной колодке. Кольцо крепится к нижней части гусеницы монтажным кронштейном (рис. 2.4).

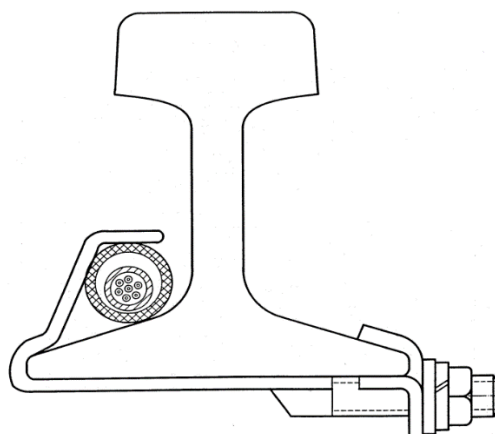


Рис. 2.4. Крепление шлейфа

Кабель обернут в резиновую оболочку для предотвращения механических повреждений. Длина индукционной катушки определяется по длине переднего участка пути. Индукционная петля должна быть закреплена на шейке рельса шпалы, а индукционная петля должна поддерживаться в зоне перекрытия каждой шпалы. (Рисунок 2.5)

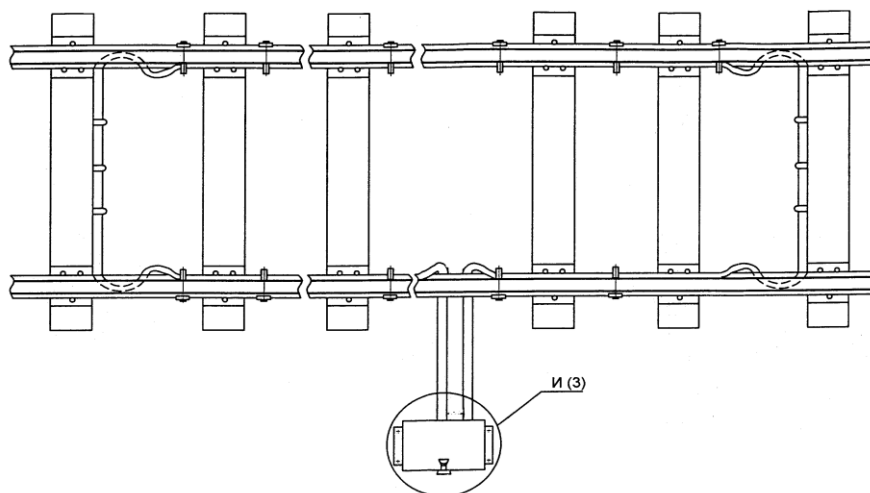


Рис.2.5. Крепление шлейфа

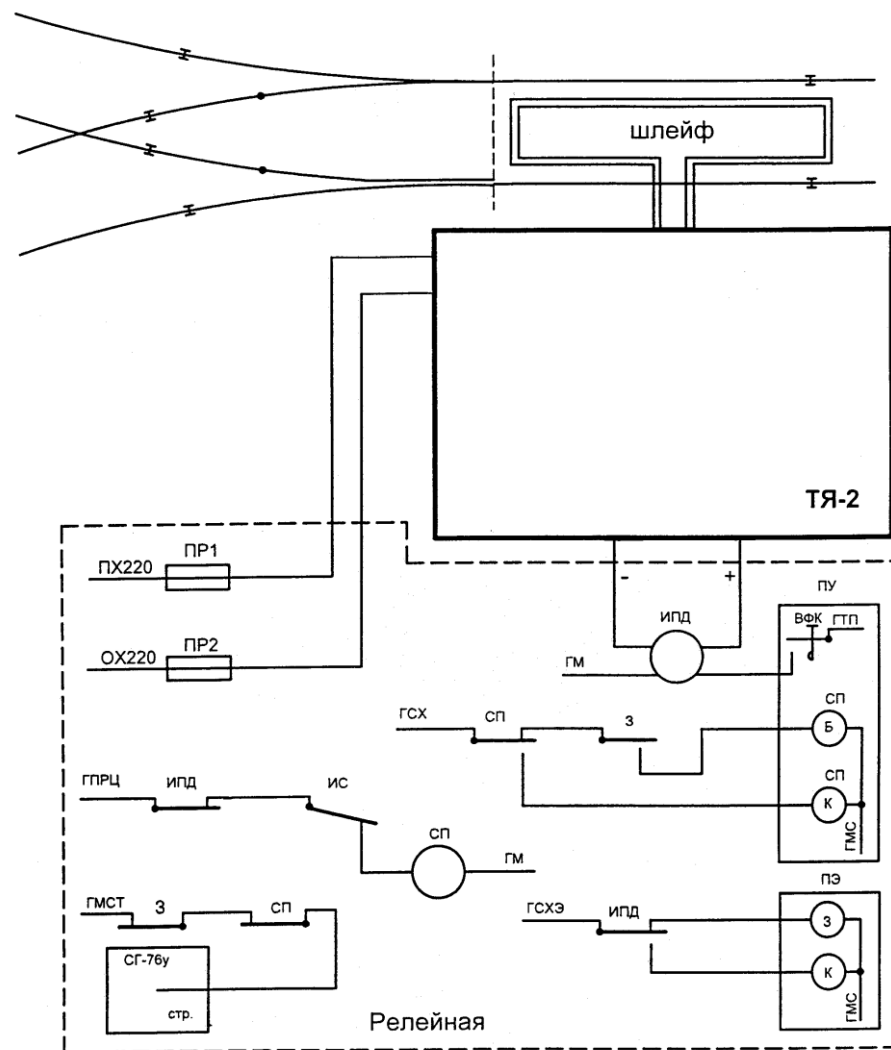


Рис. 2.6.Схема включения датчика в устройства ГАЦ

Принцип управления подвижным составом основан на изменении частоты и амплитуды резонатора датчика под воздействием металлической массы транспортного средства. Индукционный контур - это чувствительный элемент, который действует как индуктор в колебательном контуре генератора.

В этом случае секция свободного управления генератора орбитальных гармоник подает входной частотный сигнал (синусоидальный сигнал заданной частоты и амплитуды) на пороговое устройство (компаратор 1). В этом случае пороговое устройство формирует управляющий сигнал для выходного каскада и выход ЭБ (на нагрузку)

Начало участка контроля датчиков соответствует выходу из зацепления первой пары колес с поездом, “наезду” на индукционную петлю и

срабатыванию датчиков. Окончание участка контроля соответствует моменту, когда последняя пара колес поезда «покинет» точку изоляции стрелки и возобновит работу датчика. Блок-схема ИПД показана на рис. 2.7.

При занятии контролируемой области снижается добротность колебательного контура датчика, уменьшается амплитуда частоты сигнала или происходит полный срыв генерации, в результате компаратор формирует управляющий сигнал выходного каскада 1. , и выходного сигнала на нагрузку не будет, светодиод не загорится "ВЫХОД".

ЭБ состоит из следующих компонентов.

- Гармонические осцилляторы.
- Цепь управления.
- Автоматическая настройка схемы.
- Выходной каскад.

Выходной сигнал компаратора 1 вызывает работу схемы автонастройки и управления, когда дорожка простаивает. На выходе ЭБ формируется сигнал постоянного тока +24В. Если дорожка занята, автонастройка и схема управления будут заблокированы и выходной сигнал не будет.

В реальных условиях на раму ИШ влияет не только качество металла фургона, но и климатические факторы (особенно влажность) на раму ИШ. Таким образом, амплитуда колебаний генератора преобразователя может варьироваться, в то время как порог преобразователя остается постоянным. Это может привести к "пропуску" базы вагона или ложным сигналам занятости. Поэтому необходимо стабилизировать амплитуду колебаний сенсорного генератора. Эту функцию выполняет схема автоподстройки. Он работает путем введения элемента настройки в колебательный контур генератора для изменения глубины колебаний в соответствии с изменениями амплитуды генератора преобразователя.

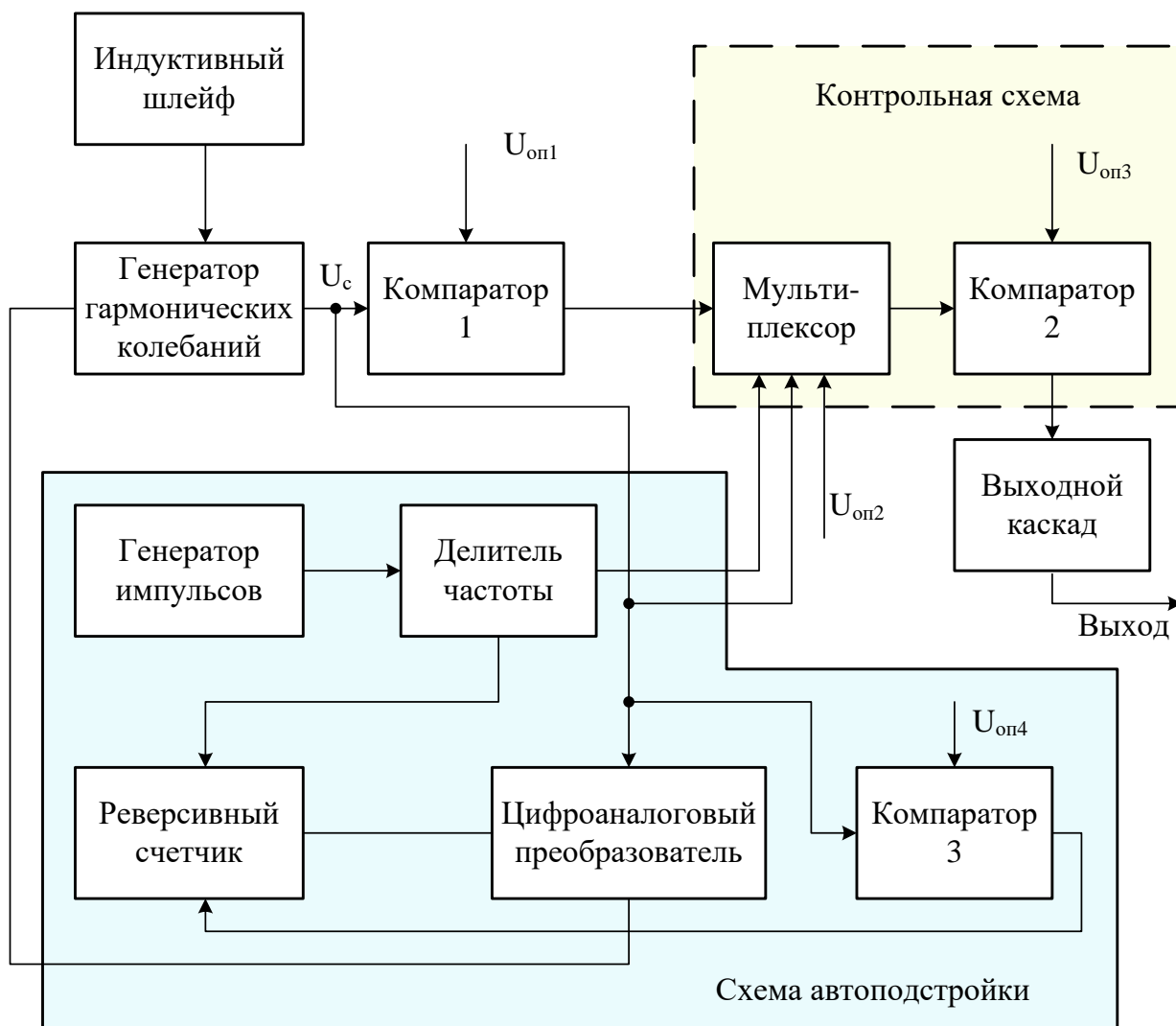


Рис. 2.7. Структурная схема ИПД

В состав элемента формирования входит цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), работающий в следящем режиме.

Выходной сигнал гармонического генератора поступает на вход ЦАП и третьего компаратора. На второй вход компаратора подается опорное напряжение, определяющее величину выходного сигнала на выходе генератора.

Если входной сигнал компаратора выше, чем опорный сигнал, выходной сигнал даст команду инвертированному счетчику вычесть это число. При этом сигнал с выхода ЦАП увеличит ООС генератора и сигнал на его выходе уменьшится. Уменьшение сигнала будет происходить до тех пор, пока он не станет меньше $U_{оп4}$. После этого на выходе компаратора сформируется сигнал, дающий команду на сложение числа реверсивного счетчика. При этом

сигнал с выхода ЦАП уменьшит глубину ООС генератора и сигнал на его выходе увеличится. Напряжение U_c на входе компаратора станет больше U_{on} на величину $\frac{U_c}{2^n}$, 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. Величина выходного сигнала U_c будет изменяться на величину $\frac{U_c}{2^n \cdot k}$, где k - крутизна выходной характеристики генератора.

Схема автоматической настройки и схема управления с выходным каскадом расположены на модуле ЭМ2 электронного блока датчиков.

Электронный блок имеет схему управления, контролирующую работоспособность источника питания и выдающую сигнал о неисправности, если значение сигнала в контрольной точке "КТ", определяющей работоспособность источника питания, не превышает установленного значения.

Схема управления ИПД работает в импульсном режиме для обеспечения безопасного состояния источника питания. Электронный блок выдает напряжение постоянного тока +24 В для питания исполнительных реле. Работа блока питания визуально контролируется светодиодом "ВЫХОД".

Электронный блок конструктивно представляет собой объемную конструкцию с двумя съемными печатными платами внутри. Первая плата (модуль ЭМ1) содержит источник питания, генератор синусоидальных колебаний и генератор импульсов. Вторая плата (модуль ЭМ2) содержит элементы схемы управления автоматической настройкой (схема выходного каскада). На верхней панели расположены элементы настройки и индикации, вывода контрольных точек.

2.5. Радиотехнические датчики (РТД)

2.5.1. Общие сведения

Радиочастотные детекторы (РТД) обеспечивают пространственный контакт с обнаруживаемыми транспортными средствами и могут работать в

двух режимах обнаружения.

Принимает отраженный сигнал (отраженный сигнал канала КОС).

Сигнал от передатчика (прямой сигнальный тракт КПС) экранирован от ТС.

Основное отличие РДТ в том, что они работают в сантиметровом (микроволновом) диапазоне электромагнитных волн. Он использует свойства волн в этом диапазоне для обнаружения обнаруживаемых движущихся объектов по отражению. Использование СВЧ-волн в основном обусловлено следующими соображениями.

Чем выше частота излучаемых колебаний, тем больше влияние атмосферных осадков на распространение этих волн.

Для рассеянных частиц от метеорологических или других источников чем больше неравенство (— длина волны микроволнового колебания), тем меньше влияние на распространение электромагнитного поля.

Поэтому для напольных датчиков лучше всего выбирать длину волны эмиссионных колебаний значительно большую, чем 0,4 см.

Следует отметить, что диапазон длин волн видимого света (длина волны 0,4-0,75 мкм), используемый в фотоэлектрических датчиках (ФМС), наиболее подвержен атмосферным воздействиям, пыли. Поэтому преимущества уличных датчиков в диапазоне УВЧ очевидны. Очевидно, что более длинные волны меньше затрагиваются рассмотрением. Однако необходимо использовать антенну большего размера.

Радиодатчик доступен в четырех версиях, и благодаря его модульной конструкции могут быть созданы различные алгоритмы обнаружения.

На рис. 2.8 – 2.11 показаны структурные схемы нескольких вариантов построения РТД. В схеме РТД (рис. 2.8) передающий модуль, включающий:

генератор СВЧ-колебаний (ГСВЧ);

генератор модулирующего сигнала (ГМС);

передающую антенну А1 -

Устанавливается с одной стороны контролируемого участка пути, при

этом приемный модуль состоит из:

- приемной антенны A2;
- усилителя-ограничителя (УО);
- устройства фиксации (УФ) –
- по другую сторону участка.

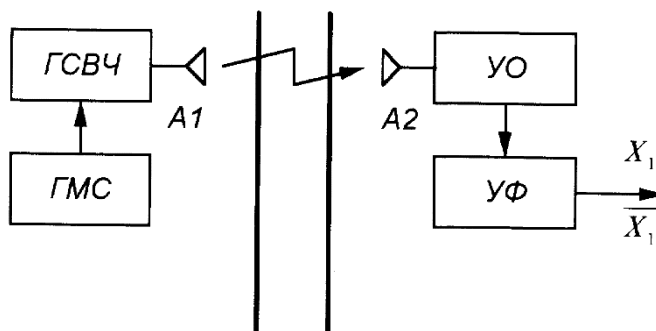


Рис. 2.8 Структурная схема построения РТД

Обнаружение ТС в этой схеме РТД аналогично фотодетекторам. При отсутствии транспортного средства в зоне наблюдения (МЛ) сигнал с антенны передатчика A1 поступает на приемную антенну A2 и УФ-приемник, который выполняет пороговый алгоритм распознавания сигнала; вырабатывается сигнал логической единицы X_1 , свидетельствующий о свободе участка пути.

При появлении ТС в зоне действия РТД излучаемый передатчиком сигнал экранируется, и в приемную антенну A2 сигнал не попадает, что воспринимается устройством фиксации (УФ); вырабатывается сигнал логического нуля $\overline{X_1}$, свидетельствующий о занятости участка пути. Достоинством такой системы построения РТД является очевидная простота и возможность осуществления непрерывного контроля работоспособности датчика.

На рис. 2.9 представлена схема построения РТД, реализующая алгоритм обнаружения ТС по приему отраженного от него сигнала. При этом передающий и приемный модули располагаются по одну сторону контролируемого участка.

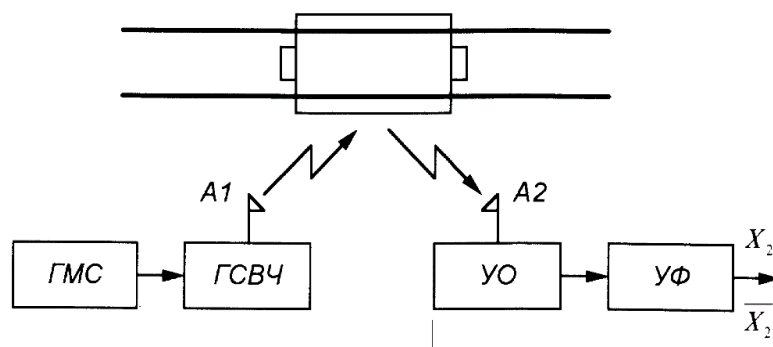


Рис. 2.9. Структурная схема построения РТД

При наличии ТС в зоне действия датчика излучаемый передающей антенной сигнал, отражаясь от боковой стенки, попадает в приемную антенну A2. В результате в УФ при превышении уровня отраженного сигнала его порогового значения формируется сигнал X_2 , характеризующий занятость зоны контроля.

При отсутствии ТС на входе приемной антенны A2 отсутствует отраженный сигнал, и на выходе формируется сигнал \bar{X}_2 , свидетельствующий о свободности участка.

Схемы, представленные на рис. 2.8 и 2.9 предоставляют одноканальные варианты построения РТД. В первом случае (а) РТД - с каналом прямого сигнала (РТД-КПС), а во втором - с каналом отраженного сигнала (РТД-КОС).

На рис. 2.10 показан двухканальный вариант построения РТД, представляющий собой комбинированную схему двух одноканальных РТД.

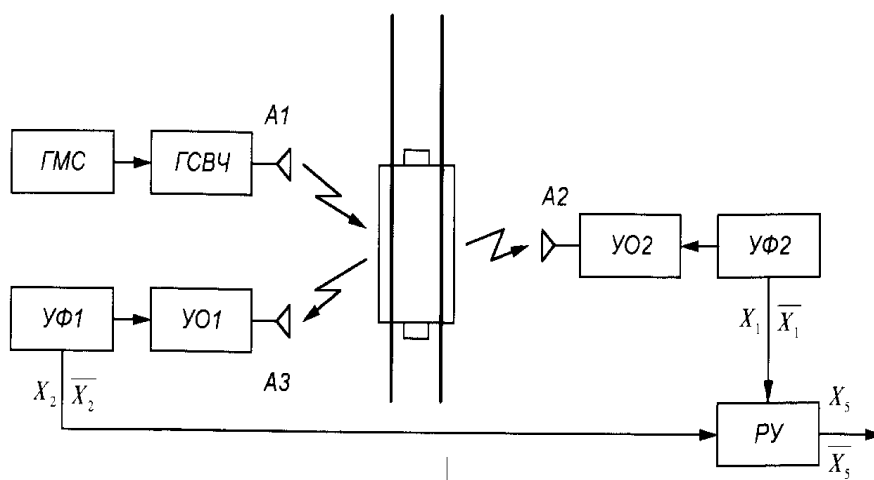


Рис. 2.10. Структурная схема построения РТД

Эта схема состоит из одного передатчика с антенной А1 и двух приемников с антеннами А2 и А3, разнесенных в пространстве. Приемные модули устанавливаются на противоположных сторонах контролируемого участка, причем антенна приемного модуля А3 устанавливается в непосредственной близости от передающей А1. Конструктивно приемная и передающая антенны могут быть совмещены при использовании в РТД циркулятора.

В отсутствие ТС приемная антенна А2 принимает излучаемый сигнал по КПС, а в приемную антенну А3 сигнал передатчика не поступает.

Поэтому на выходах УФ формируются сигналы X_1 и $\overline{X_2}$, на основании которых решающее устройство (РУ) регистрирует свободу участка (X_5).

При появлении ТС экранируется излучаемый сигнал, в результате он не поступает в антенну А2, и вместе с тем в антенне А3 КОС появляется сигнал, отраженный от ТС. На выходах УФ формируются инверсные значения напряжений X_2 и X_1 . РУ регистрирует занятость участка (X_5). Занятость участка регистрируется при появлении на входе РУ любого из значений X_2 или $\overline{X_1}$.

Таким образом, в схеме РТД, представленной на рис. 2.10, свобода участка должна подтверждаться по двум каналам одновременно:

наличию сигнала в антенне А2 по КПС;

отсутствию сигнала на входе приемной антенны А2 по КОС - что позволяет более достоверно определить фактическую свободу зоны контроля.

Также двухканальный вариант построения РТД, но на базе двух КПС, представлен на рис. 2.11.

Здесь, в отличие от рассмотренного выше, передающий модуль с антенной А1 установлен по одну сторону контролируемого участка, а по

другую сторону, в зоне действия диаграммы передающей антенны, установлены два приемных модуля с антеннами А2 и А3. Алгоритм работы каждого из КПС по этой схеме аналогичен варианту, представленному на рис. 2.8.

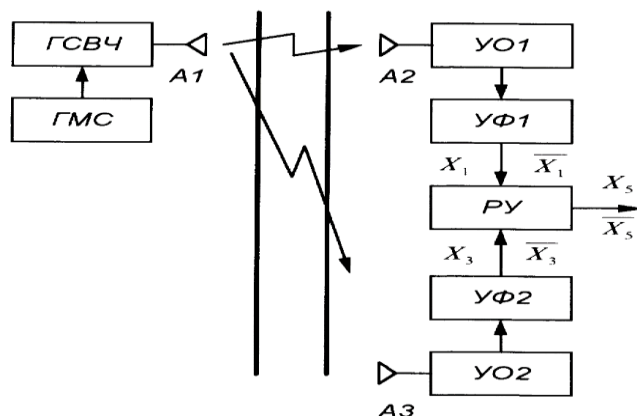


Рис. 2.11. Структурная схема построения РТД

Свободность участка регистрируется в том случае, если на входах РУ присутствуют напряжения X_1 и X_3 , характеризующие наличие сигнала в антеннах А2 и А3 соответственно. Отсутствие обоих сигналов в антеннах А2 и А3 при появлении ТС и полное экранирование им излучаемого сигнала, как и частичное экранирование сигнала, поступающего в любую из приемных антенн, приведет к формированию на выходе РУ сигнала занятости участка (\bar{X}_5).

Как видно, добавляя к одноканальному варианту РТД (рис. 2.10, 2.11) всего один приемник, можно сформировать двухканальный датчик, что значительно повышает достоверность определения фактической вакансии в контролируемой зоне.

2.5.2. Структурная и функциональная схемы РТД-С

(РТД-С)—двухканальный датчик радиозащиты для двухточечной подкожной передачи. Он состоит из одного модуля передатчика и двух модулей приемника. Оба приемных модуля установлены на одном и том же приспособлении, но на разной высоте. Это позволяет секции пути принимать все типы транспортных средств, так как нижний приемный модуль может

принимать крытые вагоны с поперечинами, а верхний модуль может принимать автомобили с длинной колесной базой.

Передающий модуль РПД передает СВЧ-сигналы, и эти сигналы принимаются каждым приемным модулем РПД при условии, что коммутационная часть не отключена. Их выходы формируют управляющие сигналы для управляющих реле, контакты которых включены в цепь управления исполнительным механизмом выключателя. На выходах двух приемных модулей появляются управляющие сигналы, указывающие на то, что точечный сегмент свободен.

Если на выходе одного приемника нет управляющего сигнала или даже на выходах обоих приемников нет управляющего сигнала, определяется занятое состояние и управляющее реле обесточивается. Это исключает возможность перемещения точек.

Более подробно обсуждается принцип формирования управляющего сигнала реле управления.

Радиодатчик выдает две возможные функции - одиночную и нулевую - на выходе защелок УФ1 и УФ2.

На выходе УФ1 для первого канала формируется значение $f_{12} = x_1$, при отсутствии препятствия и $f_{12} = \bar{x}_1$ при его наличии. На выходе УФ2 - для

второго канала - аналогично формируются $f_{13} = x_2$ и $f_{13} = \bar{x}_2$. Функциональный индекс соответствует номеру антенны, порядок которого представляет собой путь прохождения сигнала от одной излучающей антенны до двух приемных антенн.

Анализатор может решить, свободен ли путь или занят, согласно следующему алгоритму.

Свободность характеризуется наличием сигнала на входе приемной антенны А2, то есть $f_{12} = x_1$, и присутствием также сигнала на входе приемной антенны А3, то есть $f_{13} = x_2$. На выходе решающего устройства формируется команда свободы пути в том случае, если одновременно наступают оба события: $f_{12} = x_1$, и $f_{13} = x_2$. В этом случае вероятность правильного решения о

свободности пути РТД-С:

$$P_{n\phi}^c = P_{n12}^c \cdot P_{n13}^c ,$$

где P_{n12}^c и P_{n13}^c - вероятности правильного решения о свободности контролируемого участка соответственно первым и вторым каналами прямого сигнала РТД.

Занятость контролируемого участка характеризуется отсутствием сигнала на входе приемной антенны А2, то есть $f12 = \neg x1$, или отсутствием

сигнала на входе приемной антенны А3, то есть $f13 = \neg x2$. На выходе РУ может формироваться исполнительная команда занятости при следующих комбинациях функций:

$$f12 = \neg x1 , f13 = \neg x2;$$

$$f12 = \neg x1 \quad \text{независимо от значения } f12;$$

$$f13 = \neg x2 \quad \text{независимо от значения } f13.$$

Вероятность правильного решения о занятости в первом случае:

$$P_{n\phi}^3 = P_{n12}^3 \cdot P_{n13}^3$$

а во втором:

$$P_{n\phi}^c = 1 - (1 - P_{n12}^c) \cdot (1 - P_{n13}^c)$$

где P_{n12}^3 и P_{n13}^3 - вероятности правильного решения о занятости контролируемого участка соответственно первым и вторым каналом прямого сигнала РТД-С.

Приоритет в выборе одного из алгоритмов принятия решения в разных ситуациях (свободность, занятость) определяется эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к датчику. Поэтому в РТД-С реализованы следующие алгоритмы:

$$\text{свободность: } P_{n\phi}^3 = P_{n12}^3 \cdot P_{n13}^3 ;$$

$$\text{занятость: } P_{n\phi}^c = 1 - (1 - P_{n12}^c) \cdot (1 - P_{n13}^c) .$$

Однако ясно, что устройство обнаружения препятствий с двумя каналами имеет более высокую вероятность правильного решения, чем прямой или отраженный сигнал одного канала при тех же условиях работы.

В составе РТД-С три модуля:

передающий;

2 приемных.

На рис. 2.12 приведены функциональные схемы передающего и приемного модулей РТД-С.

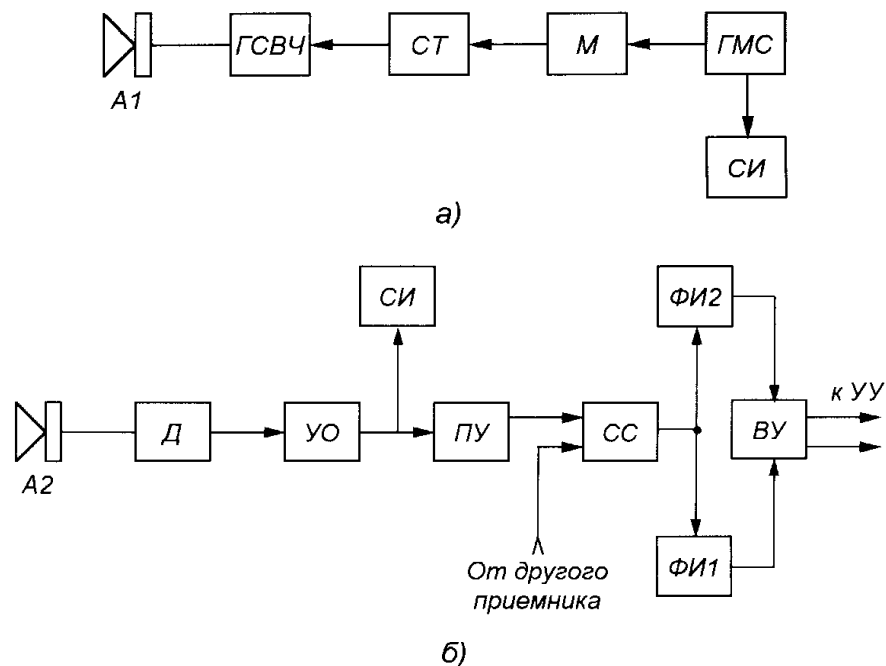


Рис. 2.12. Функциональная схема РТД-С

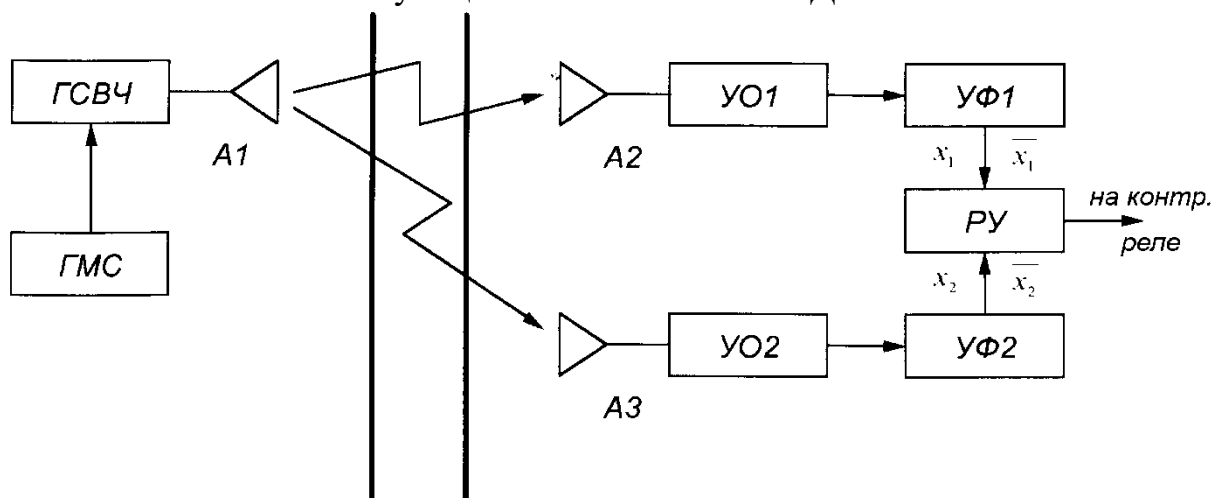


Рис. 2.13. Структурная схема РТД-С

Передатчик RTD-C состоит из следующих компонентов.

Рупорная антенна А1, СВЧ-генератор ВЧМС на диодах лавинных зондов,

стабилизатор тока С1.

Модулятор М, генератор сигналов модуляции HMS.

Указывает схему СИ.

Приемник RTD-С, вкл.

Рупорная антенна А2, детектор УВЧ D.

Ограничитель-усилитель сигнала ОУ, пороговое устройство ОУ.

Схема сравнения СС, фазные ряды FI1 и FI2, выходное устройство ВУ.

В приемном модуле предусмотрена система индикации СИ для контроля наличия сигнала на входе приемника.

2.5.3. Геометрия формирования зоны действия диаграмм антенн РТД-С

Диаграммы направленности антенн модулей РТД-С одинаковы как для передатчика, так и для приемника и имеют параметры: угол раскрытия в горизонтальной плоскости 120° , (рис. 2.15.) а в вертикальной 180° (рис. 2.14.).

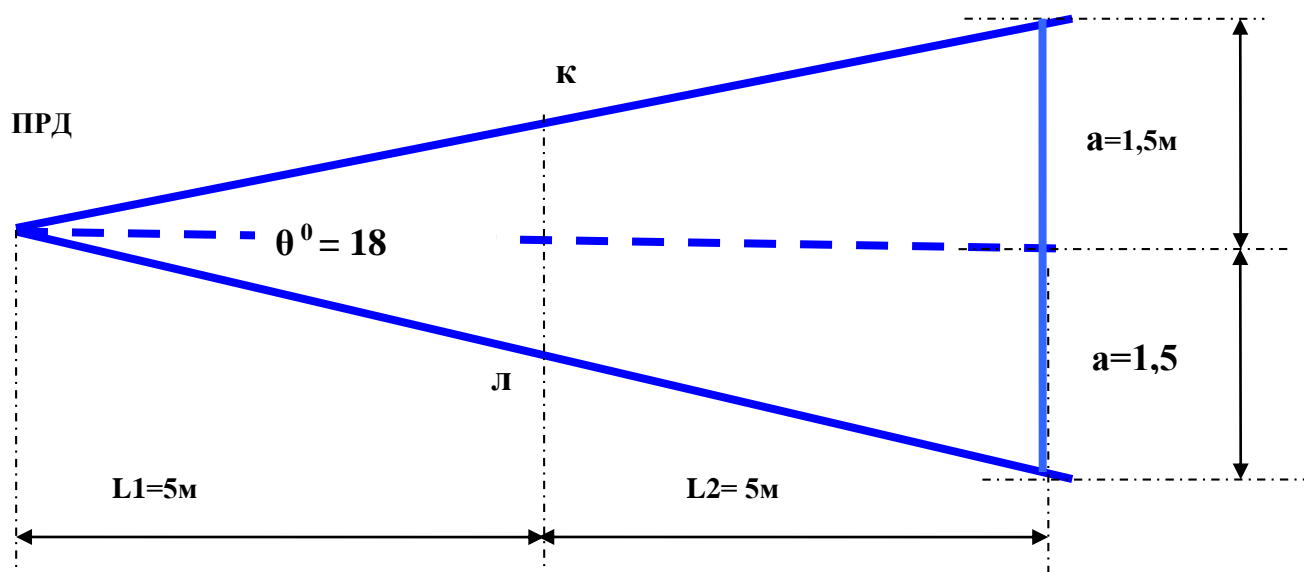


Рис. 2.14.

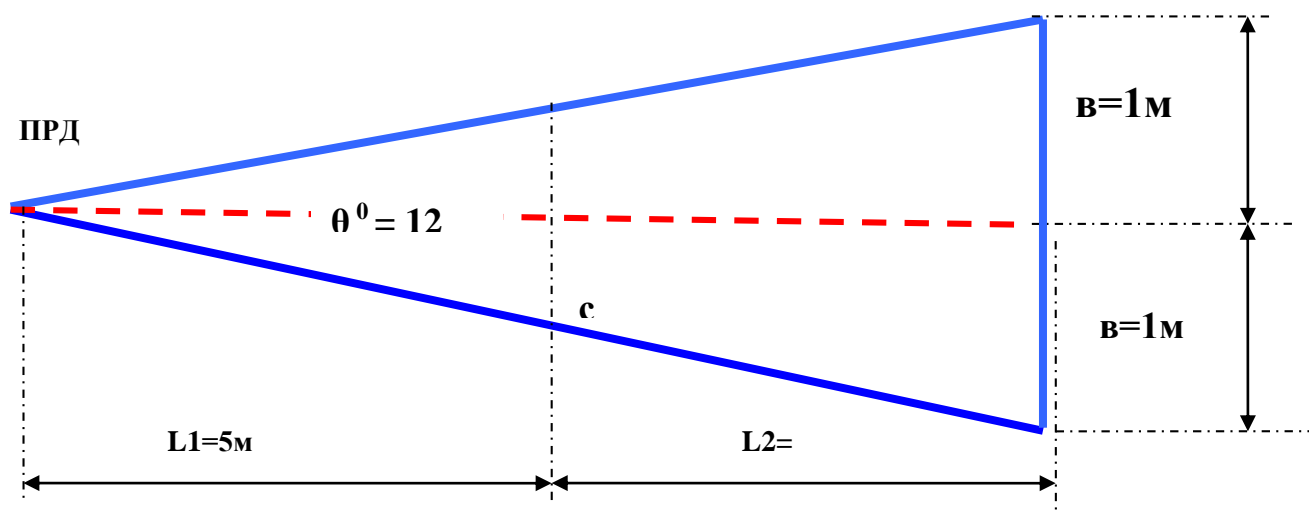


Рис. 2.15.

Из графиков следует что, на удалении 10 м, большая ось эллипса диаграммы (по вертикали) равна 3 м (рис. 2.16 а), а малая ось (по горизонтали) равна 2 м, а на удалении 5 м соответственно 1,5 м и 1 м (рис. 2.16 б).

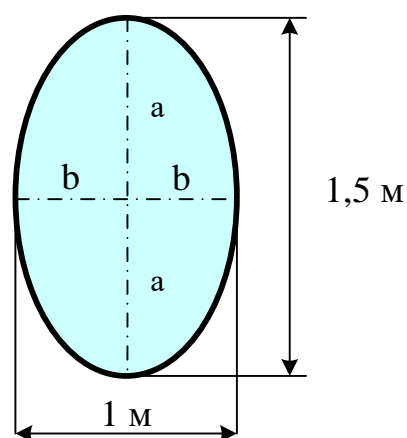
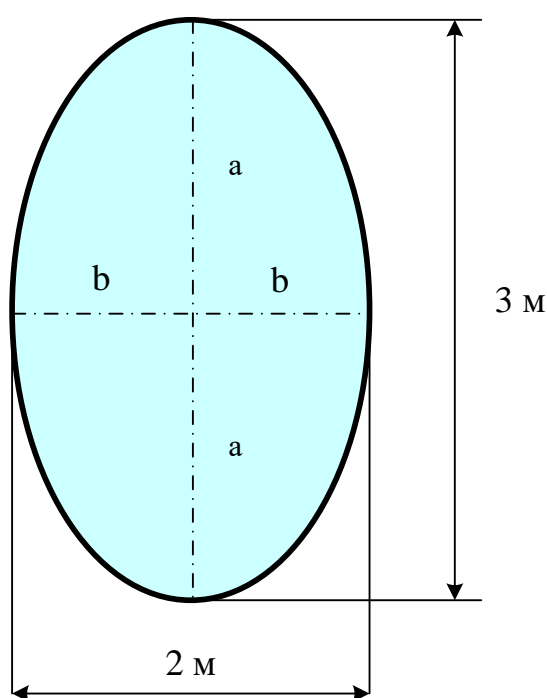


Рис. 2.16 а) Рис. 2.16. б)

Расчетная мощность (эффективная) как правило определяется на уровне 0,5 мощности на осевом направлении, что соответствует примерно 0,7 от размера эллипса. Таким образом расстояние, на котором учитывается излучаемая мощность передатчика в месте расположения приемника, на удалении 10м, составляет:

- в вертикальной плоскости

$$2a = 0,7 \times 3\text{м} = 2,1\text{м}.$$

- в горизонтальной плоскости

$$2b = 0,7 \times 2\text{м} = 1,4\text{м}.$$

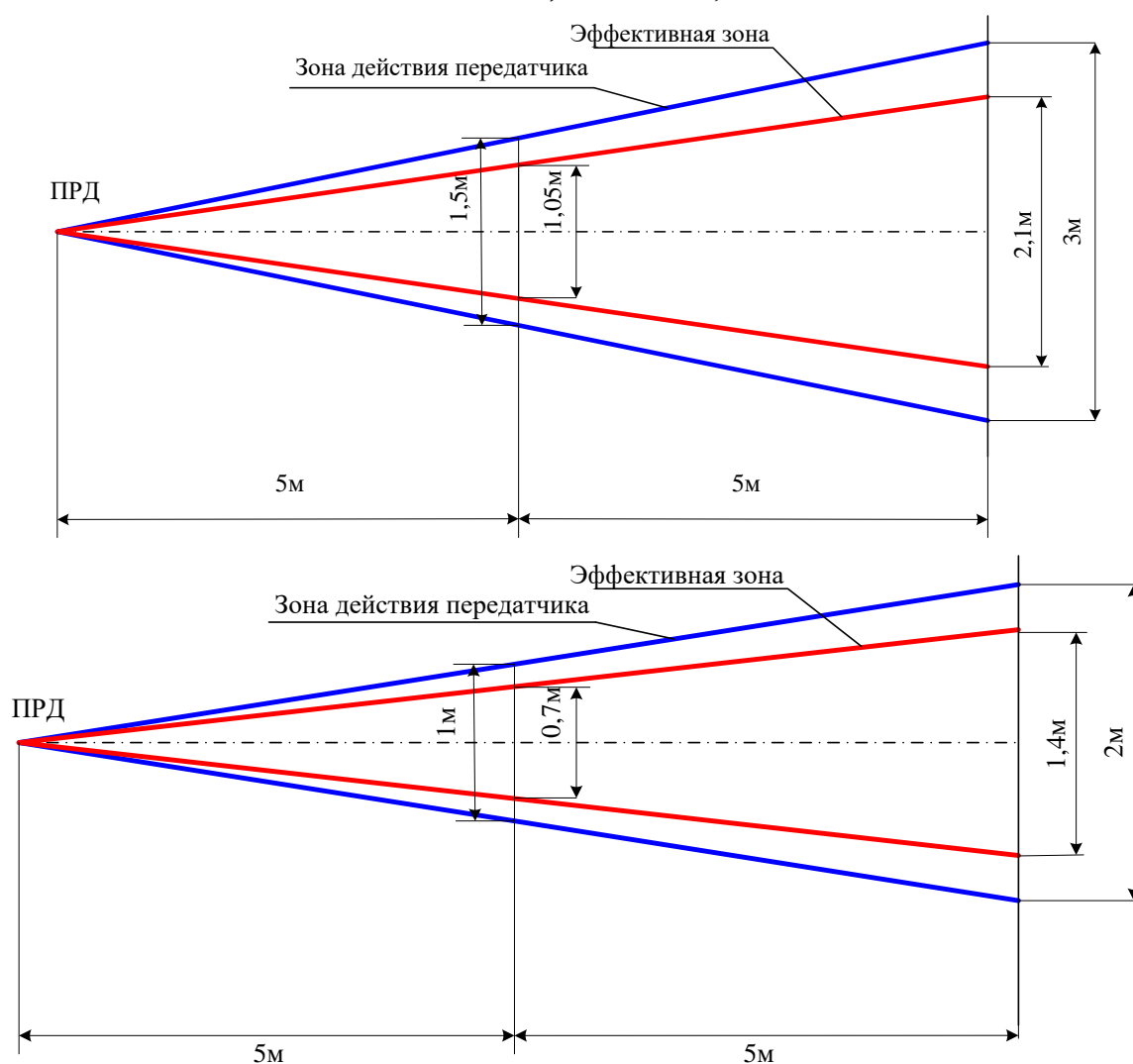
На удалении 5м от передатчика, зона действия диаграмм антенн составляет:

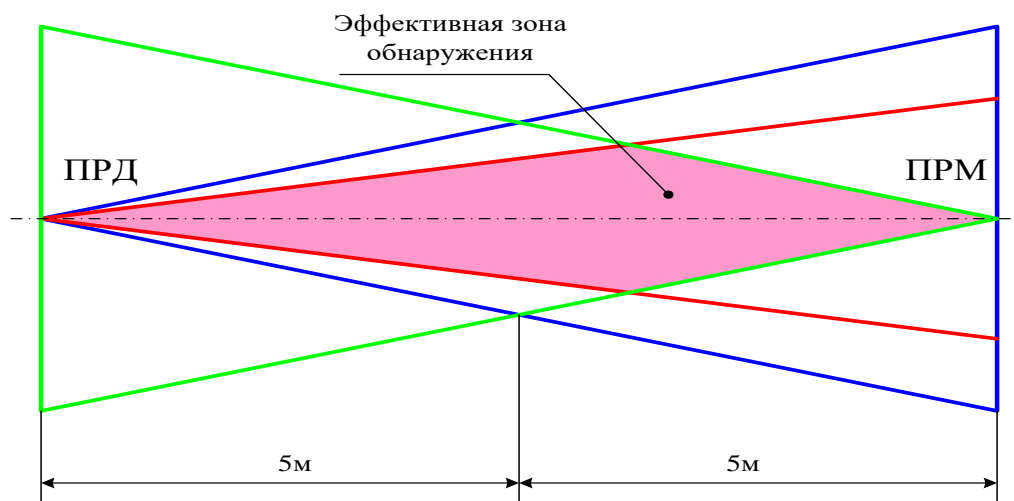
- в вертикальной плоскости

$$2a = 0,7 \times 1,5\text{ м} = 1,05\text{м}.$$

- в горизонтальной плоскости

$$2b = 0,7 \times 1\text{м} = 0,7\text{м}.$$





В пределах эффективной зоны диаграммы направленности антенны обнаруживаются объекты, если они перекрываются. Вот почему максимальное расстояние между приемными модулями на одной стреле не может превышать 2 метров. Только в этой области приемник может принимать сигнал от передатчика.

3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

3.1. Обеспечение требуемой достоверности обнаружения РТД-С

Надежность обнаружения ТС определяется многими факторами, среди которых решающую роль играет выбор порогового напряжения решающего узла РТД-С.

Для принятия приемником КПС решения о свободности КЗ необходимо, чтобы напряжение на выходе порогового элемента $U_{сп}$ было выше порогового $U_{пор}$. Учитывая, что на входе приемника имеется помеховый сигнал $U_{п}$, считаем, что условием принятия правильного решения о свободности КЗ является условие:

$$U_{сп} = U_c + U_{п} > U_{пор}$$

Решение о занятости принимается приемником КПС в том случае, когда в результате экранирования излучаемого сигнала на входе порогового элемента действует суммарное напряжение сигнала и помехи. Помеха представляет собой, в основном, просачивающийся сигнал $U_{спр}$ от передатчика на вход приемника. Напряжение этой помехи, как правило, ниже порогового

напряжения.

Особенностью работы РТД-С является наличие просачивающегося в приемник сигнала из-за различных типов обнаруживаемых вагонов. В результате помеховый сигнал на входе порогового элемента можно рассматривать как аддитивную смесь напряжения $U_{ш}$ собственных шумов приемника, наведенных в его цепях, а также напряжения помехи $U_{спр}$, возникающего благодаря просачиванию части излучаемого сигнала. Условие принятия решения о занятости:

$$U_{ш} + U_{спр} < U_{пор}$$

Выбор порогового напряжения определяется возможностью ложного обнаружения датчиком. Чем ниже порог, тем больше вероятность ложного обнаружения РТД-С, а чем выше порог, тем больше вероятность того, что транспортное средство не будет обнаружено без превышения сигнала полезной нагрузки. Существуют некоторые критерии оптимизации порогов. Установив вероятность ложного обнаружения РТД-С в рабочих условиях (например, 10^{-6}), можно максимизировать вероятность правильного обнаружения объекта в фиксированной области пространства. Надежность обнаружения транспортных средств может быть повышена за счет оптимального размещения датчиков вблизи зоны обнаружения.

Подумайте о том, чтобы обеспечить некоторую эффективность обнаружения РТД-С, оптимизировав координаты размещения датчика в области штанги.

Обозначим мощность сигнала, излучаемого передающим модулем РТД через $P_{пер}$. Предположим, что обнаруживаемый отцеп перемещается в плоскости сечения диаграмм сигнала РТД-С. Сечение определяется как площадь разрешения (сечение, расположенное в плоскости пересечения диаграмм направленности передающей и принимающей антенн). Площадь разрешения S в реальных условиях значительно меньше площади поверхности вагона S_B . Однако, при движении вагона и постоянной

ориентации антенн (например, на уровне сцепки) экранируемая площадь $S_{\text{э}}$ может оказаться меньше S . Вследствие этого в приемную антенну РТД поступит часть мощности передающегося сигнала, которая и является причиной наличия на входе порогового элемента напряжения просачивания $U_{\text{сnp}}$. Это может привести к пропуску отцепа.

Определим плотность потока мощности сигнала в сечении S , расположенном на расстоянии R_1 от передающей антенны, при равномерном распределении мощности по всему сечению диаграммы направленности:

$$\Pi_S = \frac{P_{\text{пер}} \text{КНД}_{\text{пер}}}{4\pi R_1^2},$$

где

Π_S - плотность потока мощности сигнала в сечении S ;

$\text{КНД}_{\text{пер}}$ - коэффициент направленного действия передающей антенны.

Мощность сигнала, проходящего через неэкранированную поверхность сечения S :

$$P_{S_H} = \Pi_S (S - S_{\text{э}})$$

Тогда мощность сигнала на входе приемника:

$$P_{\text{прм}} = \Pi_{\text{П}} S_{\text{прм}},$$

где

$\Pi_{\text{П}}$ - плотность потока мощности на входе приемной антенны;

$S_{\text{прм}}$ - эффективная площадь приемной антенны.

Значение:

$$\Pi_{\text{П}} = \frac{P_{S_H}}{4\pi (R - R_1)^2}$$

С учетом введенных обозначений получим следующее выражение:

$$P_{\text{прм}} = \frac{P_{\text{пер}} \cdot \text{КНД}_{\text{прм}} \cdot \lambda^2 \cdot (S - S_{\text{э}})}{(4\pi)^3 \cdot R_1^2 \cdot (R - R_1)^2}$$

где $\text{КНД}_{\text{прм}}$ - КНД приемной антенны.

Например, для антенны с прямоугольным раскрытием:

$$KHД_{нрм} = \frac{4\pi \cdot a \cdot b \cdot k_a \cdot k_b}{\lambda^2},$$

где

a и b - геометрические размеры раскрыва антенны;

k_a и k_b - коэффициенты, определяемые функциями амплитудного распределения поля вдоль соответствующего ребра антенны.

В расчетах для рупорных антенн вводится понятие коэффициента использования поверхности раскрыва $KИП = k_a \cdot k_b$, который принимают равным 0,7-0,8. Мощность сигнала на входе приемника при занятости контролируемого участка:

$$P_{нрм зан} = \frac{P_{нр} \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot KHД^2 \cdot (S - S_{\text{э}})}{4\pi R_1^2 \cdot (R - R_1)^2 \cdot \lambda^2 \cdot \alpha_3}$$

где α_3 - множитель, учитывающий потери при распространении СВЧ-сигнала на участке передатчик-приемник и потери в высокочастотном тракте.

При отсутствии экранирования, то есть в случае, когда $S_{\text{э}} = 0$, что соответствует свободному участку, мощность сигнала на входе приемника:

$$P_{нрмсв} = \frac{P_{нр} \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot KHД^2 \cdot S}{4\pi R_1^2 \cdot (R - R_1)^2 \cdot \lambda^2 \cdot \alpha_3}$$

При полном экранировании отцепом излучаемого сигнала $S = S_{\text{э}}$ мощность на входе приемника $P_{нрм} = 0$.

Отношение мощностей на входе приемника при свободности участка и с появлением на нем отцепа:

$$\frac{P_{нрмсв}}{P_{нрм зан}} = \frac{S}{S - S_{\text{э}}}$$

При выборе порогового напряжения обнаружения РТД-С руководствуются соображениями, представленными выше. В частности, вероятность ложного срабатывания $P_{лф}$ характеризуется тем, что при отсутствии отцепа напряжение $U_{СП}$ на входе порогового элемента оказывается меньше напряжения порога, то есть $U_{СП}/U_{пор} < 1$.

Вероятность пропуска характеризуется тем, что при наличии отцепя, экранирующего излучаемый передатчиком сигнал (КПС РТД), на входе порогового устройства:

$$U_{cnp} + U_{ш} > U_{пор},$$

где $U_{ш} = \sigma_{ш}$ - среднее квадратическое значение напряжения шума, наблюдаемого в приемном тракте на входе порогового устройства.

Полагая, что помеха распределена по нормальному закону (рис. 3.1а), вероятность правильного обнаружения:

$$p_{по} = 0,5 \left\{ 1 + \Phi \left[\frac{(U_{пор} - U_{cnp})}{\sigma_{ш}} \right] \right\}$$

а вероятность ложного срабатывания:

$$p_{лф} = 0,5 \left\{ 1 + \Phi \left[\frac{(U_{cnp} - U_{пор})}{\sigma_{ш}} \right] \right\}$$

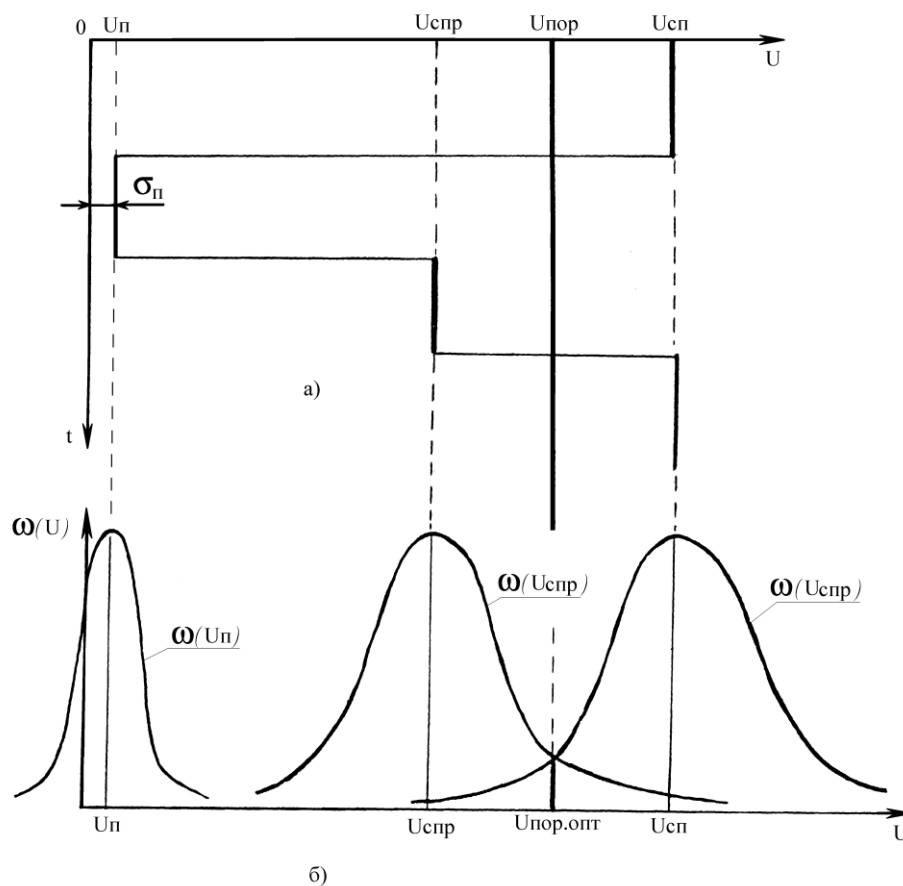


Рис. 3.1 Диаграммы, отражающие процесс обнаружения вагонов РТД-С

Для выбора оптимального напряжения сигнала на входе порогового элемента задают вероятность ложного срабатывания $p_{лф}$, по заданию 0,0001.

Зададим $U_{нор}=1,7$ В и, воспользовавшись табличными значениями $\Phi(z)$ для среднего квадратического значения напряжения шума $\sigma_{ш}=150$ мВ, соответствующего значениям реально эксплуатируемых РТД-С, находим:

$$\beta = \frac{(U_{сп} - U_{нор})}{\sigma_{ш}} = 2,33$$

Отсюда $U_{сп}/\sigma_{ш}=13,66$. Тогда для обеспечения заданной вероятности ложного срабатывания необходимо на входе порогового элемента иметь среднее квадратическое значение $U \cong 13,66 \cdot \sigma_{ш} = 2,05$ В, то есть при свободности контролируемого участка напряжение на выходе усилителя приемника РТД-С должно быть не менее 2,05 В (см. рис. 4.16).

Теперь определим допустимое напряжение сигнала просачивания $U_{спр}$. Для этого берем из задания вероятность правильного обнаружения и определяем в соответствии с табличными значениями $\Phi(z)$ аргумент α , который равен:

$$\alpha = \frac{U_{нор} - U_{спр}}{\sigma_{ш}} = 3,72$$

то есть отношение

$$\frac{U_{спр}}{\sigma_{ш}} = 7,61$$

и тогда:

$$U_{спр} \cong 7,61 \cdot \sigma_{ш} = 1,14 \text{ В}$$

Следовательно, максимальный сигнал просачивания для обеспечения заданной вероятности правильного обнаружения должен иметь значение 1,14В.

Таким образом, при $U_{нор}=1,7$ В напряжения $U_{сп} \geq 2,05$ В и $U_{нор} \leq 1,14$ В для обеспечения заданных вероятностей. Также для обеспечения заданных

вероятностей в одноканальных РТД с каналом прямого сигнала необходимо, чтобы соблюдалось следующее соотношение уровней напряжения на входе порогового элемента:

$$\frac{U_{СП}^{об}}{U_{спр}^{зан}} \geq \frac{2,05}{1,14} \approx 1,8$$

При линейности амплитудной характеристики усилительного тракта в диапазоне принимаемых сигналов такое соотношение напряжений обеспечивается отношением мощностей сигнала на входе приемника:

$$\frac{P_{СП}}{P_{спр}} = (1,8)^2 = 3,24$$

Поскольку $P_{СП} / P_{спр} = S(S - S_{\text{э}})$, то должно соблюдаться условие:

$$\frac{S}{S - S_{\text{э}}} \leq 3,24$$

или иначе:

$$\frac{S_{\text{э}}}{S} \geq 0,7$$

Это условие соответствует тому, что $S_{\text{э}} \geq 70\% S$, то есть экранируемая площадь должна быть не менее 70% от общей площади разрешения. Выполнение данного условия обеспечивается выбором координат размещения антенн приемника и передатчика, а также их соответствующей юстировкой в местах установки.

На основании вышесказанного можно сделать выводы, что факторами, определяющими достоверность обнаружения ТС, являются:

установка датчика в плане;

установка датчика профиле и соответствующая юстировка модулей;

напряжения полезного сигнала на входе приемников и пороговое напряжение обнаружения отцепов.

3.2 Алгоритм расчета характеристик достоверности обнаружения с помощью ЭВМ

Для проведения анализа вероятностных характеристик и выработки методики повышения достоверности обнаружения ТС с помощью РТД-С воспользуемся ЭВМ. Программный пакет РТД-С

Учитывая изложенные факторы и различные варианты исследования расположения модулей датчика в плане и профиле, а также принимая во внимание необходимость контроля одинарных или двойных стрелок составляется алгоритм. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 3.2. Программой, реализующей данный алгоритм является программный пакет “РТД-С”.

Данная программа позволяет моделировать расположение модулей РТД-С в плане и профиле с возможными вариантами установки и юстировки; также производится расчет вероятностей p_{no} и $p_{лф}$ для различных вариантов расположения модулей. Производится расчет и построение зависимостей вероятностных характеристик от основных факторов, влияющих на достоверность обнаружения.

Используя эту программу можно произвести анализ и выбрать вариант повышения достоверности обнаружения по сравнению с заданными вероятностями для наихудших условий работы.

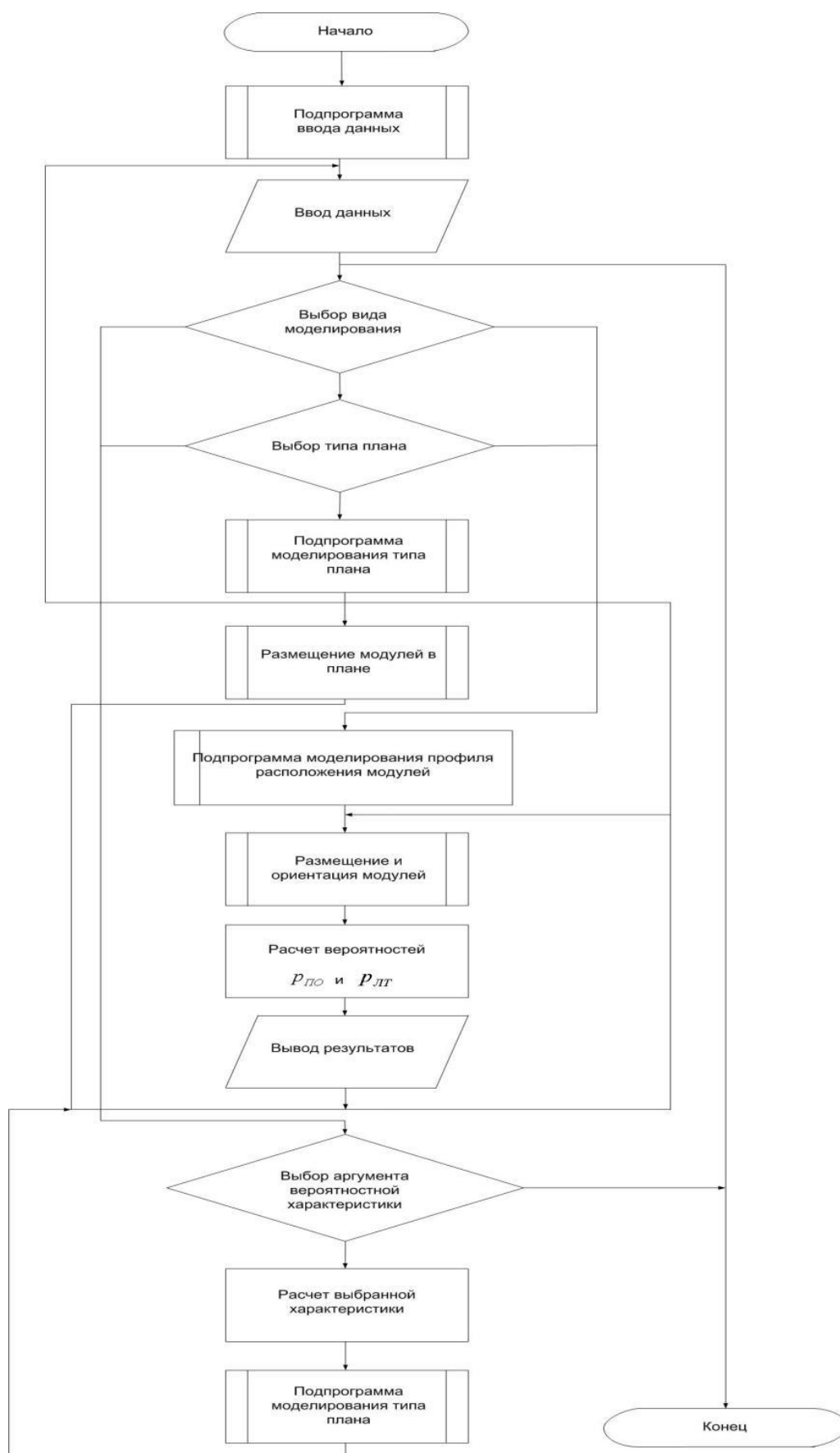


Рис.3.2 БЛОК-СХЕМА алгоритма расчета характеристик достоверности обнаружения

3.3. Оценка достоверности обнаружения с использованием имитационного моделирования (программный пакет РТД-С)

3.3.1. Использование РТД-С для контроля через один путь

3.3.1.1. Размещение крепежных стоек РТД-С в плане

Обнаружение транспортных средств осуществляется на ограниченной площади точечного участка, в пределах строго фиксированной зоны контроля. Поэтому необходимо выбрать такое расположение оборудования в плане, чтобы обеспечить надежное обнаружение расцепления в зоне контроля. Длина контролируемого участка находится из условия:

$$l_k = l_{ny} + l_{cy}$$

По заданию длинна остряков $l_{cy} = 6$ м.

Длина предстрелочного участка:

$$l_{ny} = V_{\max} (t_n + t_{cp})$$

где

V_{\max} - максимальная скорость движения отцепя;

t_n - время перевода стрелки;

t_{cp} - время срабатывания исполнительных элементов схемы.

Время перевода стрелки при применении стрелочного привода СБПГ-4 составляет 0,5-0,6 с.

Время срабатывания исполнительных элементов схемы РТД-С не более 0,1 с.

Максимальная скорость движения отцепя 7,0 - 8,5 м/с.

Находим длину предстрелочного участка :

$$l_{\text{пред}} = 8,5 \cdot (0,6 + 0,1) = 5,95 \text{ м}$$

Отсюда длина зоны контроля:

$$l_k = 6 + 6 = 12 \text{ м}$$

Основными определяющими факторами размещения датчика в КЗ являются:

Расстояние от оси пути до оси стойки на не должно превышать

максимальных габаритов подвижных единиц, и так же зависит от конструкции крепления модулей и высоты стойки. Габариты установки стоек приведены в табл. 3.1.

Следить за заполняемостью необходимо с момента входа первой колесной пары прицепа в изоляционный шовРЦ. Занятость необходимо контролировать до положения точки входа первой оси последней тележки прицепа (колесной пары), так как это крайнее положение прицепа на точечном сегменте гарантирует, что острие не может двигаться под прицепом.

Таблица 3.1

Габариты установки крепежных стоек

Вид устройства	Расстояние от оси пути до оси стойки (мм)	Минимальное междупутье (мм)
РТД-С	2870	5740
РТД-СМ	2720	5440
РТД-С-У	2340	4680
РТД-СМ-У	2190	4380

Кроме того, при установке багажника следует учитывать, что кузов автомобиля подвешен к оси крайней колесной пары на 2,3 метра, ширина кузова автомобиля составляет 3,3 метра, а ширина погрузочной площадки конвейер всего 2,5 метра. Расстояние по прямой между передними кромками передающего и приемного модулей не должно превышать 10 метров.

Исходя из этих соображений, кронштейн ППД был установлен в начале разъездного участка РК, чтобы при входе первой пары колес прицепа в изолирующий стык РК, прицеп начинал входить в зону работы РТД-Ц.

Стойка с ДМС устанавливается по диагонали от ДМС с другой стороны пути к зоне шпунта таким образом, чтобы зона контроля прекращалась только после входа последней колесной пары в зону шпунта, но не включала зону шпунта. следующая колесная пара после точки. Вариант расположения стоек РТД-С в плане показан на рис. 3.3.

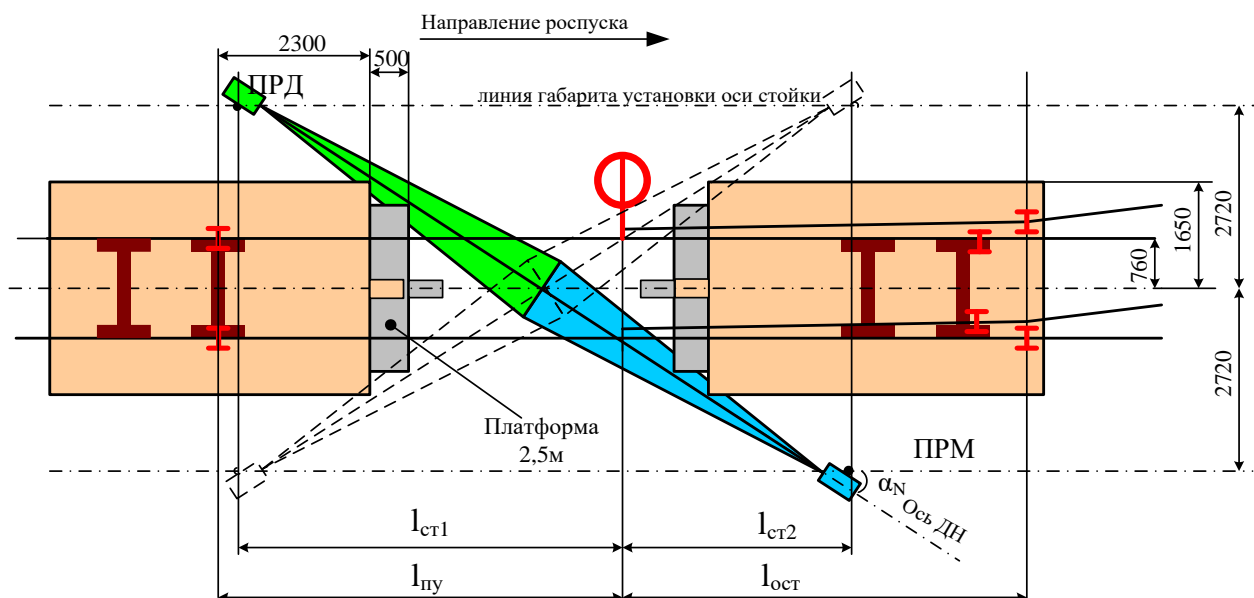


Рис. 3.3 Размещение РТД-С в плане

Как видно из рисунка, для платформы, шириной 2,5 м создаются наихудшие условия начала обнаружения, т.е. при въезде в КЗ она будет обнаружена на 0,5 м позже, чем вагон шириной 3,3 м. Ввиду того, что скорость роспуска очень редко достигает максимального значения 8,5м/с, данный вариант следует принять типовым.

Очевидно, что при размещении модулей РТД-С на предельной дальности зона обнаружения датчиком меньше 12 м. Однако, при расположении датчика, показанном на рис. 4.3, когда отцеп выйдет из зоны обнаружения, последняя тележка отцепа будет находиться в конце зоны остряков стрелки, при этом перевод стрелки будет исключен.

Размеры привязки устройства к началу остряков приведены в табл. 3.2.

Принятые обозначения:

$l_{пу}$ — длина предстрелочного участка;

$l_{ост}$ — длина остряков;

$l_{см1}$ — координата установки ПРД (от начала остряков);

$l_{см2}$ — координата установки ПРМ (от начала остряков);

$l_{габ}$ — максимальная линия габарита

Таблица 3.2

Таблица размеров привязки устройства на одиночной стрелке.

Ширина ТС, м	$l_{габ},$ мм	$l_{см1},$ мм	$l_{см2},$ мм	$l_{ост},$ мм	$l_{пу},$ мм
3,3	2720	5600	3100	6000	6000
2,5	2720	6100	2600	6000	6000

3.1.1.2. Размещение модулей в вертикальной плоскости

Размещение модулей РТД-С в профилях также имеет определенные ограничения, и приводятся некоторые меры предосторожности для выбора наилучшей установки и расположения.

Передачик и приемник размещены на одной полке, высота которой не превышает 1,7 метра.

Для установки и выравнивания модуля РТД-С в профиле необходимо учитывать следующие размеры ТС.

Высота хребта каретки 1 метр.

Высота погрузочной площадки конвейера 0,8 метра.

Низ опорной балки конвейера 0,5 м.

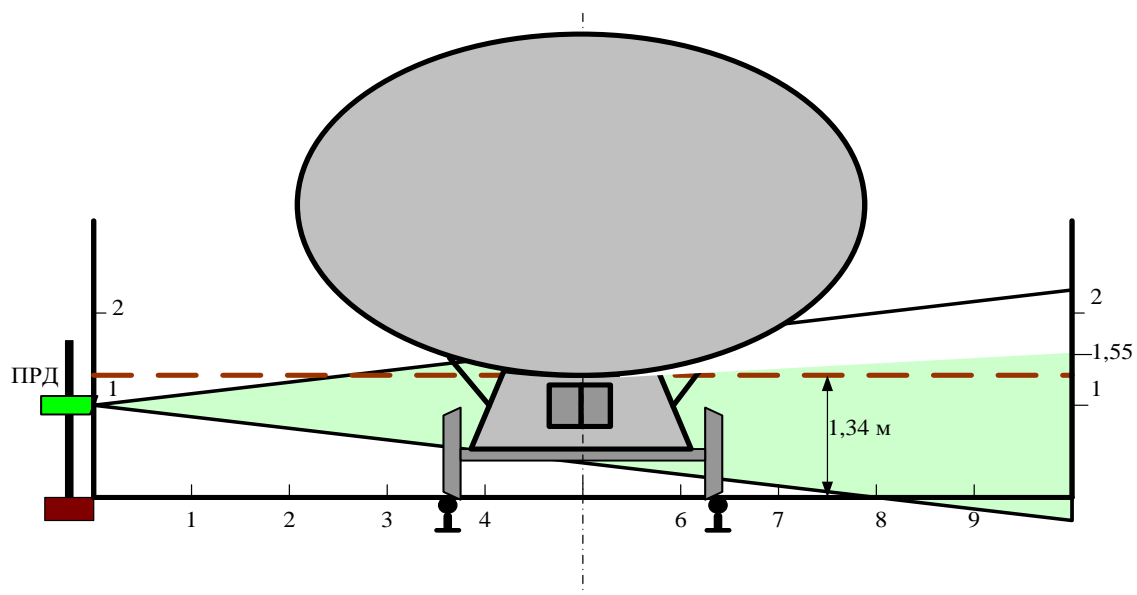
Нижняя часть восьмиосного танкерного котла составляет 1,34 метра.

Один передачик установлен на стойке RPM, а два приемника установлены на стойке RPM.

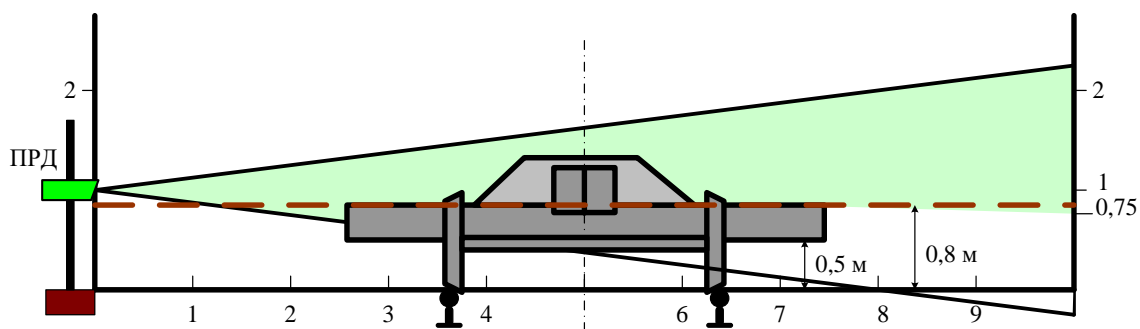
Необходимо установить два модуля ПРМ, т. к. один модуль не может в равной степени определить автомобиль малой мощности (транспортёр) и автомобиль большой мощности (восьмиосный автоцистерна).

Для ориентировочной установки модулей воспользуемся рис. 4.4, и рассмотрим способность вагонов различных типов к экранированию сигнала передатчика, расположенного на высоте 1 м.

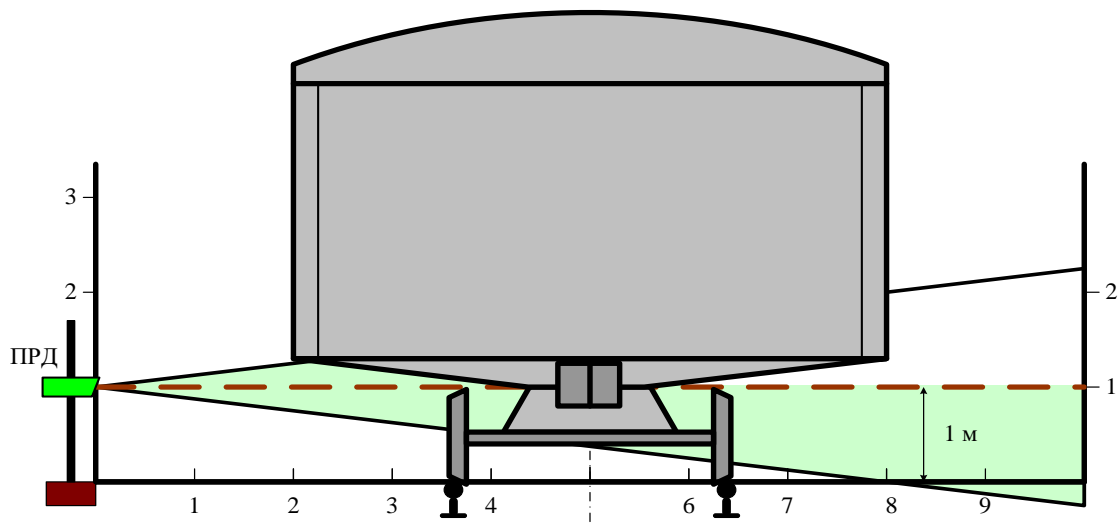
Экранирование сигнала ПРД



а) цистерной



б) платформой



в) базовым вагоном

Рис. 3.4

Становится очевидным, что для обнаружения вагона, приемник должен быть установлен в экранируемой зоне, т.е :

для обнаружения восьмиосной цистерны приемник должен быть

установлен не ниже 1,50 м;

для обнаружения платформы - транспортера приемник должен быть установлен не выше 0,75 м;

для обнаружения базового вагона приемник должен быть установлен не ниже 1 м.

Однако, учитывая характеристики направленности антенн РТД-С, при различной юстировке модулей ПРМ и ПРД, экранируемая зона будет отличаться от той, что показана на рис.

На основании этих соображений ориентировочно модули устанавливаются на следующих высотах:

передатчик 1 м;

основной приемник..... 0,5 м;

дополнительный приемник..... 1,5 м.

Для получения окончательных параметров установки и юстировки модулей используем ЭВМ и проведем имитационное моделирование с помощью программного пакета « РТД-С ».

Начальные исходные данные для моделирования принимаются, исходя из задания, паспортных данных на датчик и других факторов.

Исходные данные: $U_{с+п} = 2,05 \text{ В};$

$U_{пом} = 0,15 \text{ В};$

$U_{пор} = 1,70 \text{ В}.$

После ввода исходных данных необходимо разместить датчик в плане с учетом требований, изложенных в п. 3.3.1.1 и представленных на рис. 3.3.

Далее, после размещения датчика в плане, производим установку и юстировку датчика в профиле (рис. 3.5, 3.6).

Установка ПРМ 1

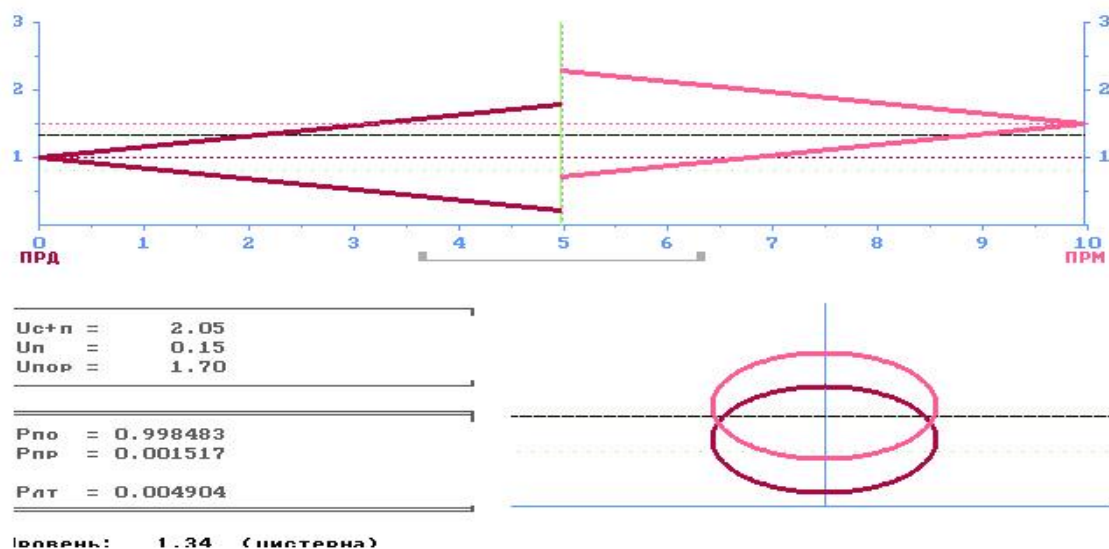


Рис. 3.5

Установка ПРМ 2

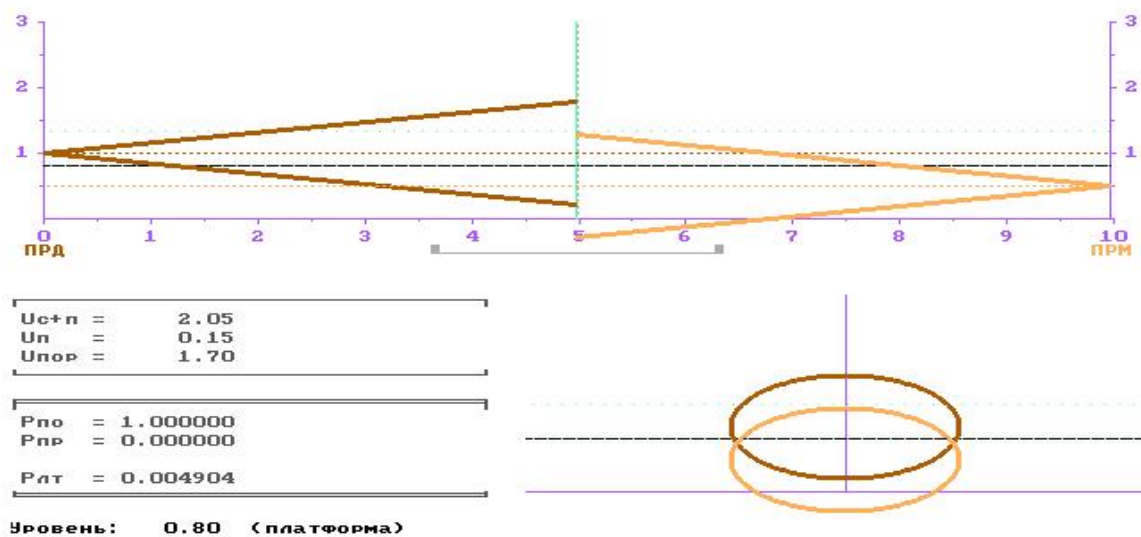


Рис. 3.6

Полученная вероятность обнаружения цистерны ($p_{no}=0,998483$) не удовлетворяет заданию. На этом основании необходимо проанализировать зависимости вероятностных функций от установки и юстировки модулей для повышения вероятности правильного обнаружения путем выбора оптимальных высот установки и прицеливания модулей. Производим расчет и построение на ЭВМ. Полученные зависимости приведены на рис. 3.7 - 3.10.

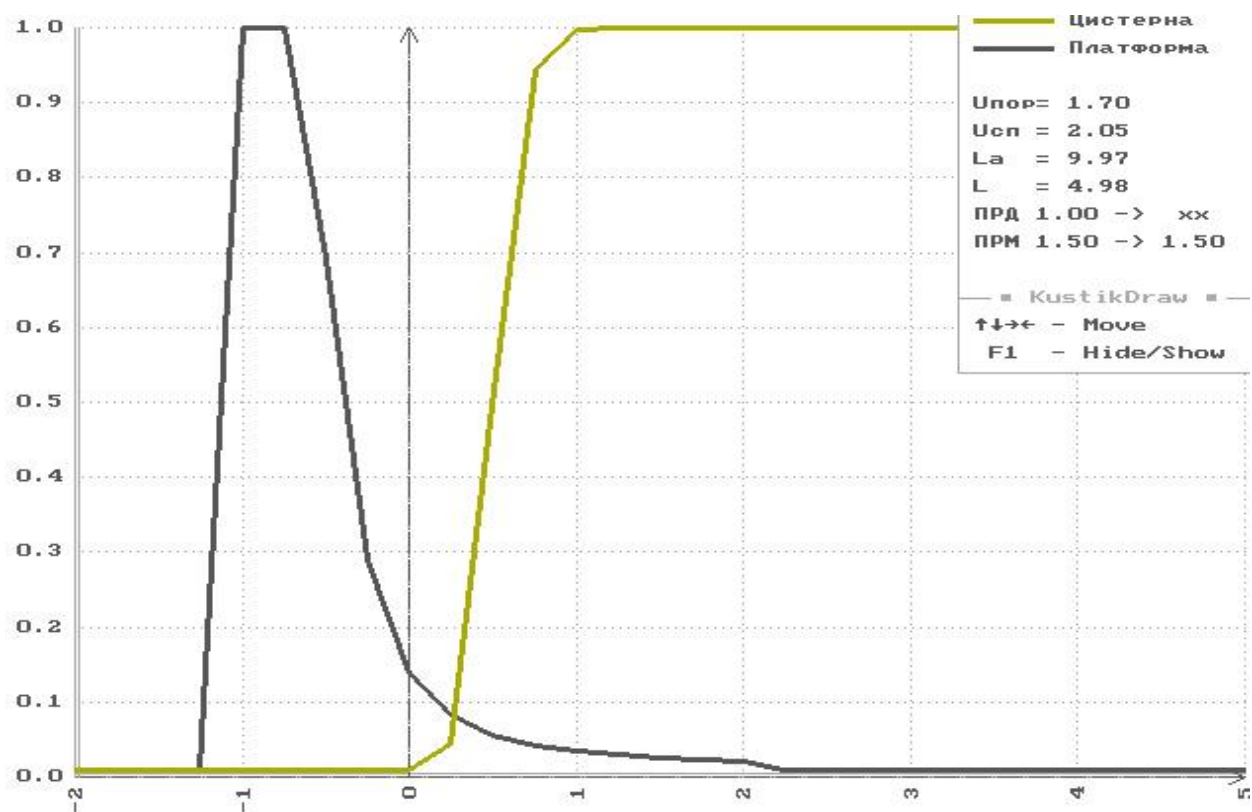


Рис. 3.7 Зависимость Рпо от юстировки ПРД (для ПРМ 1)

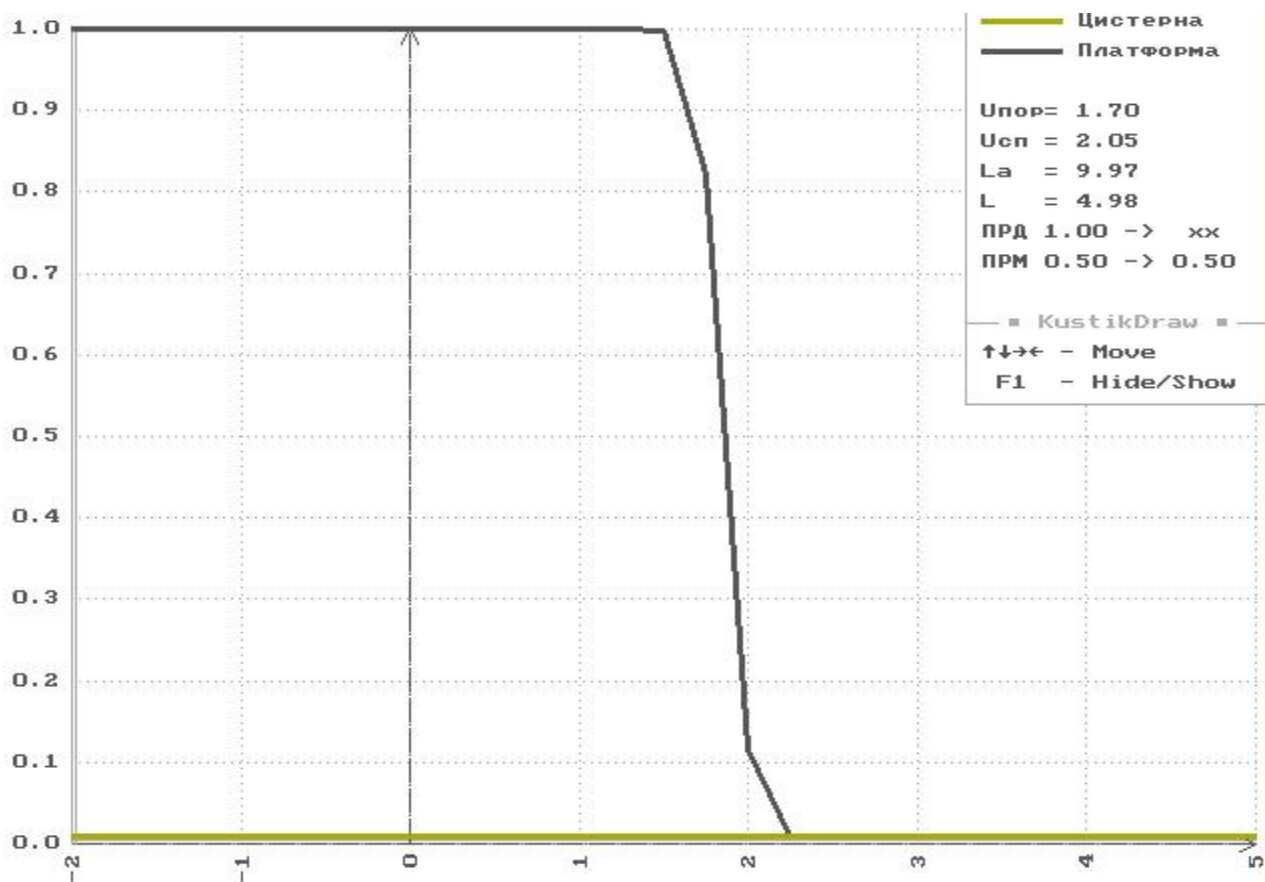


Рис. 3.8 Зависимость Рпо от юстировки ПРД (для ПРМ 2)

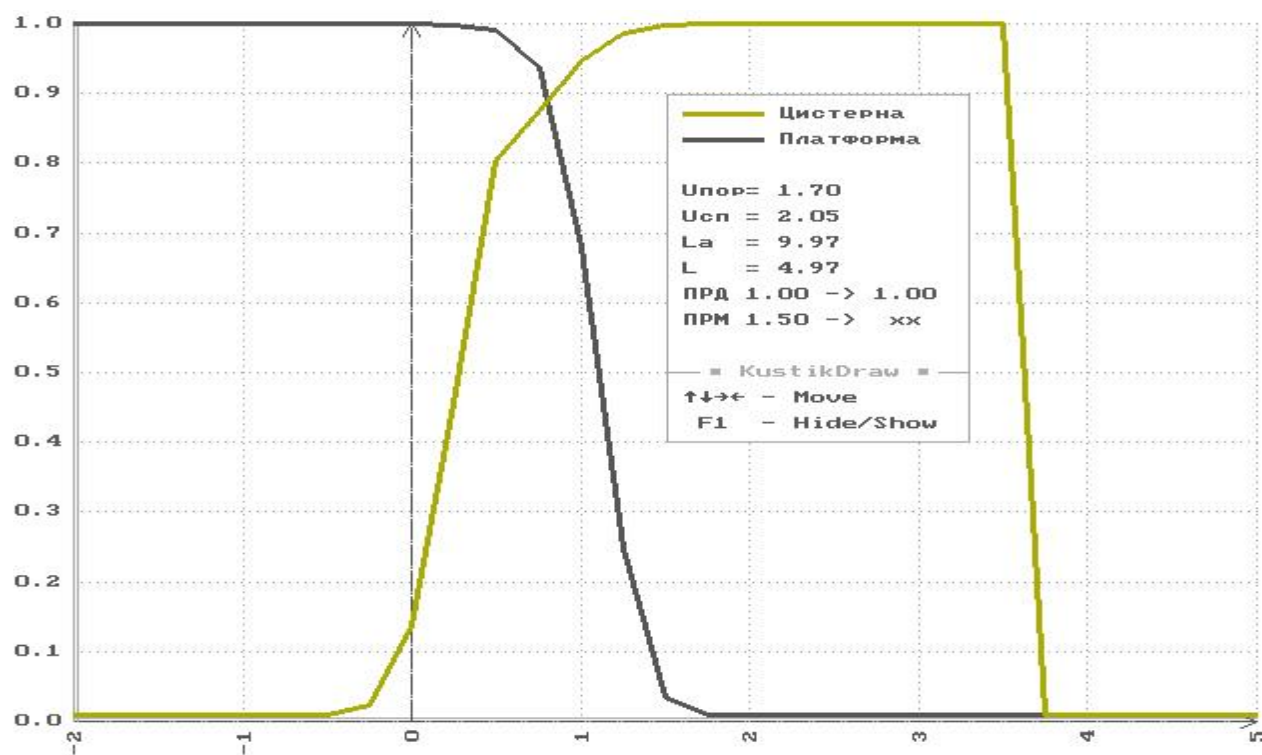


Рис. 3.9 Зависимость Рпо от юстировки ПРМ 1

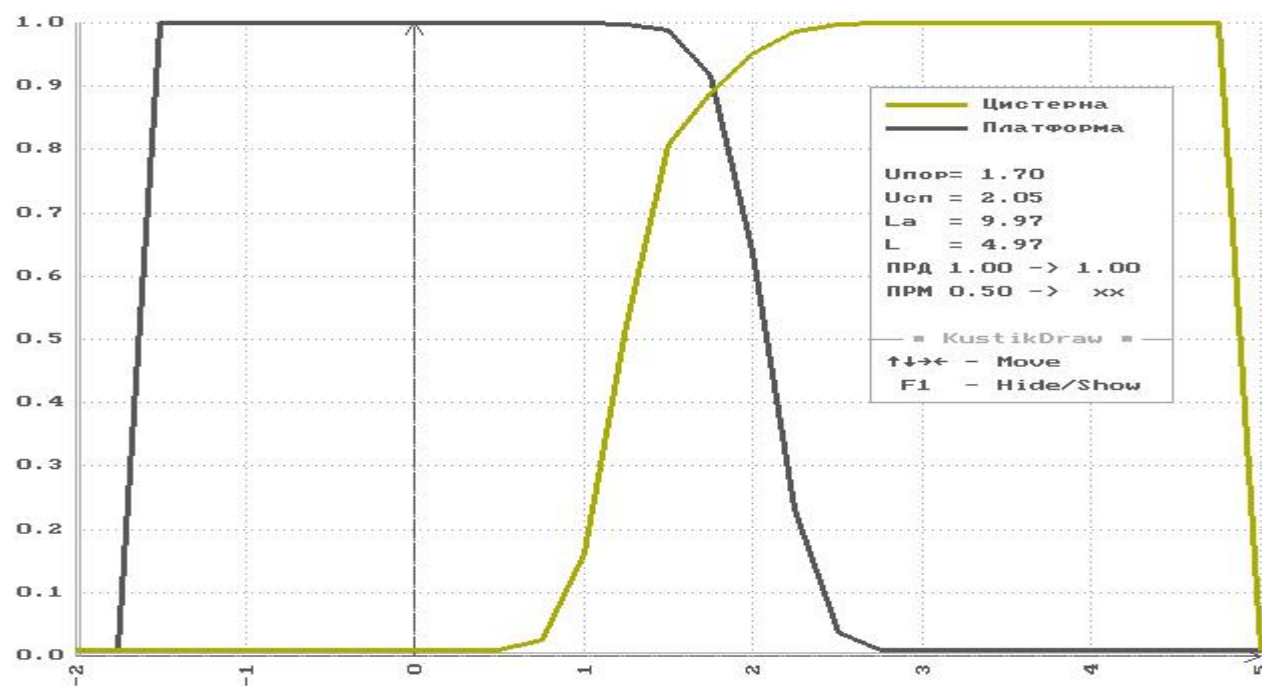


Рис. 3.10 Зависимость Рпо от юстировки ПРМ 2

С учетом полученных функций, путем имитационного моделирования обнаружения, получены следующие параметры высот подвески и прицеливания модулей:

высота подвески передатчика – 1000мм ($H = 1000\text{мм}$);

высота прицеливания передатчика – 1500мм ($h=1500\text{мм}$);

высота подвески приемника 1 – 1500мм ($H = 1500\text{мм}$);

высота прицеливания приемника 1 – 1700 мм ($h = 1700\text{мм}$);

высота подвески приемника 2 – 500мм ($H = 500\text{мм}$);

высота прицеливания приемника 2 – 0 мм ($h = 0\text{мм}$).

Путем имитационного моделирования обнаружения добились следующих результатов:

Приемник 1 обнаруживает цистерну, а так же, базовый вагон с необходимой достоверностью. При этом $R_{пр} = 0,000000$; $R_{лт} = 0,004904$ (рис. 3.11, 3.12).

Приемник 2 обнаруживает платформу с необходимой достоверностью. При этом $R_{пр} = 0,000000$; $R_{лт} = 0,004904$ (рис. 3.13).

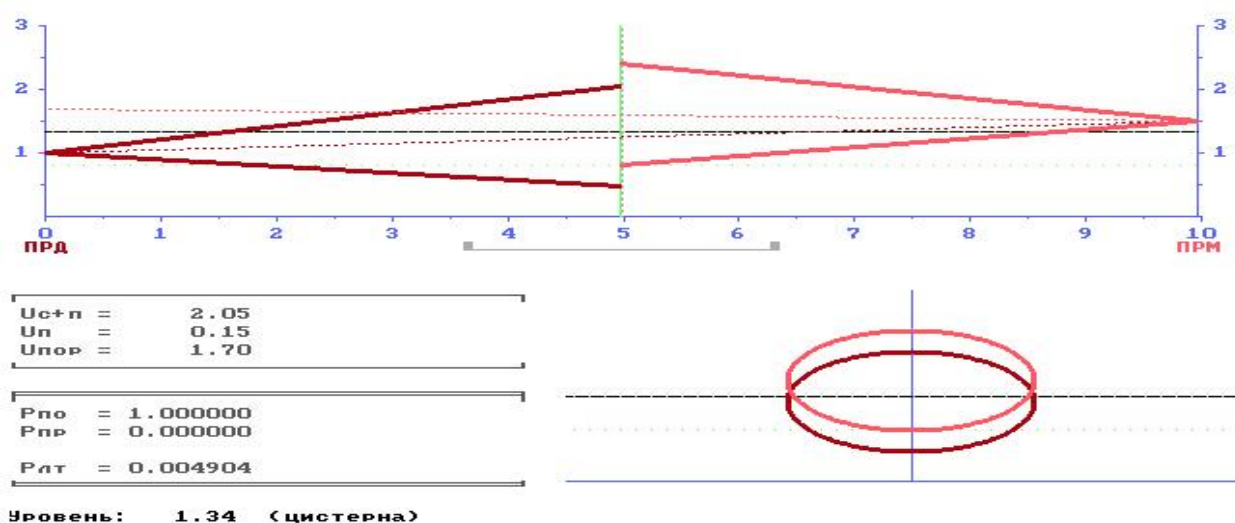


Рис. 3.11 Оптимальная установка ПРД и ПРМ 1
(обнаружение цистерны)

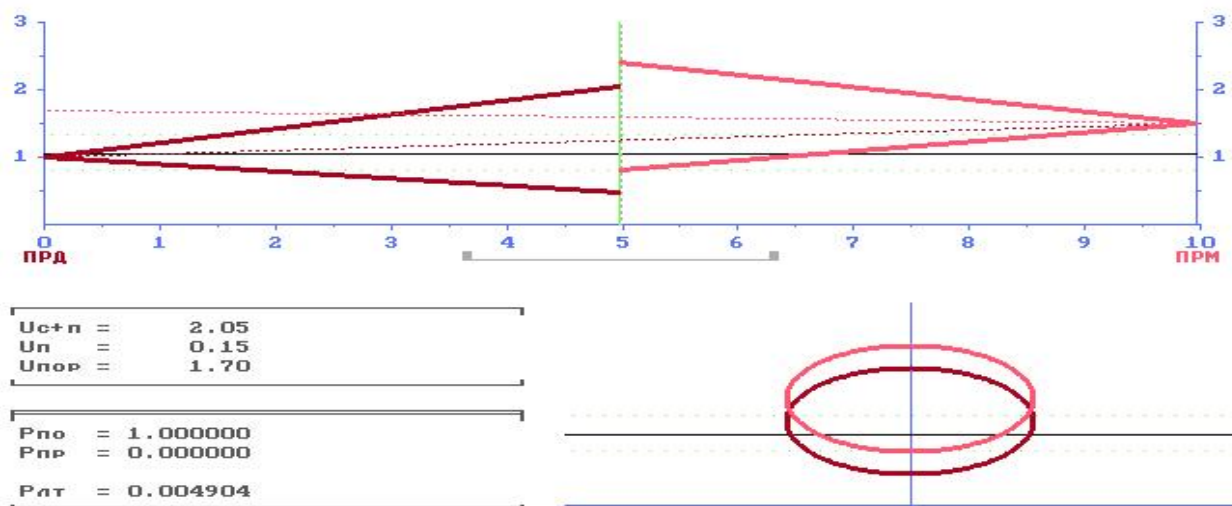


Рис. 3.12 Оптимальная установка ПРД и ПРМ 1
(обнаружение базового вагона)

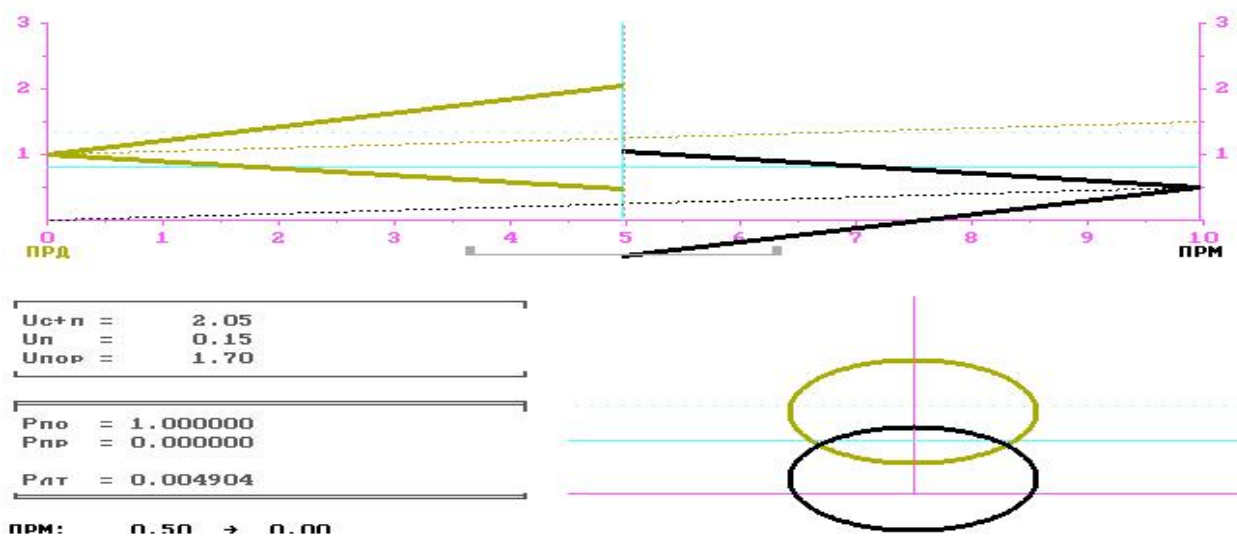


Рис. 3.13 Оптимальная установка ПРД и ПРМ 1
(обнаружение платформы)

Для дальнейшего повышения достоверности обнаружения путем снижения вероятности ложной тревоги ниже полученного значения, необходимо проанализировать возможности изменения напряжения порога срабатывания порогового устройства, и напряжения полезного сигнала с помеховой составляющей.

На рис. 3.14, 3.15 представлены зависимости $P_{по}$ от $U_{с+п}$ соответственно для ПРМ 1 и ПРМ 2, а на рис. 4.16, 4.17 зависимости $P_{по}$ от $U_{пор}$ так же для

ПРМ 1 и ПРМ 2.

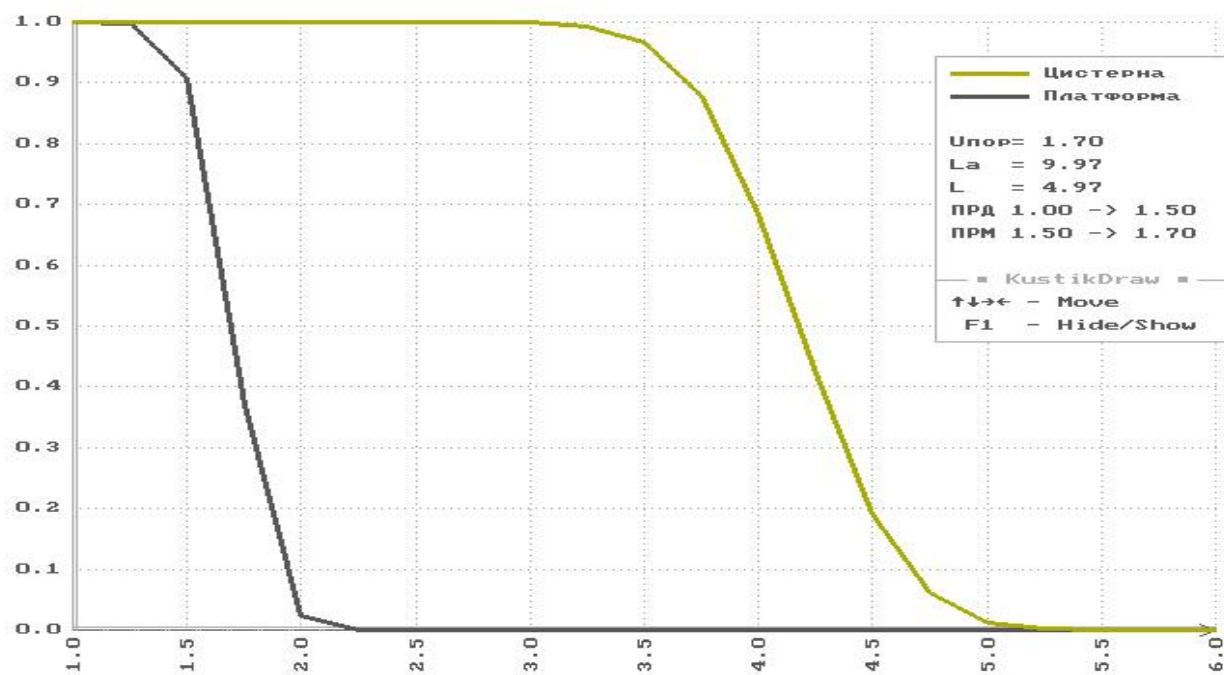


Рис. 3.14 Зависимость Рпо от Ус+п (ПРМ 1)

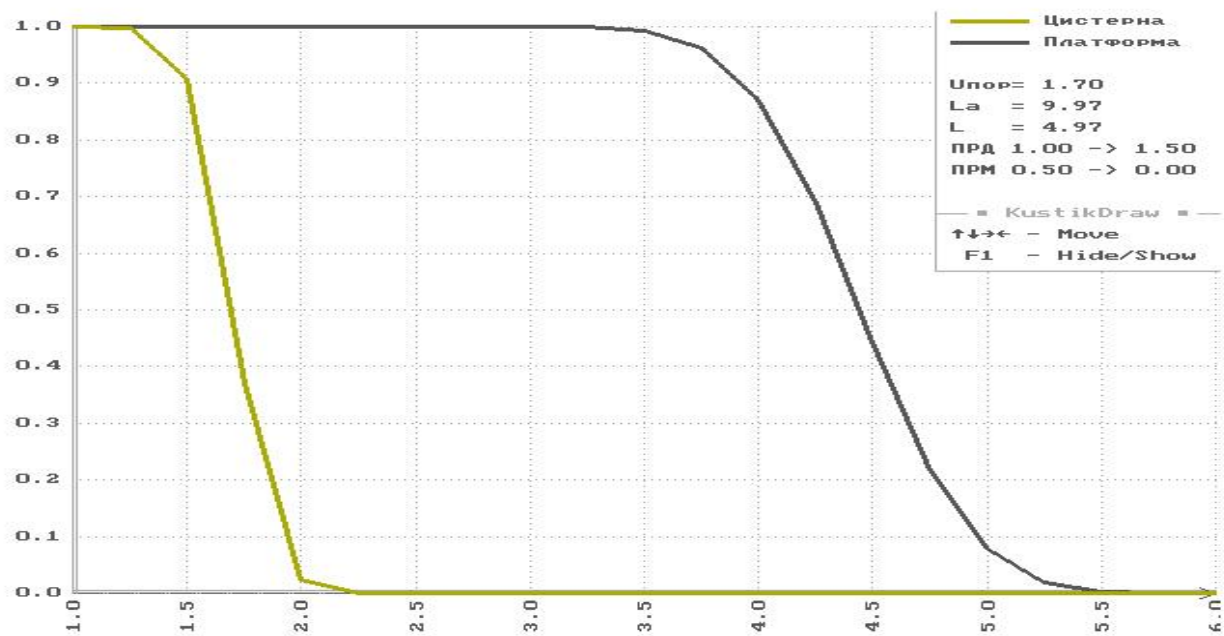


Рис. 3.15 Зависимость Рпо от Ус+п(ПРМ 2)

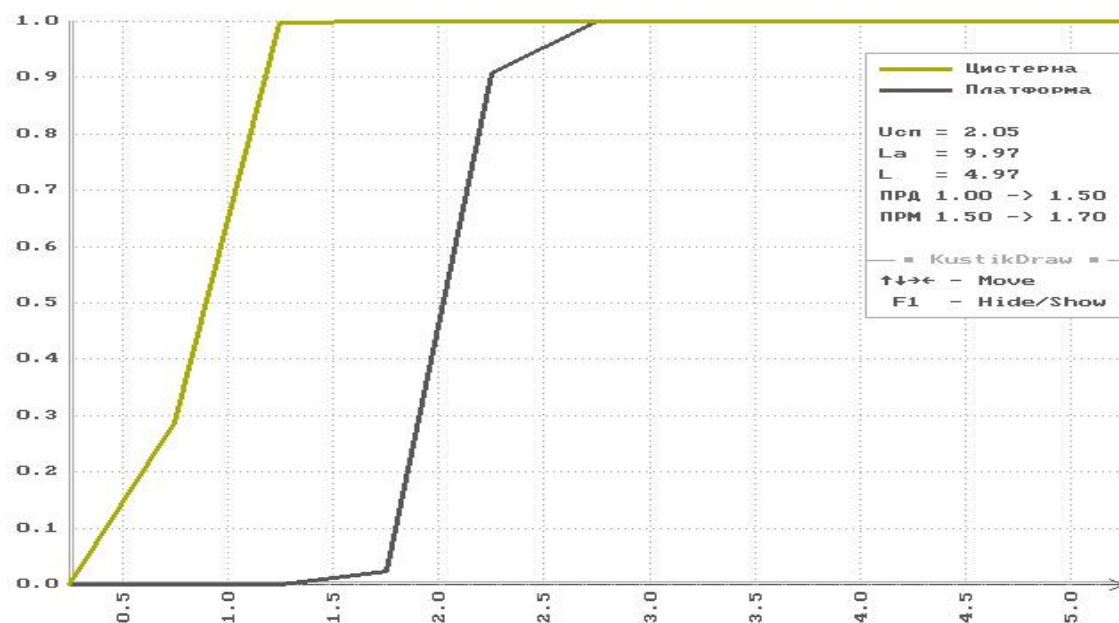


Рис. 3.16 Зависимость $R_{по}$ от $U_{пор}$ (ПРМ 1)

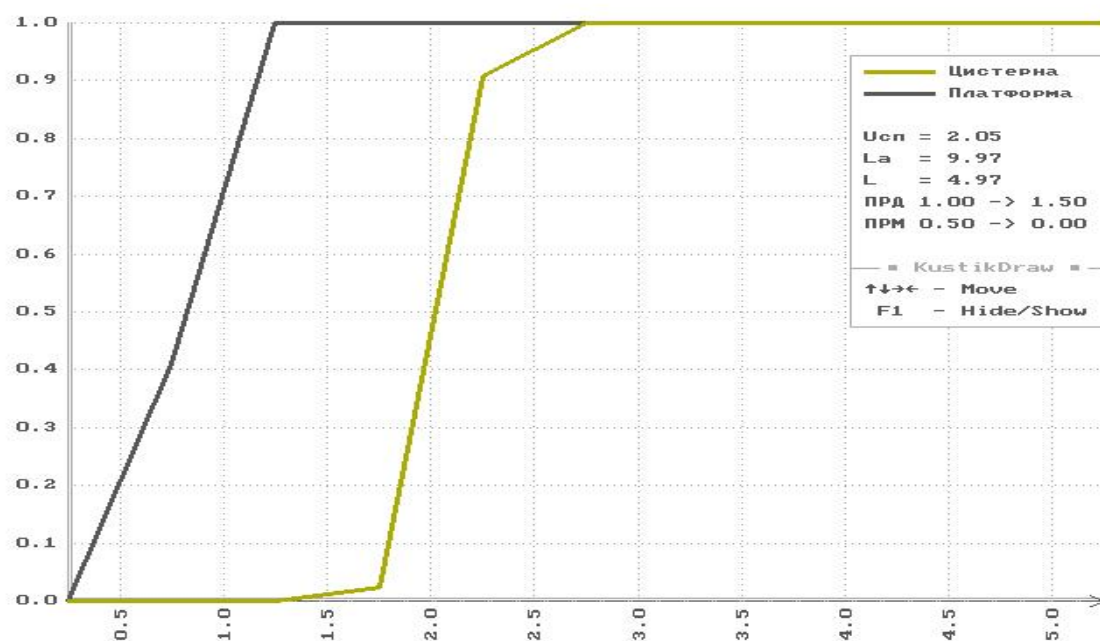


Рис. 3.17 Зависимость $R_{по}$ от $U_{пор}$ (ПРМ 2)

Проанализировав данные зависимости и на основании вышеупомянутых исследований можно сделать вывод, что напряжение порога необходимо оставить на прежнем уровне, а именно, равным 1,7 В, а напряжение сигнала, смешанного с помехой повысить до 2,38 В. Это позволяет обеспечивать высокую достоверность правильного обнаружения и существенно снизить вероятность ложной тревоги, что хорошо подтверждается результатами

моделирования, приведенными на рис. 3.18- 3.20.

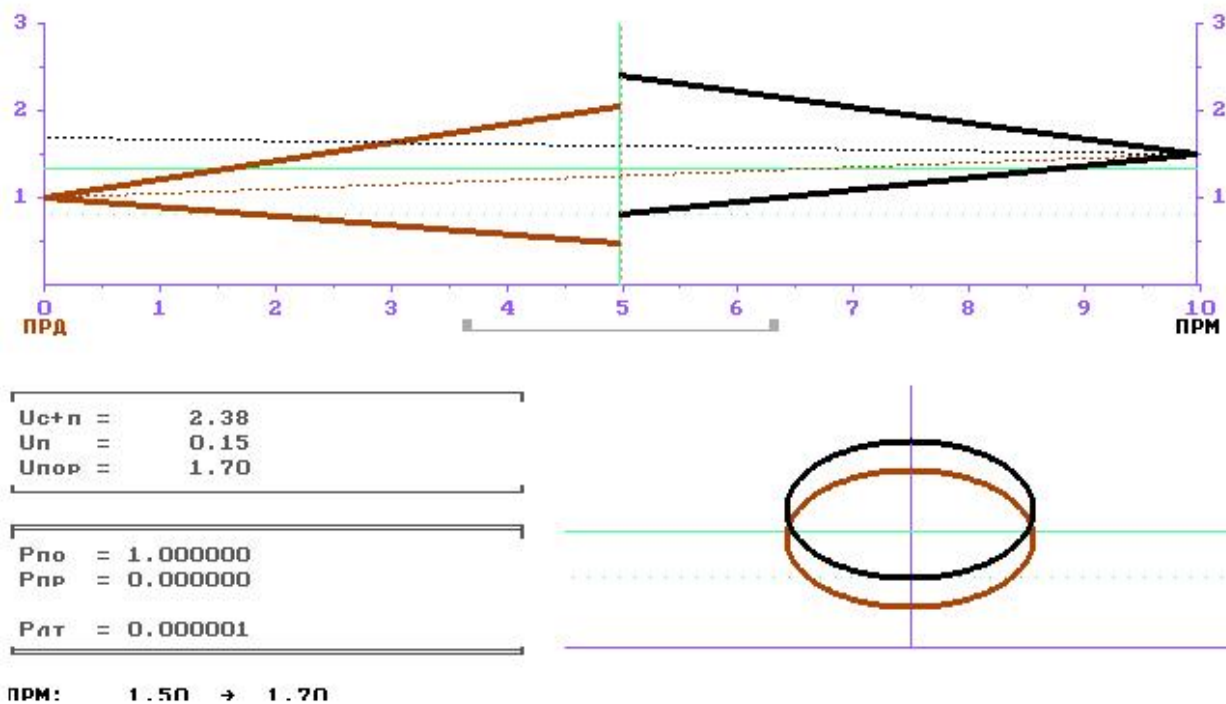


Рис. 3.18 Окончательное размещение ПРМ 1 в профиле
(обнаружение цистерны)

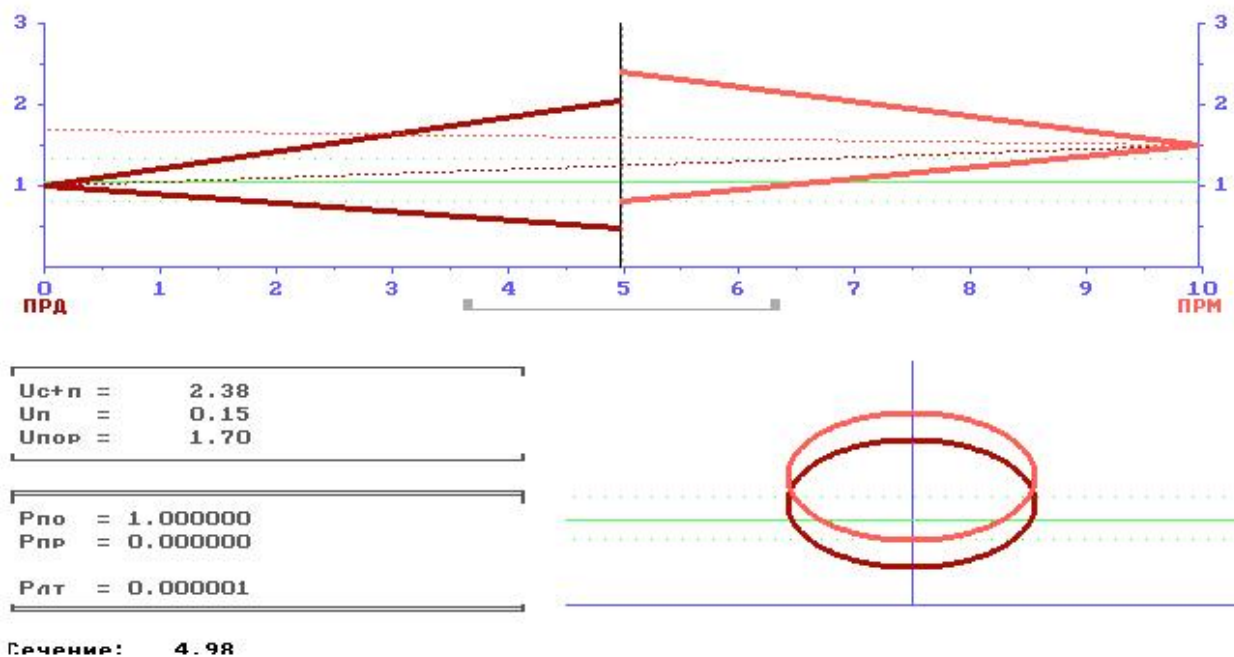


Рис. 3.19. Окончательное размещение ПРМ 1 в профиле
(обнаружение базового вагона)

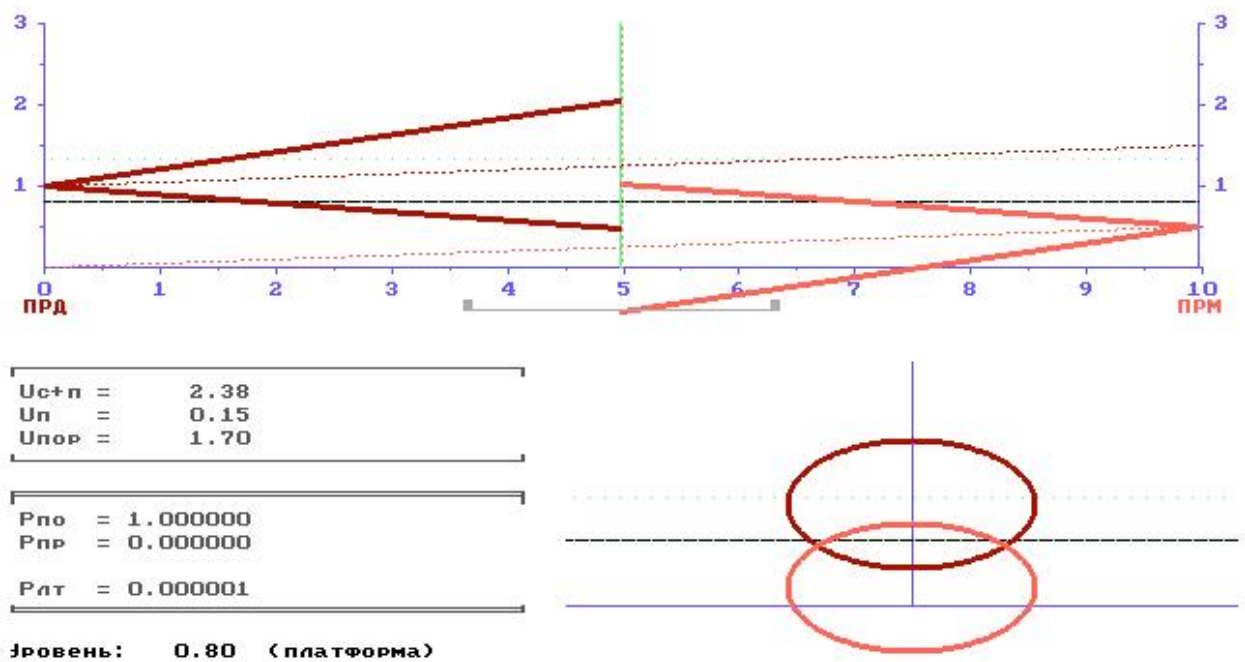


Рис. 3.20. Окончательное размещение ПРМ 1 в профиле
 (обнаружение платформы)

В качестве подтверждения полученных параметров установки и юстировки приведем зависимость $R_{по}$ от поперечного сечения диаграмм направленности для обоих приемников (рис. 4.21, 4.22). Из графиков видно, что уже по оси пути обеспечивается высокая достоверность обнаружения всех типов вагонов.

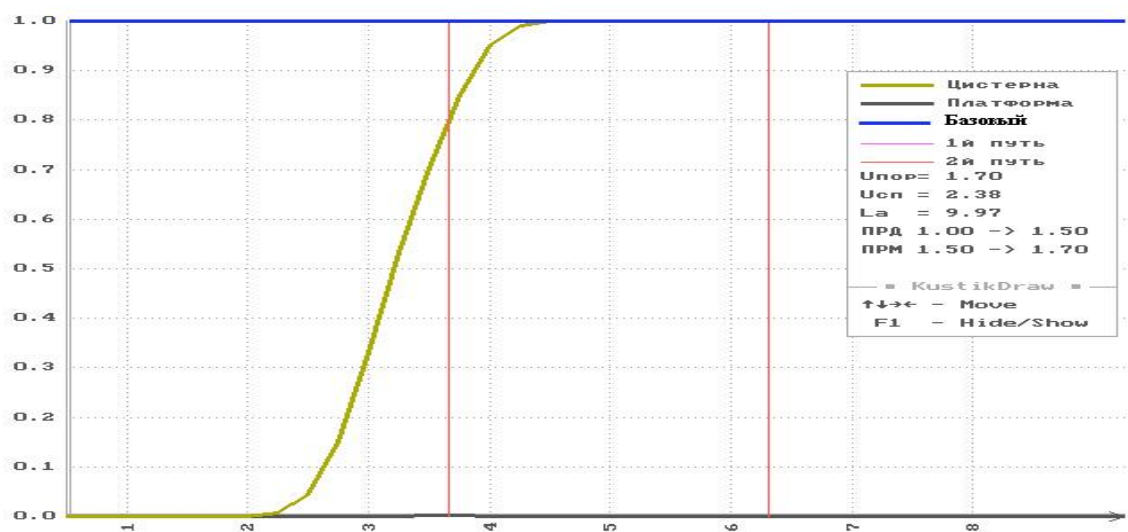


Рис. 3.21 Зависимость $R_{по}$ от сечения (ПРМ 1)

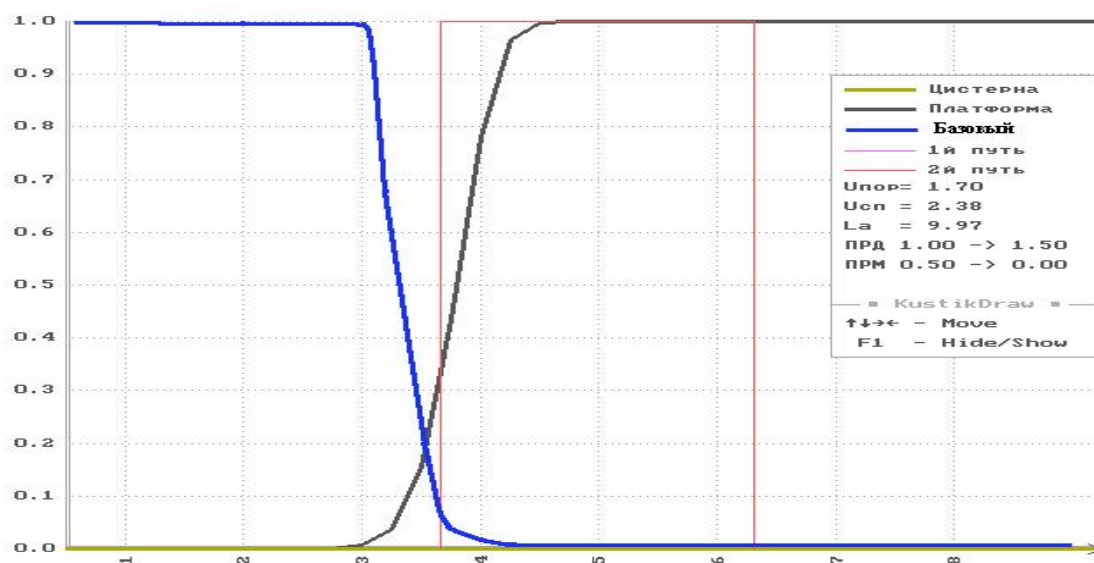


Рис. 3.22 Зависимость Рпо от сечения (ПРМ 2)

Данный вариант размещения и юстировки модулей РТД-С для контроля стрелки через один путь прием окончательным, так как он удовлетворяет поставленным требованиям и позволяет добиться следующих результатов:

вероятность достоверного обнаружения всех типов вагонов равна 1,000000;

вероятность ложного срабатывания так же для всех типов вагонов равна 0,000001.

Окончательные размеры установки и юстировки модулей на стойках приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3.

Размеры установки и юстировки модулей РТД-С на стойках

Выбор подвеса модулей, мм Н			Юстировка модулей, мм h		
ПРД	ПРМ 1	ПРМ 2	ПРД	ПРМ 1	ПРМ 2
1000	1500	500	1500	1700	0

3.4. Использование РТД-С для контроля через два пути

3.4.1. Размещение крепежных стоек РТД-С в плане

В ряде случаев, условия габарита приближения не позволяют расположить стойки с модулями РТД-С так как это показано выше.

В таких случаях приходится размещать крепежные стойки по разные стороны двух путей, что приводит к уменьшению КЗ каждой стрелки по причине увеличения разноса модулей относительно оси пути, а так же приводит к ряду других проблем. На рис. 3.23 приведен вариант размещения в плане одного комплекта РТД-С (один передающий и два приемных модуля) для контроля двух стрелок.

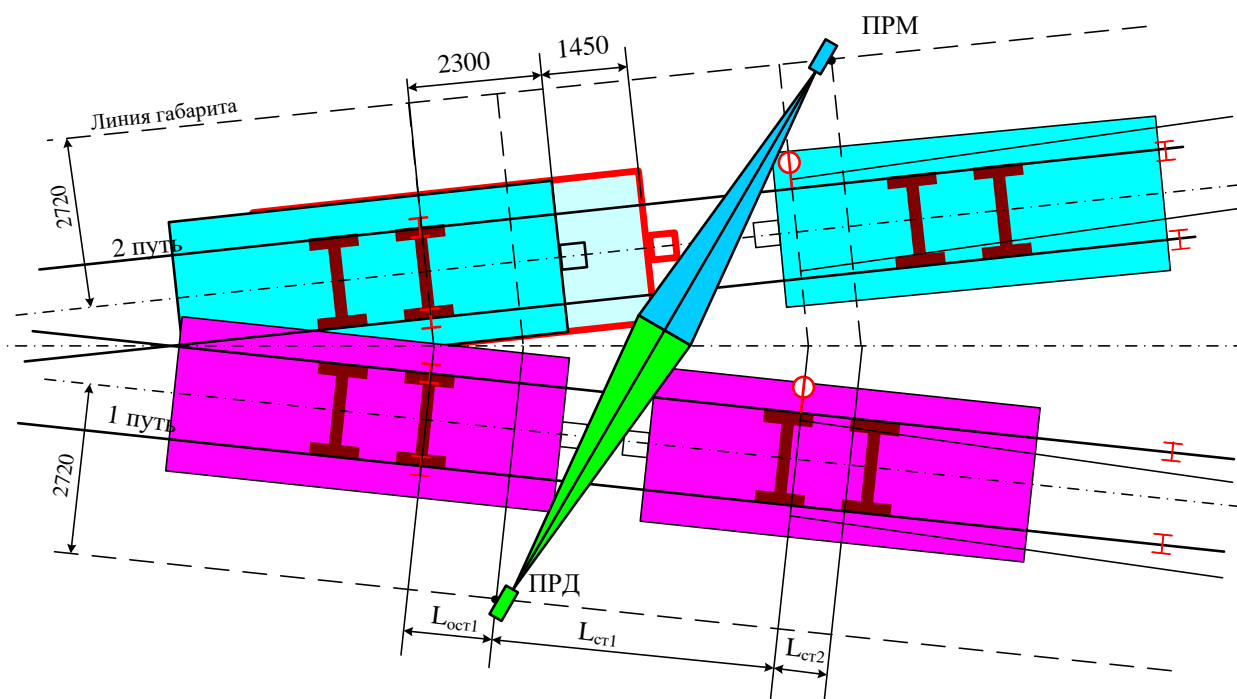


Рис.3.23 Размещение в плане одного комплекта РТД-С (вариант 1)

Анализируя данный вариант, можно сделать выводы:

На первом пути занятость участка не контролируется с момента вступления первой колесной пары отцепа на изолирующие стыки РЦ.

На первом пути контроль участка прекращается, когда первая ось последней тележки (колесной пары) отцепа находится в месте расположения остяков стрелки, чем гарантируется невозможность перевода стрелки под отцепом.

На втором пути занятость участка контролируется с момента

вступления первой колесной пары отцепа на изолирующие стыки РЦ.

На втором пути контроль участка прекращается, когда первая ось последней тележки (колесной пары) отцепа находится в месте расположения остяков стрелки, чем гарантируется невозможность перевода стрелки под отцепом.

Как видно, основным недостатком такой схемы размещения является то, что на первом пути датчик обнаружит отцеп, только через 1,5 м после того, как тот уже будет находиться на предстрелочном участке. Это может привести к тому, что перевод стрелки может быть осуществлен не полностью, и произойдет сход отцепа. Смещение обеих стоек в сторону, противоположную направлению роспуска (рис. 3.24) так же не позволяет осуществлять контроль двух стрелок. При этом на первом пути занятость участка теперь контролируется с момента вступления первой колесной пары отцепа на изолирующие стыки РЦ, а на втором пути отцеп будет обнаружен уже тогда, когда его первая колесная пара еще не достигла изолирующих стыков РЦ. На выходе из КЗ на втором пути контроль будет продолжаться до момента, когда последняя колесная пара отцепа вступит на остяки стрелки, а вот на первом пути отцеп выедет из КЗ когда последняя колесная пара отцепа еще не вступила на остяки стрелки.

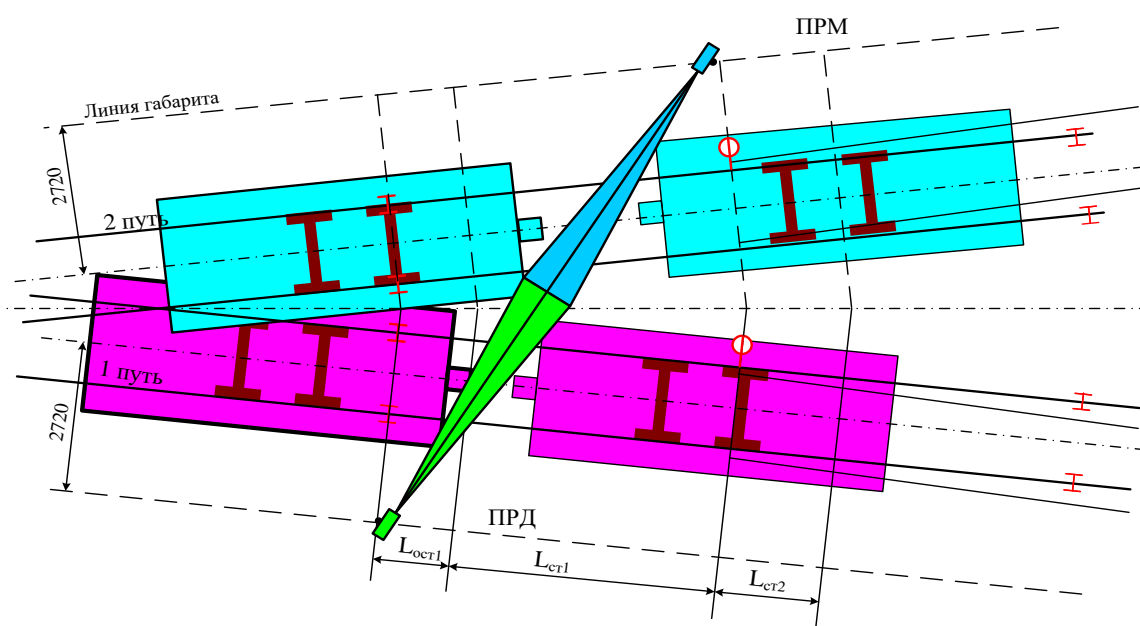


Рис. 3.24 Размещение в плане одного комплекта РТД-С (вариант 2)

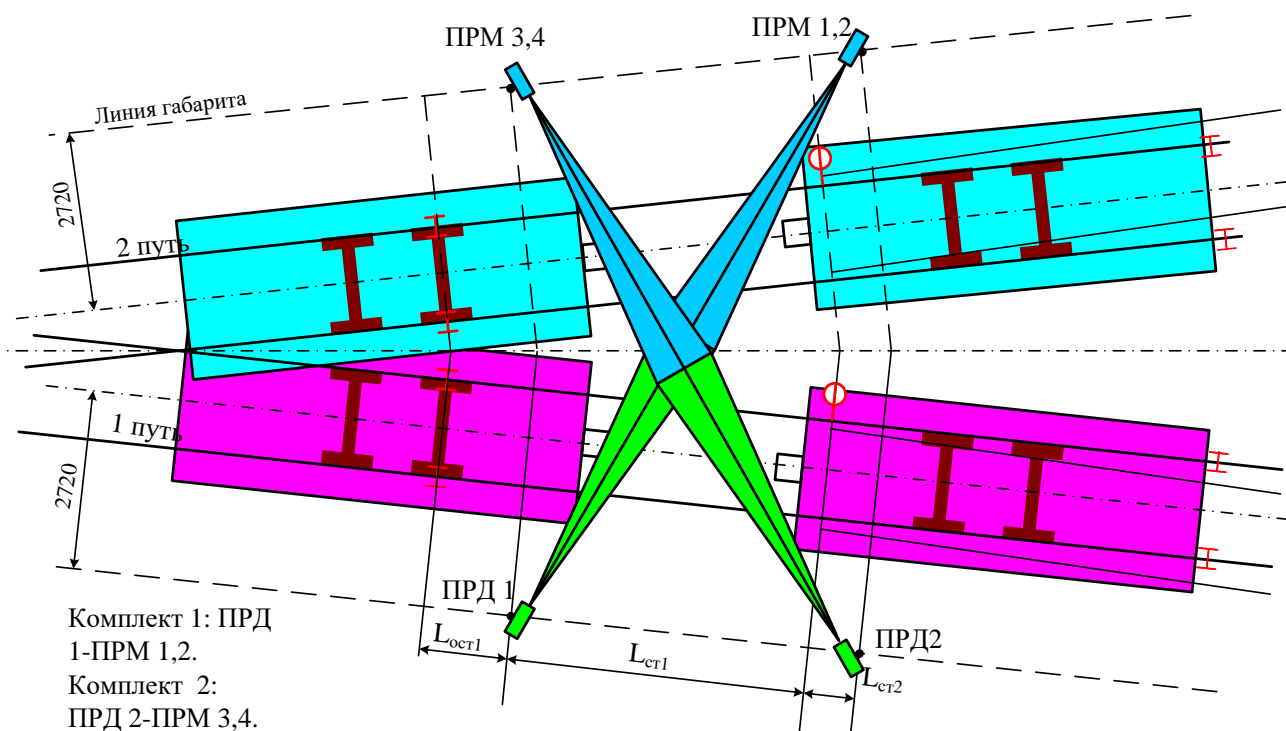


Рис. 3.25 Размещение в плане одного комплекта РТД-С (вариант3)

Для повышения достоверности обнаружения, а так же для увеличения КЗ при контроле двух стрелок, необходимо использование не одного, а двух комплектов РТД-С.

Рассмотрим несколько таких вариантов расположения РТД-С в плане.

На рис 3.25 представлен вариант размещения в плане двух комплектов РТД-С для контроля двух симметричных стрелок. Такая компоновка обеспечивает как можно большее расстояние между каждым набором стоек, что обеспечивает максимальную длину зоны наблюдения и наилучшие условия для надежного обнаружения мобильных объектов. Первая группа контролирует выход беглецов на первую орбиту и выход со второй орбиты, а вторая группа контролирует выход беглецов на вторую орбиту и выход с первой орбиты. Стоит отметить, что во избежание регистрации приемником отраженных сигналов от другого набора передатчиков, приемник должен быть установлен с одной стороны трека, а передатчик – с другой.

На рис 3.26 представлен другой вариант размещения в плане двух

комплектов РТД-С для контроля двух симметричных стрелок. Здесь оба комплекта устанавливаются перпендикулярно оси симметрии двух путей. При такой схеме размещения первый комплект начинает обнаружение отцепа с момента вступления первой его колесной пары на изолирующие стыки РЦ одного из путей, а второй комплект прекращает обнаружение отцепа при выезде его из зоны остряков. Так как расстояние между двумя комплектами не превышает 6 м, а это меньше чем длина любого типа вагонов, то пропуск вагона, оказавшегося между двумя комплектами РТД-С, не возможен.

Основным недостатком данной схемы расположения является то, что ось диаграммы направленности находится почти под прямым углом к оси пути, из-за чего способность вагона к экранированию сигнала передатчика снижается, особенно в местах сцепки вагонов отцепа. Поэтому, вариант 3 является более предпочтительным, так как обеспечивает более высокую вероятность достоверного обнаружения.

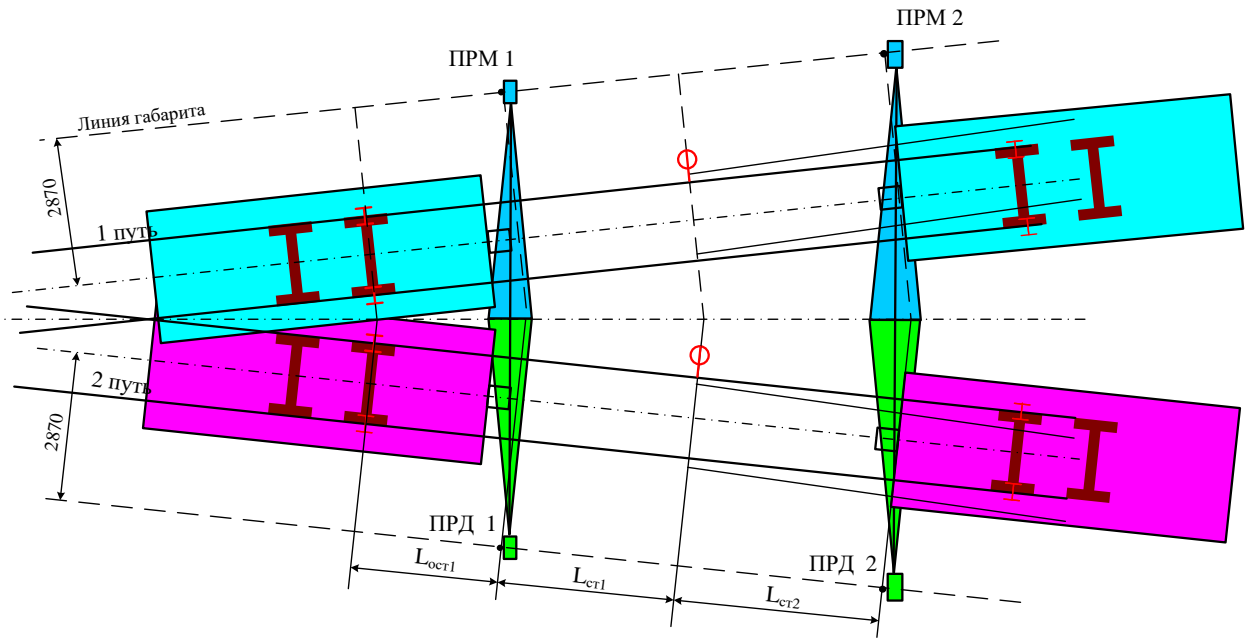


Рис. 3.26 Размещение в плане одного комплекта РТД-С (вариант4)

Таблица 4.3

Таблица Размеры привязки устройства на сдвоенной стрелке

Вариант размещения	$l_{габ},$ мм	$l_{см1},$ мм	$l_{см2},$ мм	$l_{ост},$ мм	$l_{пу},$ мм

1	2720	4600	900	6000	6000
2	2720	5500	0	6000	6000
3	2720	4600	900	6000	6000
4	2720	3250	3800	6000	6000

3.4.2. Размещение модулей в вертикальной плоскости

Ранее были получены параметры установки у юстировки модулей РТД-С в вертикальной плоскости для контроля одной стрелки. Чтобы выяснить, можно ли использовать эти параметры для контроля двух стрелок, воспользуемся рис. Здесь приводятся зависимости $R_{по}$ от поперечного сечения диаграмм направленности ПРМ 1 (рис. 3.27) и ПРМ 2 (рис. 3.28) через два пути (вариант 1 расположения в плане). Как видно из графиков, такая установка модулей дает возможность достоверно обнаруживать все типы вагонов только по второму пути. Вероятность обнаружения на первом пути платформы и цистерны очень мала.

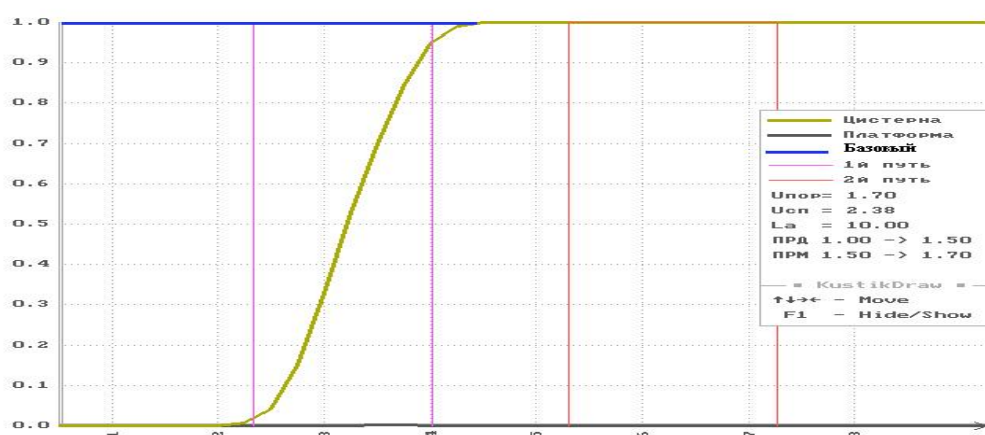


Рис. 3.27 Зависимость $R_{по}$ от сечения (ПРМ 1)

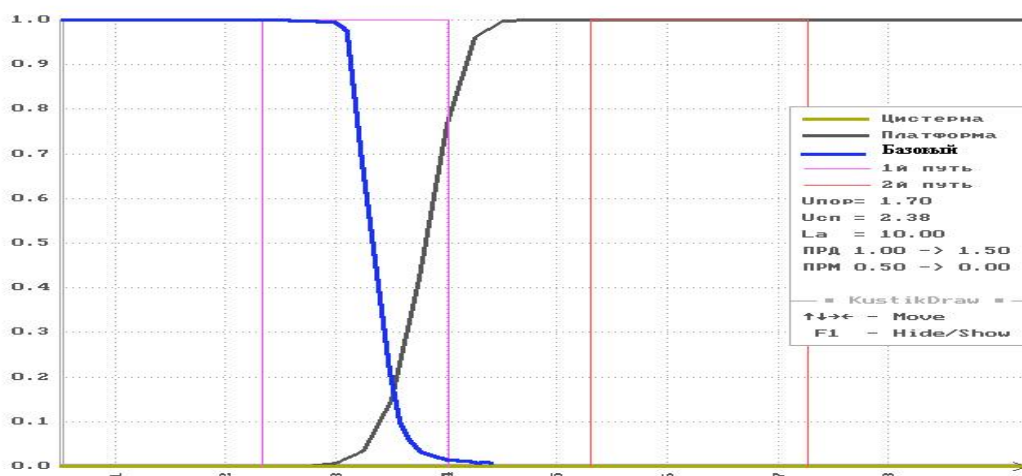


Рис. 3.28 Зависимость $R_{по}$ от сечения (ПРМ 2)

Третий вариант размещения стоек в плане предполагает использование двух одинаково настроенных комплектов РТД-С, каждый из которых должен

одинаково хорошо обнаруживать ТС на обоих путях. Это означает, что параметры установки и юстировки модулей для одинарной стрелки, нельзя использовать на сдвоенной стрелке, и необходимо провести дополнительный (корректировочный) анализ вероятности правильного обнаружения на втором пути путем корректировки расположения и юстировки модулей датчика. Высоту установки и юстировки передатчика решено оставить на прежнем уровне ($H = 1000$ мм, $h = 1500$ мм), а для определения высот юстировки приемников воспользуемся рис. 3.29, 3.30, где приведены зависимости вероятности правильного обнаружения ТС на втором пути от юстировки ПРМ 1 и ПРМ 2.

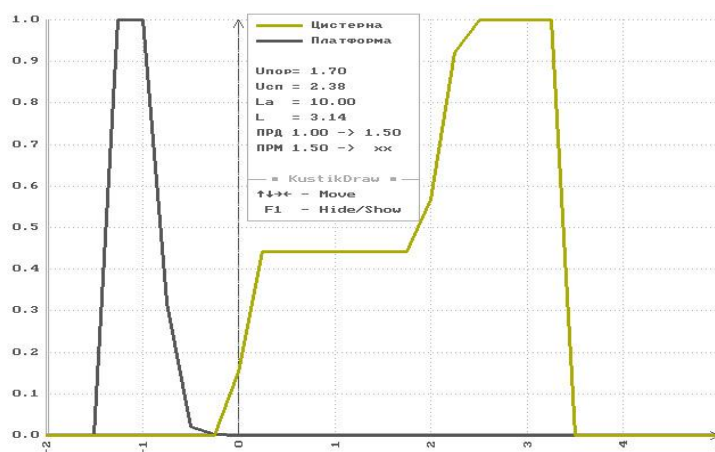


Рис. 3.29 Зависимость Рпо от прицеливания ПРМ 1 (на первом пути)

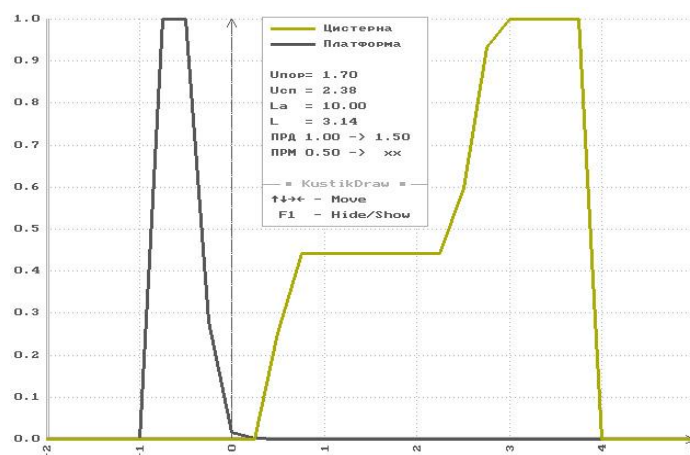


Рис. 3.30 Зависимость Рпо от прицеливания ПРМ 1 (на первом пути)

По графикам определяем, что ПРМ 1 необходимо прицелить на уровень 2600 мм (рис. 3.29), а ПРМ 2 прицелить на уровень – 55 мм (рис. 3.30).

В качестве подтверждения полученных параметров юстировки приведем зависимость $P_{по}$ от поперечного сечения диаграмм направленности для ПРМ 1 и ПРМ 2, а так же рассчитаем вероятность правильного обнаружения цистерны, базового вагона и платформы-транспортера на обоих путях. Результаты моделирования приведены на рис. 3.31 – 3.38.

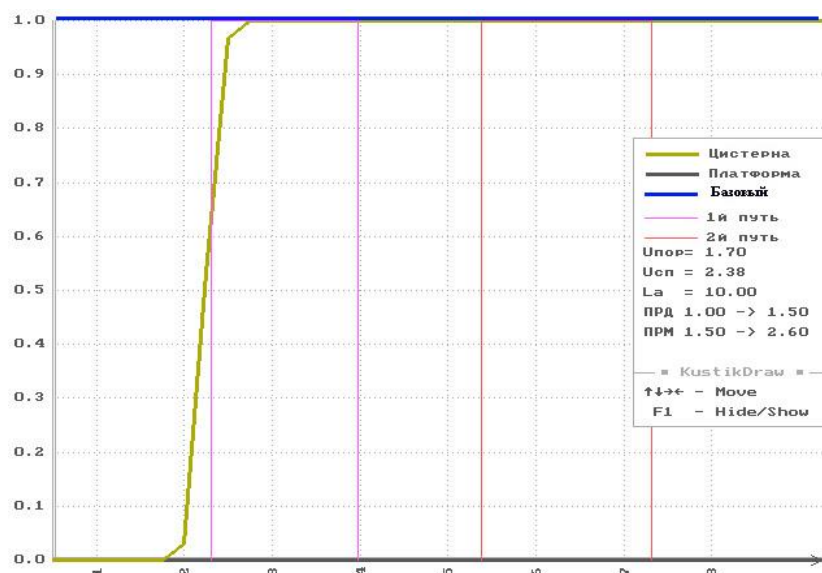


Рис. 3.31 Зависимость $P_{по}$ от сечения (ПРМ 1)

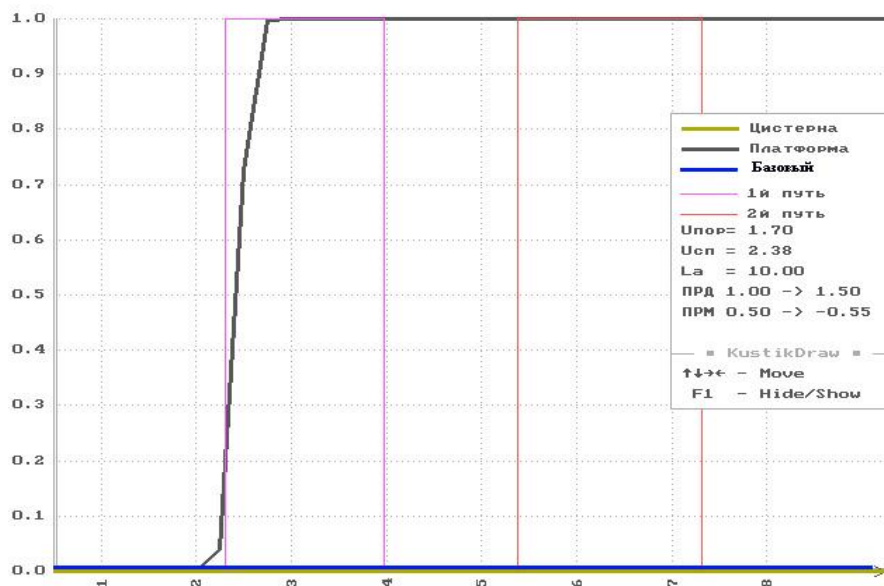


Рис. 3.32 Зависимость $P_{по}$ от сечения (ПРМ 2)

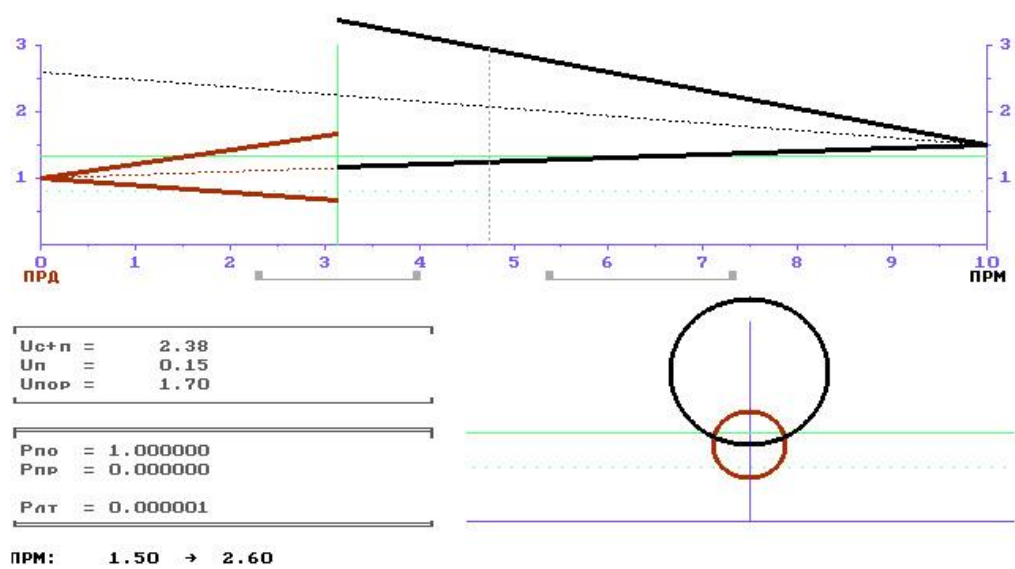


Рис. 3.33 Обнаружение цистерны на 2 пути (ПРМ 1)

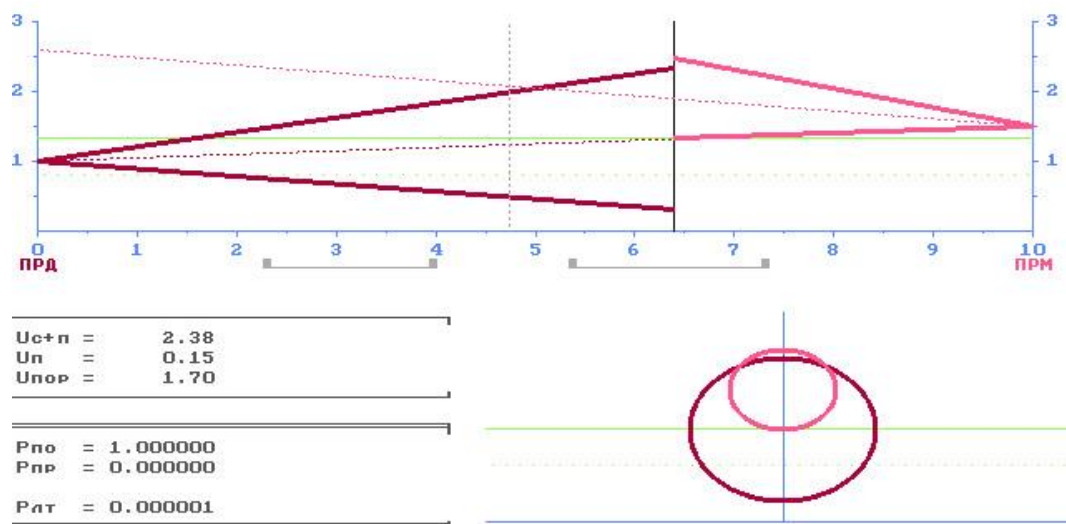


Рис. 3.34 Обнаружение цистерны на 1 пути (ПРМ 1)

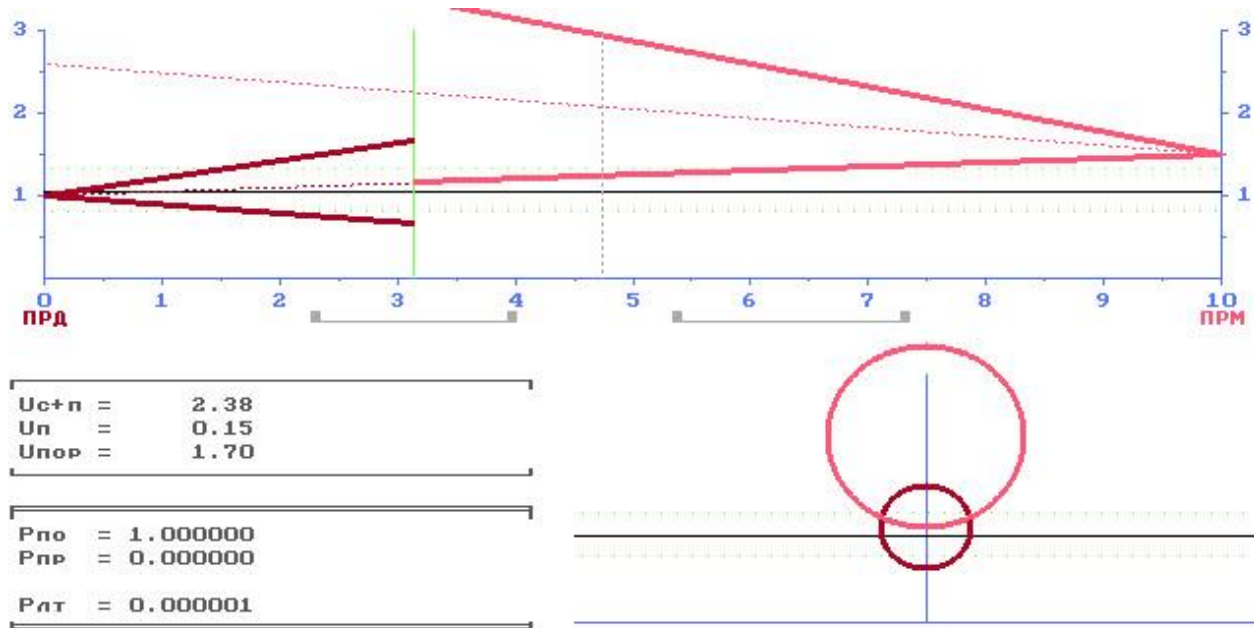


Рис. 3.35 Обнаружение базового вагона на 2 пути (ПРМ 1)

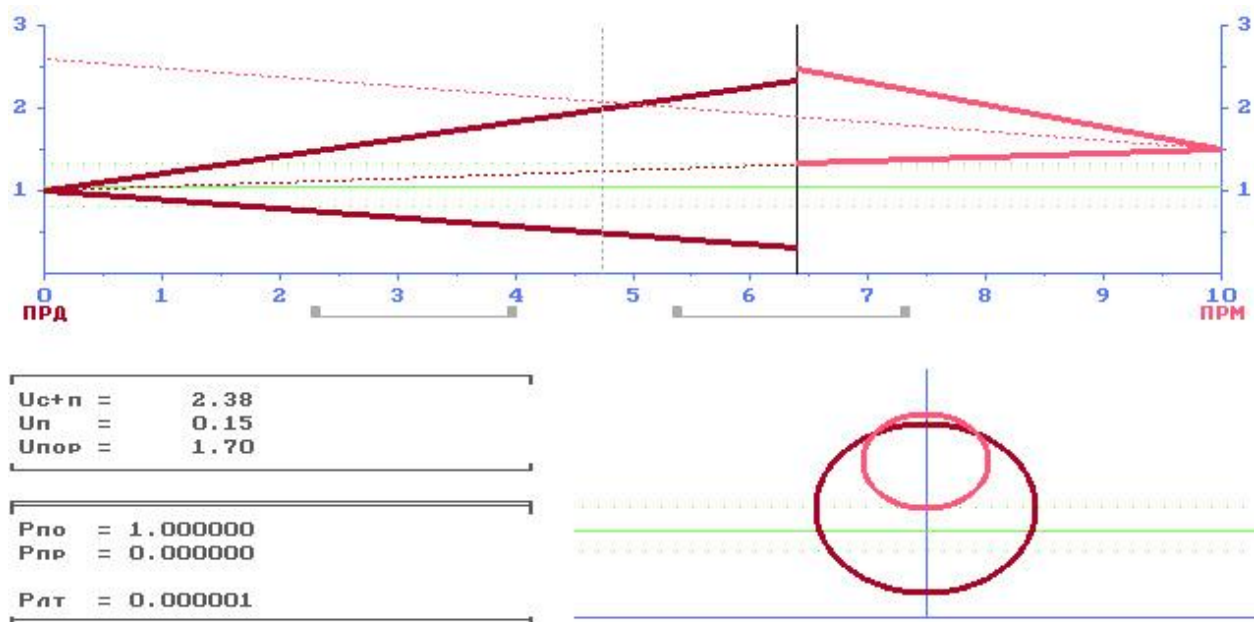


Рис. 3.36 Обнаружение базового вагона на 1 пути (ПРМ 1)

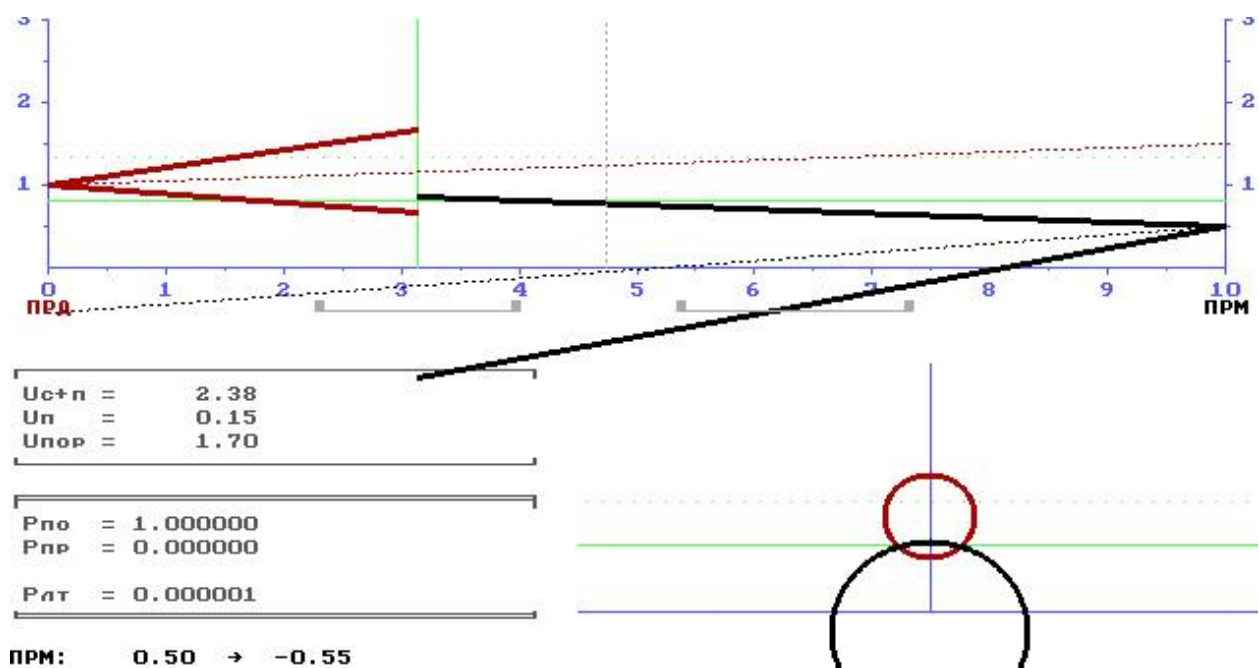


Рис. 3.37 Обнаружение платформы на 2 пути (ПРМ 2)

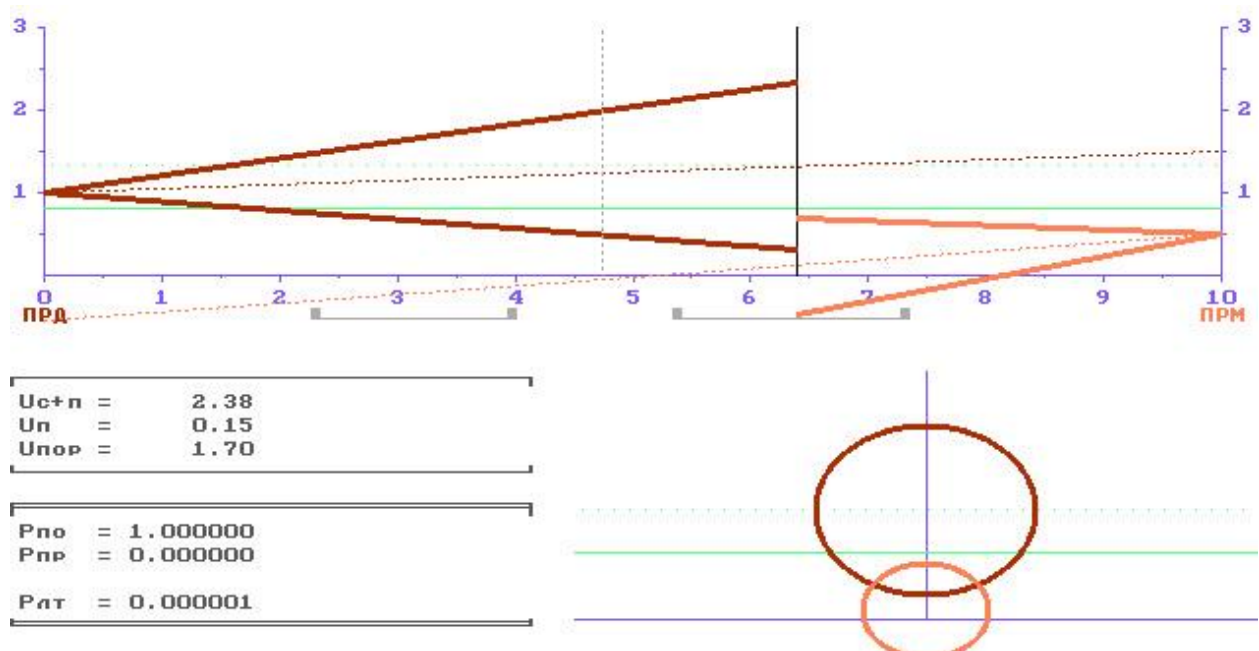


Рис. 3.38 Обнаружение платформы на 1 пути (ПРМ 2)

На основании проведенного исследования, данный вариант размещения и юстировки модулей РТД-С для контроля двойной стрелки следует принять окончательным, так как он удовлетворяет поставленным требованиям и позволяет добиться следующих результатов:

вероятность достоверного обнаружения всех типов вагонов на первом и втором пути и равна 1,000000;

вероятность ложного срабатывания так же для всех типов вагонов равна 0,000001.

Окончательные размеры установки и юстировки модулей на стойках, действительные как для первого, так и для второго комплекта приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.4

Размеры установки и юстировки модулей на стойках через два пути

Выбор подвеса модулей, мм Н			Юстировка модулей, мм h		
ПРД	ПРМ 1	ПРМ 2	ПРД	ПРМ 1	ПРМ 2
1000	1500	500	1500	2600	- 550

3.5. Рекомендации по установке и юстировке РТД-С

Независимо от вариантов конструктивного крепления на стойках модулей РТД-С (торцом или боком, слева или справа от стойки) координаты размещения стоек как и высоты подвеса могут выбираться одними и теми же.

Расчеты характеристик достоверности обнаружения проводились для наихудших условий при различных высотах установки и ориентации модулей устройства РТД-С в вертикальной плоскости между стойками ПРД и ПРМ по оси диагонали направленности сигнала СВЧ.

Для размещения РТД-С на стрелочном участке следует установить крепежные стойки с модулями ПРД и ПРМ и пространственно сориентировать СВЧ-излучение передающего модуля относительно приемных антенн модулей ПРМ. Главным критерием выбора координат размещения стоек при этом является начало и окончание зоны обнаружения вагона по расположению первой и последней колесной пары относительно начала остриев стрелки.

Крепежную стойку с передающим модулем ПРД устанавливают в начале РЦ стрелочного участка в пределах установленных габаритов приближения строений (анализ плана стрелочного участка). Расстояние от крепежной стойки до ближайшего рельса не должно быть меньше 2,1 м. Размещение в плане крепежных стоек показано на рис. 3.39, 3.40.

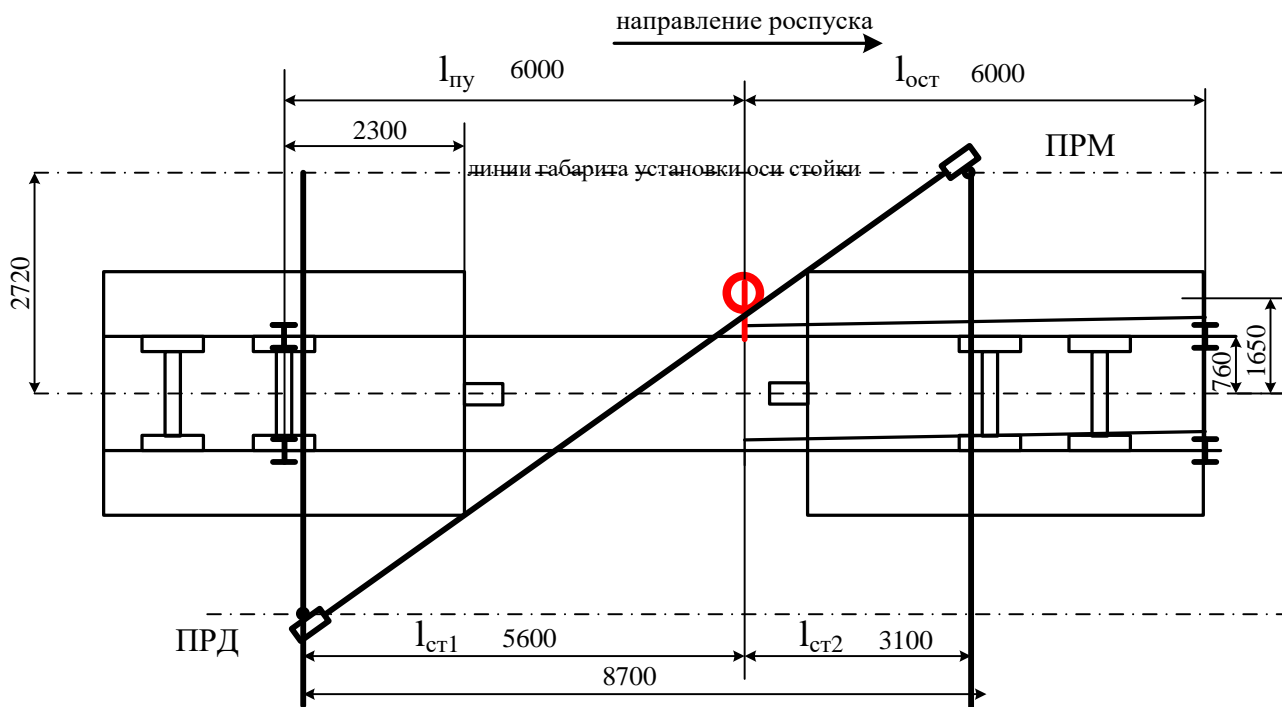


Рис. 3.39 Рекомендуемые размеры при размещении в плане (1 путь)

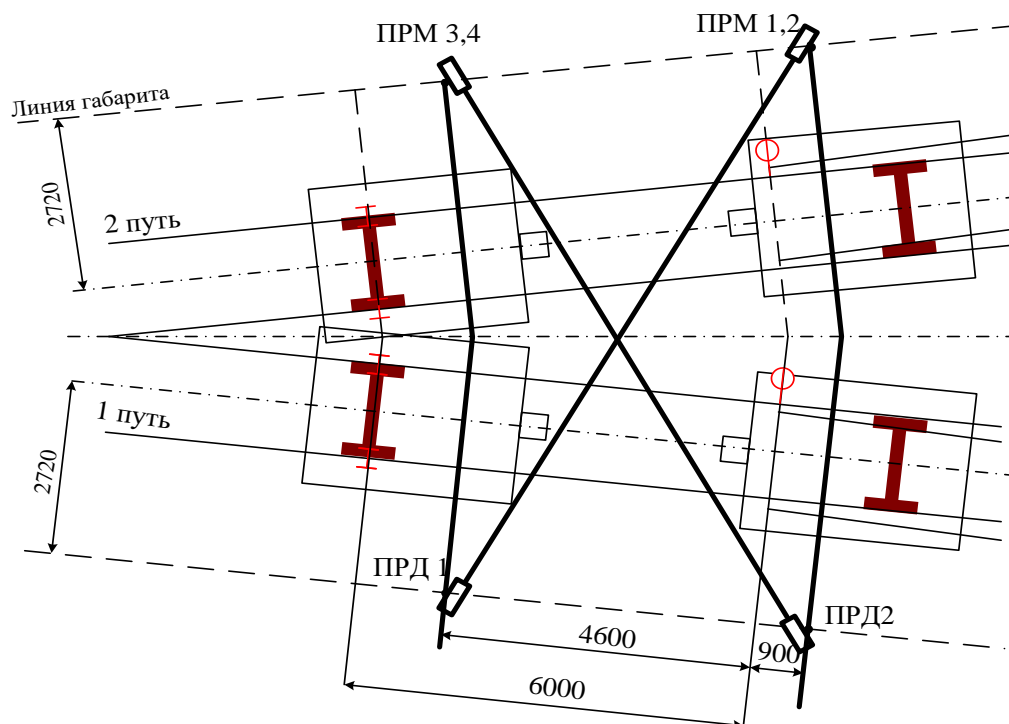


Рис. 3.40 Рекомендуемые размеры при размещении в плане (1 путь)

Приемные модули ПРМ крепят на аналогичной стойке, которую устанавливают по диагонали от передающего модуля по другую сторону пути в зоне острых стрелки. При этом следует учитывать, что максимальная дальность расположения модулей друг

относительно друга составляет 10м.

При размещении ПРД в плане следует учитывать, что расстояние от начала РЦ до стойки $L_{cm1} = 0-400$ мм; при размещении стойки с ПРМ учитывают, что расстояние от начала РЦ до стойки ПРМ $L_{cm2} = 6-8,9$ м и также расстояние между стойками вдоль оси пути $L_{cm} = 6-8,5$. Допустимо дополнительное смещение стоек одновременно в одном направлении вдоль оси пути L_{oc1} и $L_{oc2} = 0-1200$ мм. Также необходимо учитывать, что длина РЦ стрелочного участка составляет не более 11,4 м, а длина предстрелочного участка $L_{ny} \leq 6$ м.

После размещения устройства в плане необходимо правильно установить модули по высоте и прицелить их на определенные высоты относительно уровня головки рельса ВУГР (см. рис. 3.29). При установке и юстировке модулей РТД-С необходимо учитывать размеры подвижного состава, такие как:

низ котла цистерны 1,33 м;

высота погрузочной площадки транспортера 0,8 м.

При использовании укороченных штанг установочные размеры модулей на крепежных стойках несколько изменены.

В результате проведения комплексного анализа на основании изложенной методики, пример использования которой приведен выше, выработаны установочные размеры модулей РТД-С на крепежных стойках, которые приводятся в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Установочные размеры модулей РТД-С на крепежных стойках

Стрелки	Рис.по проекту	Выбор подвеса модулей, м			Юстировка модулей, м		
		ПРД	ПРМ1	ПРМ2	ПРД	ПРМ 1	ПРМ2
Одиночная		1000	1500	500	1500	1700	0
Сдвоенная		1000	1500	500	1500	2600	-550

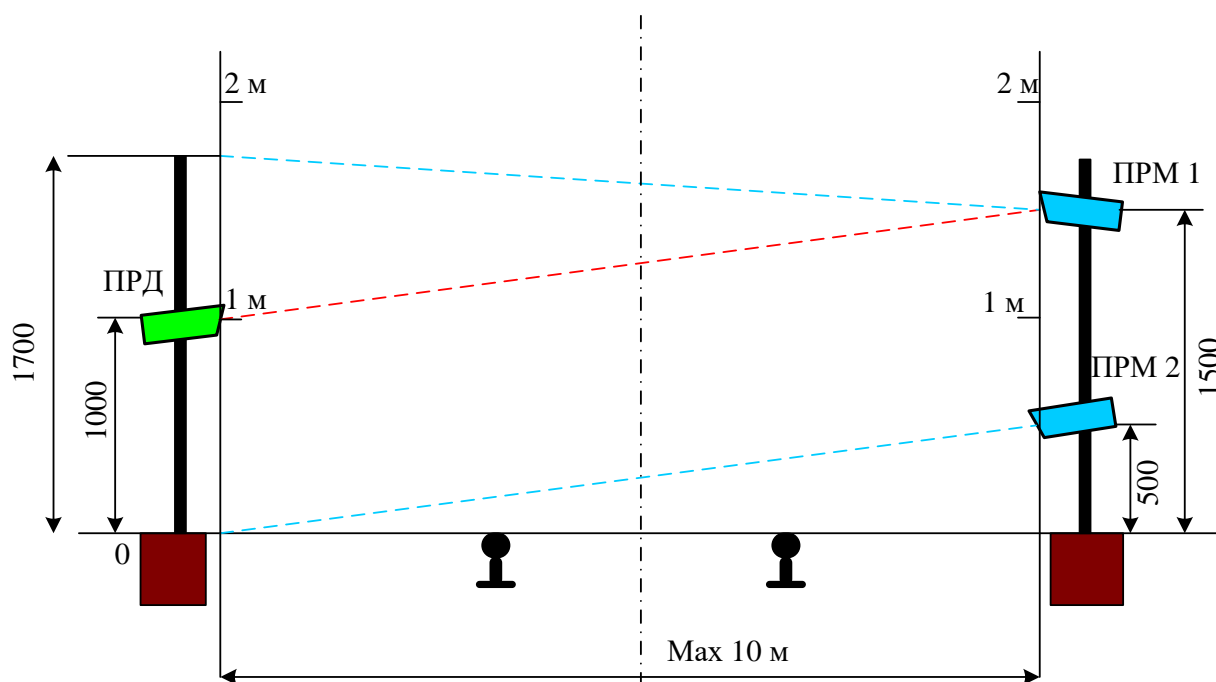


Рис. 3.41 Размещение модулей в профиле (1 путь)

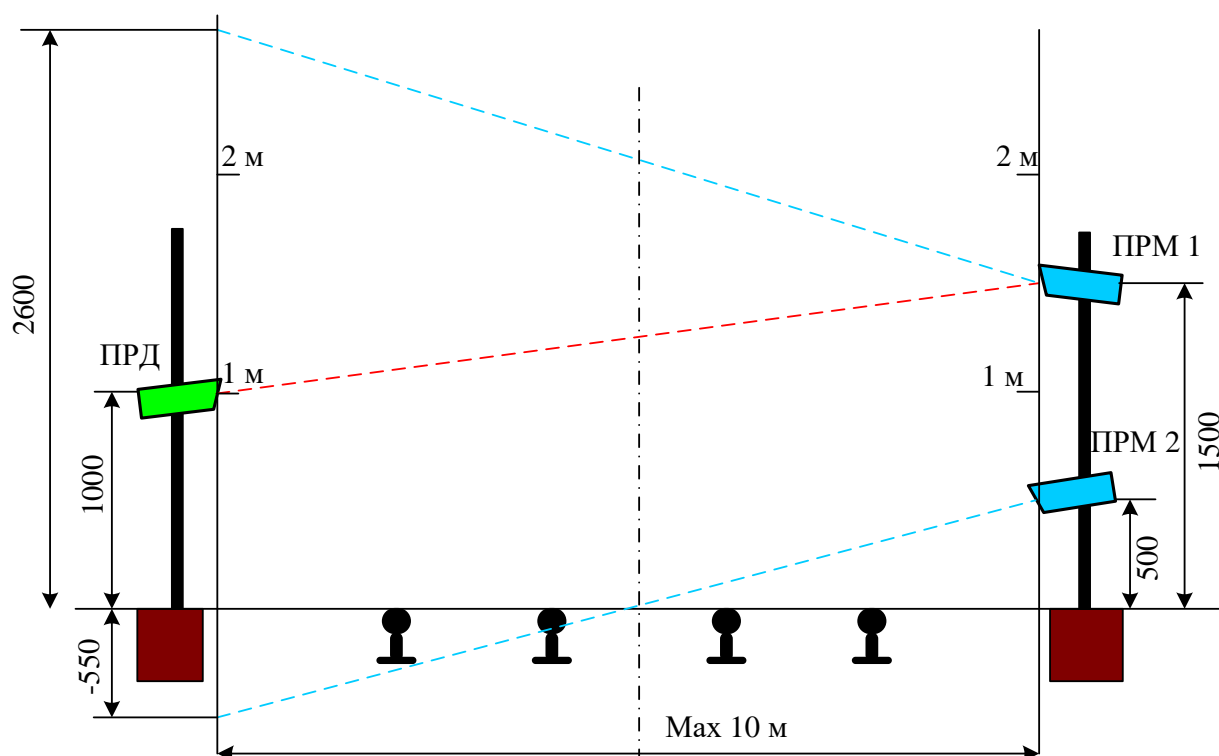


Рис. 3.42 Размещение модулей в профиле (2 пути)

Юстировка антенн (модулей ПРД и ПРМ1, ПРМ2) должна быть выполнена со всей тщательностью в соответствии с инструкцией по установке РТД-С. Несоблюдение технологии юстировки и установленных ориентиров приводят к резкому ухудшению характеристик достоверности обнаружения.

При такой установке и ориентации модулей РТД-С обеспечивается фиксация на стрелочном участке железнодорожных вагонов всех существующих типов, что свидетельствует о высокой достоверности обнаружения транспортных средств и обеспечивает высокую надежность работы устройства РТД-С, однако юстировка модулей для контроля через 2 пути с практической точки зрения весьма затруднительна.

4. Разработка комплексированной защиты стрелок

4.1. Технические требования к системе КЗС

В зависимости от эксплуатационных и технических требований блок ЭВК должен иметь следующие характеристики.

1. Соблюдать требования правил технической эксплуатации железных дорог и действующих правил техники безопасности.

2. Устройства КЗС должны обеспечивать защиту стрелок от несанкционированного их перевода под движущимися вагонами с достоверностью обнаружения: вероятность пропуска не хуже - ; вероятность ложной тревоги не хуже - .

3 Устройство СМЗ должно обеспечивать обнаружение всех типов грузовых автомобилей на горке с момента входа первой колесной пары сцепки в зону предварительного сжатия до выхода последней колесной пары из точки переключения.

4. Отказ любого датчика, входящего в состав EHS, должен противодействовать опасному отказу и переводить исполнительный механизм выключателя в состояние «распределительное устройство занято».

5. Встроенное точечное защитное устройство ELC Устройство, заменяющее точку нормально разомкнутой рельсовой цепи.

6. Напольные протекторы ERC должны

беспрепятственно механизированную уборку пути.

Принимаются следующие параметры электропитания системы от сети переменного тока:

1.напряжение переменного тока – однофазная сеть 220 В;

2.частота питания переменного тока 50 ± 1 Гц;

3.колебания напряжения питания от плюс 10 до минус 15%.

Устройства напольного содержания должны быть всепогодны и работать в диапазоне температур $-40...+60$ °С. Постовое оборудование – в диапазоне температур $0...+40$ °С.

Требования к оборудованию электроснабжения.

1. Надежность электропитания системы должна обеспечиваться следующими способами.

1) Надежность электропитания системы должна обеспечиваться двумя независимыми источниками питания.

2. Автономная система аварийного электроснабжения должна обеспечивать питанием всю маневровую станцию для прекращения движения прицепа.

3. На случай отключения двух независимых источников питания должна быть

предусмотрена независимая система аварийного электроснабжения с функцией автоматического запуска.

4.2. Принцип действия системы КЗС

Комбинация технических средств основана на следующих предположениях.

1. Два и более технических устройства, работающих параллельно для решения задачи обнаружения или измерения, могут использоваться одновременно как одно сложное устройство.

2. Изменение условий окружающей среды по-разному влияет (желательно противоположное) на характеристики подключаемых устройств.

3. Диапазон измерения и область обнаружения одного датчика большие, но надежность или точность низкие, а диапазон измерения другого или других датчиков мал, а точность высокая.

4. Один датчик непрерывно измеряет или обнаруживает, а другой точно измеряет или обнаруживает объект в дискретных точках или дискретных моментах времени с высокой достоверностью.

5. Один датчик имеет высокую точность обнаружения статических объектов, но плохие динамические характеристики, другой датчик, напротив, имеет хорошие динамические характеристики и низкую точность обнаружения статических или медленно движущихся объектов.

4.3. Алгоритмы комплексирования

Широко используемый термин резервирование имеет совершенно иное значение, чем термин комплектация в смысле резервирования технических средств для решения функциональных задач.

Структурные связи между датчиками выбираются таким образом, чтобы положительные качества датчиков дополняли друг друга, а отрицательные компенсировались.

Таким образом, структурная избыточность, составляющая оборудование, участвует в решении конкретной задачи. В частности, в задаче предотвращения

подкожных метастазов комбинация включает два или более датчиков, которые вместе соответствуют вышеуказанным критериям.

Эффективность совместной защиты от несанкционированного переноса точек заключается в оптимизации следующих решений.

Минимизируйте количество используемых информационных и измерительных датчиков.

Максимизировать вероятность правильного обнаружения, т. е. минимизировать вероятность ложноотрицательных и ложноположительных результатов.

Максимально используйте возможности своих датчиков в задачах мониторинга автоматического развертывания вагонов.

В общем случае, как было отмечено выше, комплексирование защиты от перевода стрелок под вагонами может быть представлена схемой, представляющей n-канальный обнаружитель (рис. 4.1).

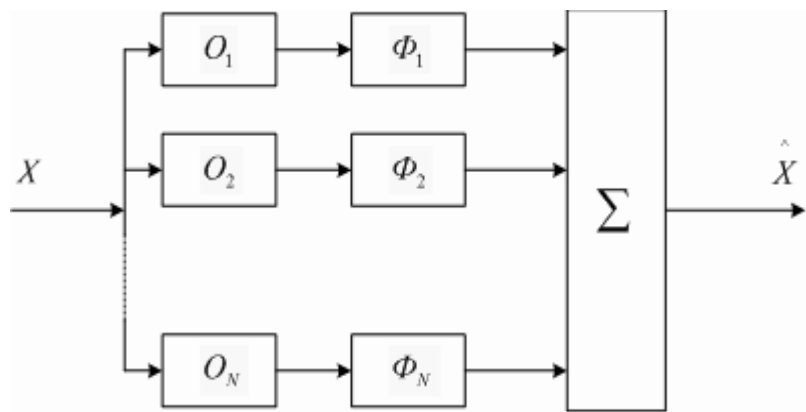


Рис. 4.1

Уравнение комплексного обнаружителя можно представить в виде

$$\hat{X}_s = \sum_{i=1}^N R_i(s) \cdot F_i(s) \cdot X(s) + \sum_{i=1}^N F_i(s) \cdot H_i(s)$$

Здесь $R_i(S)$ – передаточная функция обнаружителя, а $F_i(S)$ – передаточная функция фильтра. $H_i(S)$ – ошибка обнаружителя.

Каким бы ни был обнаружитель, в смысле реализуемого физического принципа действия, его функционирование происходит на фоне помех. В результате возможны ошибки двух типов.

1.Пропуск объекта – в контролируемой зоне стрелочного участка находится вагон, а датчиком формируется решение об его отсутствии. Это событие характеризуется вероятностью пропуска P_{np} .

2.Ложная тревога – в контролируемой зоне нет вагона (отцепа), а датчик формирует решение об его наличии. Это событие характеризуется вероятностью ложной тревоги $P_{лт}$.

На рис. 4.2 показано графическое представление механизма формирования достоверности обнаружения датчиков.

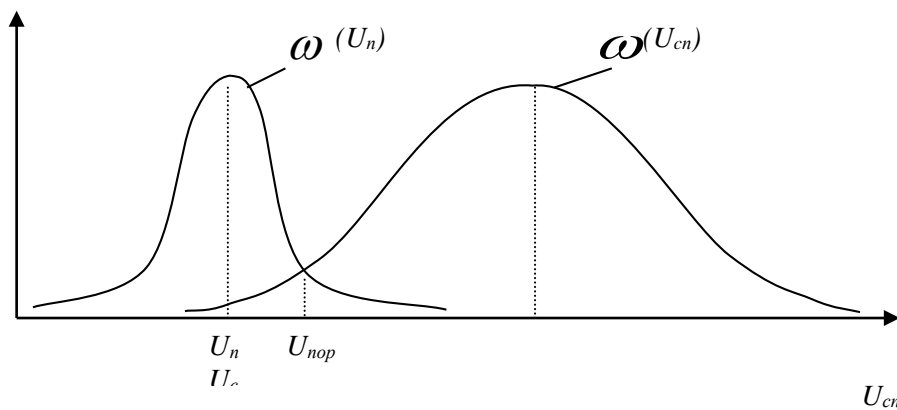


Рис. 4.2

При достижении уровня сигнала обнаружения на входе порогового элемента U_c величины равной или более порогового значения U_{nop} , датчиком регистрируется наличие объекта в зоне контроля. В этом случае вероятность правильного обнаружения определяется как:

$$P_{no} = \int_{U_{nop}}^{\infty} \omega(U_{cn}) dU,$$

а вероятность пропуска:

$$P_{np} = 1 - P_{no} = \int_{-\infty}^{U_{nop}} \omega(U_{cn}) dU.$$

Ложная тревога при обнаружении объекта в зоне контроля возникает в случае отсутствия объекта. При этом в случае превышения напряжения помехи уровня порогового напряжения происходит формирование датчиком ложной занятости. Вероятность ложной тревоги:

$$P_{лт} = \int_{U_{nop}}^{\infty} \omega(U_n) dU.$$

Как видно, величиной U_{nop} может быть достигнуто оптимальное соотношение между вероятностью пропуска и ложной тревоги.

Следует отметить, что наращиванием числа каналов обнаружения, согласно рис. 3.1, можно добиться сколь угодно высокой достоверности обнаружения, сведя к минимуму вероятность пропуска P_{np} . Однако при этом неизбежно увеличение вероятности ложной тревоги $P_{лт}$. Тем не менее, имея ввиду ответственность решаемой задачи, предотвращения перевода стрелок под вагонами, риск ошибки, связанной с пропуском, должен быть минимизирован, как приводящий к снижению безопасности движения.

4.4. Схема комплексированной защиты КЗС

В настоящее время в сети железных дорог используется достаточное количество устройств в различных комбинациях для предотвращения перегрузочных пунктов под вагонами. К ним относятся: рельсовая цепь нормально-разомкнутая, два типа датчиков пути - магнитопедальный типа ПБМ-56 (ДМ 88) без источника питания и ДП-50-80 с преобразователем сигналов ПСДП-50-81 Датчик пути, датчик радиотехнологии РДТ -S, фотоэлектрический датчик FEB. В некоторых случаях они дополняются точечными датчиками счета осей типа УСО, которые реализуют индуктивный принцип работы и логически обрабатывают сигналы обнаружения осей.

Акустическое обнаружение и орбитальная локализация находятся на разных стадиях развития. Однако пока рано относить эти типы сенсоров к прошедшим все этапы развития.

Поэтому в ближайшее время в качестве реальных технических средств защиты кредитов от перевода под несанкционированные автомобили следует рассматривать следующие: рельсовую цепь (РК), радиодатчик (РТД-С) и индукторный линейный датчик (ИДД). Датчики числа осей с логическими схемами принятия решений можно рассматривать как вторичную защиту в централизованной точке. Фотоэлектрический датчик снят с производства и обычно заменяется на РТД-С, поэтому он будет исключен из дальнейшего рассмотрения.

Рельсовые цепи по-прежнему являются наиболее распространенным устройством точечной защиты. Однако они имеют существенные общеизвестные недостатки и, кроме того, не обеспечивают функционального контроля проезда длиннобазных автомобилей. Кроме того, использование нормально разомкнутого РЦ не обеспечивает функционального контроля, что не является требованием безопасности.

Только добавление РТД-С или других радиодатчиков, таких как IPD, может надежно контролировать занятость места при прохождении любого типа фургона. Кроме того, РТД-С позволяет осуществлять непрерывный контроль его функционирования даже при отсутствии автомобиля на точечном участке. В этом случае необходимо установить крепление РТД-С и выровнять его по типовой расчетной схеме (И-221-94).

Базовыми, базовыми типами датчиков защиты следует считать те, которые следят за занятостью всего участка линии и позволяют контролировать исправность вне зависимости от наличия ответвлений в зоне контроля. Таким образом, рекомендованная Департаментом автоматики и телемеханики структура комплексированной защиты стрелок от перевода их под вагонами представляется в настоящее время схемой, изображенной на рис. 4.3.

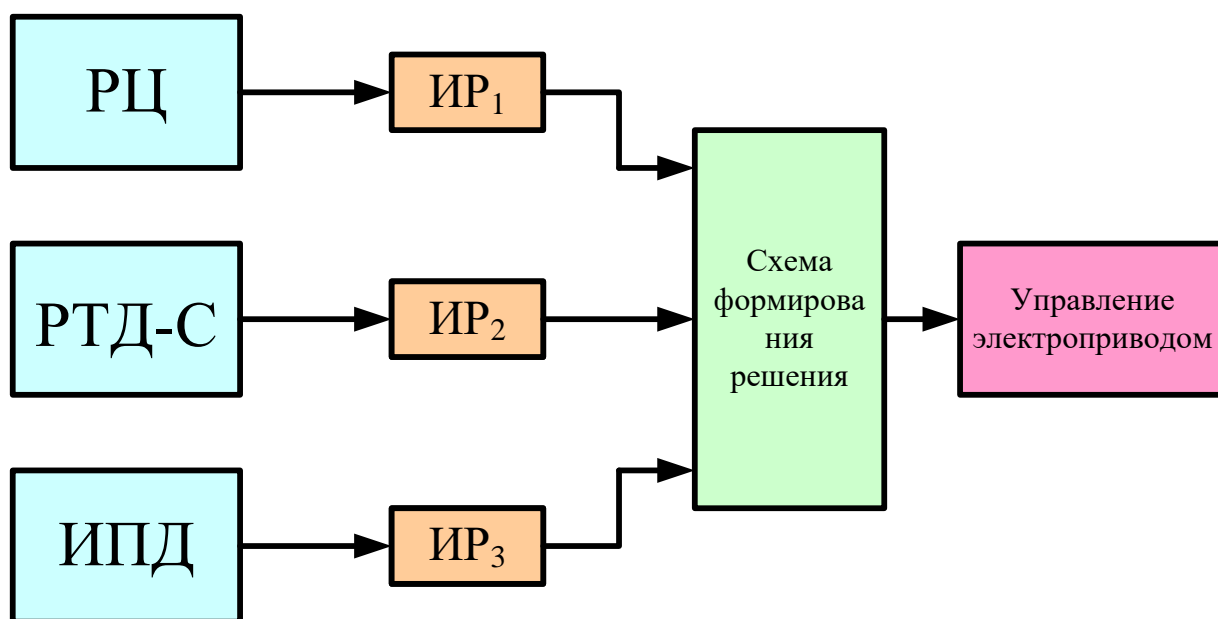


Рис.

4.3. Структура комплексированной защиты стрелок от перевода

Каждый датчик управляет своим исполнительным реле (ИР), контакты которого соединены в единую цепь «I», которая управляет подачей управляющего напряжения для включения двигателя пистолета-пулемета.

Функциональный анализ датчиков, переданных на пост охраны, показывает.

1. Радиодатчики обеспечивают защиту от удаления пятен при прохождении любого типа вагона. РТД-С обеспечивает функциональный контроль без автомобиля на точке, в соответствии с И-221-94. Однако, несмотря на многолетний положительный опыт работы с датчиками РТД-С, высокая ответственность по обеспечению безопасности опрокидывания автомобиля на точке требует повторения функции обнаружения другим датчиком. Наибольший эффект в надежности обнаружения и живучести может быть достигнут при комбинировании датчиков. Датчики основаны на разных физических принципах работы.

2. Гусеничные цепи не могут обеспечить обнаружение длиннобазных вагонов (6-6,5 м в длину сборных гусениц и 6-6,5 м в передних частях) даже при надежном обнаружении трещин колес. В то же время нормально разомкнутый РК не может обеспечить контроль ремонтпригодности при отсутствии транспортных средств в зоне переключения. Тем не менее, он по-прежнему широко используется сегодня. Поэтому было принято решение добавить еще два RC, RTD-С и IPD, чтобы в будущем вывести RC из эксплуатации. Как

датчик защиты, РС не может, с одной стороны, соответствовать возрастающим требованиям безопасности, а с другой стороны, он должен снижать эксплуатационные расходы.

3. Индуктивный линейный датчик IPD является альтернативным датчиком для рельсовых цепей, он может обнаруживать транспортные средства по всей длине стрелочного участка и постоянно контролировать ремонтпригодность, что отличается от РС. С готовых позиций использование двух типов датчиков: ДУ и пеших датчиков, дополненных оптико-электронными приборами ФЭУ, представляется малоэффективным, так как ни один из них не может обеспечить контроль ремонтпригодности и надежный контроль проезда длиннобазных автомобилей.

4.5. Блок комплексирования БКЗС

Опыт эксплуатации современных микропроцессорных средств автоматизации показал, что безопасность движения поездов можно повысить за счет внедрения диагностических функций в напольное оборудование.

Эта функция очень важна для защиты устройств от несанкционированных точек передачи.

Прогнозирование предотказных состояний датчиков контроля стрелочного участка позволит предупреждать возможные внезапные отказы устройств. Дистанционный контроль функционирования устройств с функцией прогнозирования позволит своевременно выявлять и устранять такие распространенные неисправности, как уход рабочих параметров устройств, вследствие их расстройки. В частности нарушение пространственной настройки модулей РТД-С. Следует заметить, что возникновение внезапных отказов чаще всего происходит вследствие постепенного развития отдельных неисправностей, на которые в процессе эксплуатации не обращается должного внимания. Это не означает, что в этом всегда виновным является механик. Очень часто разработчиком не определяется та контрольная точка, в которой могут быть выявлены начало развития отказов устройств.

В настоящее время ВНИИАС, МИИТ совместно с Ижевским радиозаводом разрабатывают блок комплексирования датчиков ИПД и РТД-С.

Этот блок (рис. 4.4) показан в функциональном взаимодействии датчиков ИПД и РТД-С, должен обеспечивать решение двух основных задач:

объединение выходных сигналов контроля свободности стрелочного участка двух датчиков (РТД и ИПД) с тремя каналами обнаружения и передачу результирующего сигнала занятости или свободности на горочный пост;

реализацию функции диагностики функционирования обоих датчиков с возможностью прогнозирования их предотказных состояний с передачей этого сигнала на горочный пост по каналу на базе САК интерфейса (К8 - 485).

В отличие от решения комплексирования показанного на рис1, в новом решении предполагается формировать объединенный сигнал контроля стрелочного участка непосредственно в устройствах датчиков ИПД и РТД-С, а результирующий сигнал их совместного обнаружения передавать по типовому каналу на одно исполнительное реле (КЗС), расположенное в релейной на горочном посту.

При такой реализации блока комплексирования, типовые элементы связи датчиков с релейной поста ЭЦ сохраняются, но используется лишь один канал связи с исполнительным реле. В качестве этого реле может использоваться любое из существующих. Другой, освободившийся канал связи может использоваться для передачи на горочный пост диагностической информации о работе датчиков защиты.

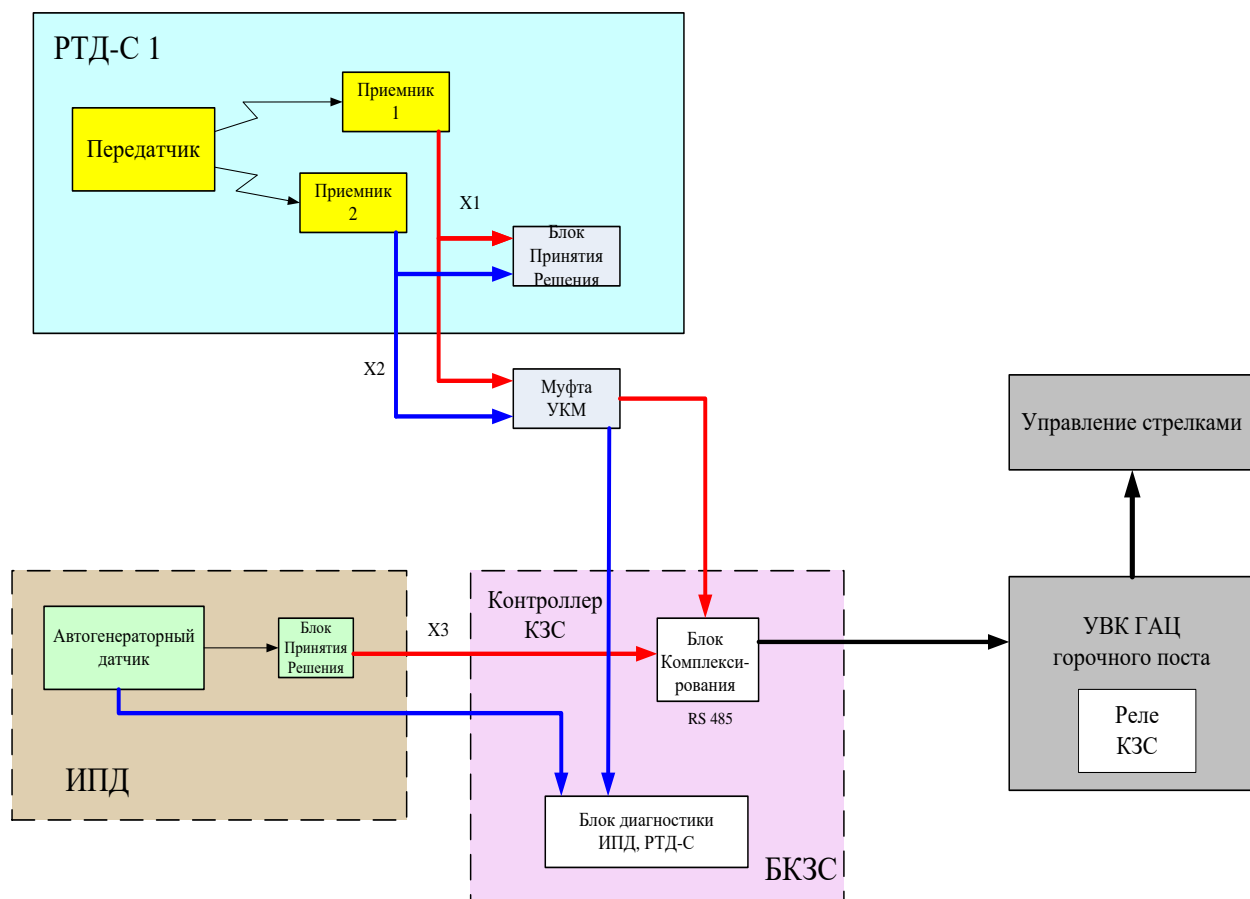


Рис. 4.4. Схема взаимодействия датчиков КЗС с БКЗС

Заключение

Для автоматизации горки широко используется система автоматического управления горками, она переключает выключатели в маневровой зоне горки и автоматически управляет этими переключателями при выгрузке поездов. Появление нового типа системы автоматической блокировки горок в основном связано с широким внедрением микропроцессорной техники управления и необходимостью решения сложных задач автоматизации на маневровых станциях. Использование микропроцессорной техники повышает безопасность, требует гораздо меньше места для оборудования, потребляет меньше энергии, сокращает строительно-монтажные работы, снижает эксплуатационные расходы. Централизованные системы горок на базе микропроцессоров

имеют явные преимущества при создании сложных систем автоматизации верфи, поскольку они могут относительно легко соединять критически важные источники полевой информации с системами планирования информации более высокого уровня. Сравнение различных датчиков привело к выбору датчика радиационной технологии.

На основании проведенного исследования, данный вариант размещения и юстировки модулей РТД-С для контроля двойной стрелки следует принять окончательным, так как он удовлетворяет поставленным требованиям и позволяет добиться следующих результатов:

вероятность достоверного обнаружения всех типов вагонов на первом и втором пути и равна 1,000000;

вероятность ложного срабатывания так же для всех типов вагонов равна 0,000001.

Список литературы

- [1] Типовой технологический процесс работы сортировочной станции. М., Транспорт, 2003. 239 с.
- [2] Кочнев Ф.П., Сотников И.Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог. М., Транспорт, 1990. С. 15-143.
- [3] Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах). М., Транспорт, 1990. С.3-73.
- [4] Методические указания по расчёту норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. МПС РФ, ПВЦОТ. М., 1998. 83 с.
- [5] Корешков А.Н. Выбор оптимальных параметров технологии работы и технического оснащения сортировочных станций/ Учебное пособие. МИИТ, М., 1997.
- [6] Гоманков Ф.П. Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте. М., Транспорт, 1994, С. 5-79.
- [7] Тихомиров И.Г., Грунтов П.С., Мухо П.Б., Невзоров А.В., Сыцко П.А., Шульженко П.А., Ярмоленко В.Е. Технология работы сортировочных и участковых станций. М., Транспорт, 1966, 314 с.
- [8] Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД». М., Техинформ, 2007. С.180-212.
- [9] Сотников Е.А. Интенсификация работы сортировочных станций. М., Транспорт, 1979. С. 65-120.
- [10] Рхангельский Е.В., Лукьянов Ю.Е. Железнодорожные станции. М., Транспорт, 1996. 351с.

