

# Содержание

<b>Приветствие Департамента автоматики и телемеханики ОАО «РЖД»</b> .....	3
<b>Приветствие Проектно-конструкторско-технологического бюро железнодорожной автоматики и телемеханики — филиала ОАО «РЖД» (ПКТБ ЦШ)</b> .....	4
<b>Предисловие</b> .....	5
<b>1. Специфика железных дорог и требования к системам автоматики и телемеханики</b> .....	6
1.1. Введение .....	6
1.2. Особенности железнодорожного транспорта .....	6
1.3. Системы железнодорожной автоматики и управления движением поездов .....	7
1.3.1. Определения .....	7
1.3.2. Теория безопасного управления железнодорожным транспортом .....	8
1.3.3. Функциональная структура .....	10
<b>2. Безопасность и надежность систем железнодорожной автоматики</b> .....	14
2.1. Основы безопасности .....	14
2.1.1. Что такое RAMS(S)? .....	14
2.1.2. Безопасность и охрана .....	15
2.1.3. Готовность, надежность и ремонтпригодность .....	15
2.1.4. Значение составных частей RAMS для железнодорожной транспортной системы .....	16
2.2. Принципы безопасной эксплуатации железных дорог .....	17
2.2.1. Борьба с ошибками, отказами и нарушениями .....	17
2.2.2. Анализ отказов по системным состояниям .....	20
2.3. Понятия надежности и безопасности систем железнодорожной автоматики .....	21
2.4. Показатели надежности и безопасности .....	22
2.5. Оценка уровня безопасности СЖАТ .....	23
2.6. Нормирование показателей безопасности .....	25
2.7. Расчеты показателей безопасности .....	26
2.8. Методология доказательства безопасности СЖАТ .....	29
<b>3. Методы эксплуатации железных дорог</b> .....	30
3.1. Исторические предпосылки .....	30
3.2. Классификация путей, станций и сигналов .....	34
3.2.1. Основные и второстепенные пути .....	34
3.2.2. Роль сигналов .....	35
3.2.3. Определение станций и зон действия постов централизации .....	36
3.2.4. Сигнализация на двухпутных участках .....	40
3.3. Передвижения рельсового транспорта .....	41
3.3.1. Поездные передвижения .....	42
3.3.2. Маневровые передвижения .....	42

3.4.	Принципы разделения поездов.....	45
3.4.1.	Сигнализация при движении по линиям с фиксированными блок-участками, оборудованными напольными сигналами .....	46
3.4.2.	Следование поездов по локомотивным сигналам .....	49
3.4.3.	Управление движением поездов на участках без сигнализации .....	52
3.5.	Принципы организации диспетчерской работы .....	53
3.5.1.	Децентрализованное управление .....	53
3.5.2.	Управление из диспетчерского центра .....	54
<b>4.</b>	<b>Принципы зависимостей и замыканий .....</b>	<b>55</b>
4.1.	Краткий обзор.....	55
4.1.1.	Введение.....	55
4.1.2.	Основные требования.....	56
4.1.3.	Основные принципы обеспечения безопасности на путевых участках, подготовленных для проследования поезда .....	57
4.2.	Зависимости между элементами .....	57
4.2.1.	Классификация.....	57
4.2.2.	Связанные элементы .....	58
4.2.3.	Односторонняя зависимость.....	58
4.2.4.	Двусторонняя зависимость, или взаимозависимость .....	59
4.2.5.	Взаимозависимость по логическим условиям .....	60
4.3.	Маршруты .....	61
4.3.1.	Введение.....	61
4.3.2.	Зона действия маршрута и соответствующие ей ограничения скорости .....	63
4.3.3.	Основные функции замыкания маршрута .....	66
4.3.4.	Выбор маршрута дежурным поста централизации.....	71
4.3.5.	Боковая защита маршрутов.....	72
4.3.6.	Защитные участки и исключение встречного движения .....	76
4.3.7.	Элементы маршрута на участке приближения .....	80
4.3.8.	Жизненный цикл маршрутов .....	82
4.3.9.	Принципы формирования маршрута в схеме путевого развития.....	87
4.3.10.	Маневровые маршруты .....	90
4.3.11.	Автоматизация операций с маршрутами .....	92
4.4.	Зависимости в перегонных системах блокировки .....	94
4.4.1.	Введение.....	94
4.4.2.	Функциональное назначение элементов перегона .....	96
4.4.3.	Классификация систем блокировки .....	97
4.4.4.	Принцип действия систем жезловой блокировки.....	99
4.4.5.	Функционирование систем безжезловой блокировки.....	101
4.4.6.	Функции блокировки в безжезловых системах .....	103
4.4.7.	Выезд поезда на перегон с возвращением обратно .....	104
4.5.	Особые вопросы.....	106
4.5.1.	Разграничение зон блокировки и маршрутных передвижений.....	106
4.5.2.	Защита проследовавшего поезда закрытым светофором .....	107
4.5.3.	Несколько поездов между двумя светофорами .....	108
4.5.4.	Режимы ограниченной функциональности .....	110
<b>5.</b>	<b>Системы определения свободности пути и местоположения поезда .....</b>	<b>117</b>
5.1.	Задачи и методы обнаружения объектов .....	117
5.1.1.	Введение.....	117
5.1.2.	Типы объектов .....	117

5.1.3. Требования безопасности.....	118
5.1.4. Задачи обнаружения объектов .....	118
5.2. Способы обнаружения объектов.....	120
5.2.1. Классификация.....	120
5.2.2. Датчики колес точечного действия .....	121
5.2.3. Датчики колес и колесных пар линейного действия.....	125
5.2.4. Датчики подвижных единиц и посторонних объектов линейного и пространственного действия.....	126
5.2.5. Трехмерное обнаружение .....	128
5.2.6. Системы, передающие активные сообщения с поезда.....	130
5.2.7. Устройства проверки целостности состава.....	133
5.3. Рельсовые цепи .....	135
5.3.1. Общая классификация рельсовых цепей.....	135
5.3.2. Геометрические формы рельсовых цепей.....	137
5.3.3. Возвращение обратного тягового тока.....	140
5.3.4. Дополнительные функции рельсовых цепей.....	142
5.3.5. Защита рельсовых цепей от помех .....	142
5.3.6. Параметры рельсовых цепей и режимы их работы .....	143
5.3.7. Типы рельсовых цепей .....	145
5.4. Системы счета осей .....	151
5.4.1. Структура и принцип работы .....	151
5.4.2. Путь датчик .....	153
5.4.3. Исправление ошибок, возникающих при подсчете осей.....	153
5.5. Сравнение рельсовых цепей и систем счета осей.....	155
5.5.1. Преимущества и недостатки .....	155
5.5.2. Применение .....	156
<b>6. Устройства соединения и пересечения железнодорожных путей .....</b>	<b>158</b>
6.1. Виды и параметры устройств верхнего строения пути с подвижными элементами .....	158
6.1.1. Общие положения .....	158
6.1.2. Стрелочные переводы.....	158
6.1.3. Другие устройства соединения путей.....	161
6.1.4. Последовательная укладка стрелочных переводов.....	163
6.1.5. Устройства для предупреждения самопроизвольного выхода подвижного состава на маршруты следования поездов .....	164
6.2. Требования безопасности .....	165
6.3. Проверка выполнения требований габарита на стрелках и пересечениях.....	166
6.4. Переводные механизмы .....	167
6.4.1. Общие положения .....	167
6.4.2. Стрелочные электроприводы .....	169
6.4.3. Контроль положения стрелки (на примере привода СП-6).....	171
6.5. Устройства запираания стрелок.....	173
6.5.1. Внешний запирающий механизм зажимного типа .....	173
6.5.2. Внутренний запирающий механизм .....	174
6.5.3. Мониторинг состояния запирающего устройства .....	175
6.5.4. Стрелочные контрольные замки.....	176
6.6. Релейные схемы управления стрелочными электроприводами .....	177
6.6.1. Общие положения .....	177
6.6.2. Схема на реле первого класса надежности — пятипроводная схема управления СЭП (Россия).....	178

6.6.3. Схема на реле непервого класса надежности — четырехпроводная схема управления СЭП GS II DR (Германия) .....	182
<b>7. Сигналы.....</b>	<b>189</b>
7.1. Назначение и классификация.....	189
7.2. Технические характеристики напольных сигналов .....	192
7.2.1. Структура световых сигналов.....	192
7.2.2. Оптические параметры.....	196
7.2.3. Отражение света от сигнальных знаков.....	196
7.2.4. Управление и контроль сигнальных показаний.....	197
7.3. Принципы светофорной сигнализации.....	199
7.3.1. Выбор цвета для сигнальных показаний.....	199
7.3.2. Запрещающие показания .....	200
7.3.3. Разрешающие сигналы .....	201
7.3.4. Сигнальные показания для ограничения скорости .....	205
7.3.5. Комбинации основных и предупредительных сигналов на одном светофоре..	209
7.3.6. Маневровые сигналы.....	210
7.4. Избыточность и режим ограниченной функциональности.....	211
7.5. Примеры систем сигнализации .....	212
7.5.1. Немецкая семафорная и светофорная сигнализация с основным и предупредительным сигналами (H/V) .....	212
7.5.2. Бельгийская семафорная сигнализация .....	213
7.5.3. Британская светофорная сигнализация.....	214
7.5.4. Сигнализация на железных дорогах ОСЖД .....	216
7.5.5. Современная нидерландская система сигнализации.....	218
7.5.6. Немецкая система сигнализации Ks .....	219
7.5.7. Система сигнализации на пригородных железных дорогах Японии.....	220
7.5.8. Сигнализация NORAC .....	221
<b>8. Автоматическая локомотивная сигнализация и контроль скорости .....</b>	<b>225</b>
8.1. Требования к системам, их классификация и условия применения.....	225
8.1.1. Введение.....	225
8.1.2. Сигнализация в кабине машиниста.....	225
8.1.3. Контроль действий машиниста.....	227
8.1.4. Вмешательство в управление поездом .....	229
8.1.5. Роль систем АЛС в эксплуатационном процессе .....	230
8.1.6. Автоматизация управления поездом.....	230
8.2. Технические решения для передачи данных .....	231
8.2.1. Обзор способов передачи .....	231
8.2.2. Точечная передача данных .....	232
8.2.3. Непрерывная передача данных .....	235
8.3. Примеры реализации систем .....	237
8.3.1. Классификация.....	237
8.3.2. Группа 1: АЛС с точечной передачей без контроля процесса торможения.....	238
8.3.3. Группа 2: системы с точечной передачей небольшого объема информации и контролем торможения .....	241
8.3.4. Группа 3: системы с непрерывной передачей показания сигнала по рельсовым цепям .....	246
8.3.5. Группа 4: системы с точечной передачей большого объема данных и динамическим контролем скорости .....	254
8.3.6. Группа 5: системы с непрерывной передачей большого объема данных и динамическим контролем скорости .....	258

8.4. Система ETCS.....	261
8.4.1. История появления и цели разработки.....	261
8.4.2. Уровни оснащения и технические компоненты .....	262
8.4.3. Принцип действия.....	267
8.4.4. Эксплуатационные режимы .....	271
8.4.5. Структура данных .....	273
<b>9. Системы централизации.....</b>	<b>275</b>
9.1. Классификация.....	275
9.2. Механическая централизация.....	277
9.2.1. История развития .....	277
9.2.2. Безопасность систем механической централизации.....	277
9.2.3. Структура систем механической централизации .....	277
9.2.4. Первые механические централизации на железных дорогах Великобритании	278
9.2.5. Немецкая централизация типа Einheit.....	282
9.3. Релейная централизация .....	287
9.3.1. История развития .....	287
9.3.2. Системная безопасность в релейной централизации.....	288
9.3.3. Проектирование систем релейной централизации .....	292
9.3.4. Система SGE 1958 (Великобритания).....	295
9.3.5. Система SpDrS60 (Германия).....	296
9.3.6. Система БМРЦ (Россия) .....	301
9.4. Микропроцессорная централизация .....	307
9.4.1. История развития .....	307
9.4.2. Обеспечение безопасности в микропроцессорной централизации .....	307
9.4.3. Структура систем микропроцессорной централизации.....	308
9.4.4. Система SSI (Великобритания).....	312
9.4.5. Система SMILE (Япония) .....	317
9.4.6. Немецкие системы Simis и L90, а также их производные .....	320
9.4.7. Система EBILock .....	324
9.4.8. Система ЭЦ-ЕМ (Россия) .....	329
9.4.9. Система АСС (Италия).....	333
9.4.10. Система местного управления стрелками LOPS .....	336
9.5. Гибридные централизации.....	337
9.5.1. Смешанные механические и электрические, пневматические либо гидравлические системы.....	337
9.5.2. Гибридные релейно-процессорные централизации .....	338
<b>10. Системы автоматики и телемеханики на перегонах.....</b>	<b>340</b>
10.1. Классификация.....	340
10.2. Средства поддержки в системах, где за безопасность отвечает персонал .....	340
10.3. Децентрализованные системы блокировки.....	342
10.3.1. Обзор .....	342
10.3.2. Жезловые системы блокировки .....	343
10.3.3. Системы с однократным разблокированием участка после его освобождения .....	344
10.3.4. Системы с выдачей непрерывной информации о разблокировании участка ...	353
10.4. Централизованные системы блокировки .....	358
10.4.1. Обзор .....	358
10.4.2. Централизованные системы блокировки для второстепенных линий.....	360
10.4.3. Радиоэлектронная блокировка .....	361

10.4.4. Централизованная автоблокировка, управляемая системами централизации .....	362
10.4.5. Системы управления движением поездов на перегонах высокоскоростных линий .....	364
10.5. Системы с подвижными блок-участками .....	365
<b>11. Организация движения поездов с использованием удаленного управления .....</b>	<b>369</b>
11.1. Удаленное управление и контроль .....	369
11.1.1. Виды диспетчерского управления и контроля .....	369
11.1.2. Централизация управления станционными устройствами .....	371
11.1.3. Гибкое распределение зон управления .....	373
11.2. Процессы в оперативном управлении .....	373
11.2.1. Ввод и отображение информации .....	373
11.2.2. Оценка оперативной ситуации .....	374
11.2.3. Управляющие воздействия .....	376
11.3. Передача данных в телемеханических системах управления .....	379
11.3.1. Типы связей между ДЦ и станциями .....	379
11.3.2. Интерфейс на базе релейной техники между ДЦ и релейными централизациями .....	380
11.3.3. Интерфейс между ДЦ и релейной централизацией через микропроцессорный стык .....	382
11.4. Загрузка оператора .....	383
11.4.1. Влияние технологии .....	384
11.4.2. Влияние инфраструктуры .....	384
11.4.3. Влияние оперативного плана .....	385
11.4.4. Влияние размеров движения .....	386
11.4.5. Влияние отказов .....	386
11.4.6. Результаты и заключения по расчетам загрузки операторов .....	387
11.5. Примеры систем оперативного управления .....	387
11.5.1. Централизация диспетчерского руководства в США .....	387
11.5.2. Центры оперативного управления в Германии .....	392
11.5.3. Центры управления перевозками в России .....	395
<b>12. Безопасность и управление на сортировочных станциях .....</b>	<b>398</b>
12.1. Принципы организации сортировочных процессов .....	398
12.2. Парки сортировочной станции и их функции .....	399
12.2.1. Общая структура и функционирование .....	399
12.2.2. Варианты структур сортировочных станций .....	400
12.2.3. Автоматизация .....	402
12.3. Управление сортировочными процессами .....	403
12.3.1. Введение .....	403
12.3.2. Замедлители .....	404
12.3.3. Устройства перемещения грузовых вагонов .....	409
12.3.4. Стрелки .....	409
12.3.5. Датчики .....	410
12.3.6. Контроль свободности путей .....	412
12.3.7. Системы управления сортировочными станциями .....	412
<b>13. Устройства безопасности на переездах .....</b>	<b>419</b>
13.1. Требования и основная классификация .....	419
13.2. Постоянная сигнализация со стороны автодороги .....	420
13.3. Нерегулируемые переезды .....	422

13.4. Регулируемые переезды.....	426
13.4.1. Общие положения .....	426
13.4.2. Активные средства ограждения со стороны автодороги .....	426
13.4.3. Открытие и закрытие переездной сигнализации .....	432
13.4.4. Контроль устройств переездной сигнализации.....	436
13.4.5. Возможности организации движения в случае неисправности переездной сигнализации.....	442
13.4.6. Увязка с движением на перекрестках .....	444
13.5. Ликвидация железнодорожных переездов .....	445
<b>14. Дополнительные системы обеспечения безопасности движения поездов .....</b>	<b>447</b>
14.1. Предаварийные и аварийные ситуации на железнодорожном транспорте .....	448
14.1.1. Непредумышленные ситуации.....	448
14.1.2. Умышленное причинение вреда .....	450
14.2. Методы обнаружения неисправностей и нарушений .....	450
14.2.1. Способы мониторинга.....	451
14.2.2. Нарушения и неисправности, требующие контроля .....	452
14.2.3. Новый подход к организации мониторинга — концепция пунктов контроля .....	453
14.2.4. Обзор технологий и технических средств .....	454
14.3. Выбор места размещения измерительных устройств .....	461
14.3.1. Оперативное управление .....	462
14.3.2. Классификация элементов инфраструктуры с повышенным риском возникновения аварийной ситуации .....	464
14.3.3. Стратегии обеспечения безопасности .....	465
<b>Список литературы.....</b>	<b>467</b>
<b>Пояснения к графическим элементам, использованным на путевых планах .....</b>	<b>472</b>
<b>Сведения о редакторах и авторах .....</b>	<b>474</b>
<b>Благодарности .....</b>	<b>480</b>

## Рекламодатели

ООО «Балтавтоматика».....	367
ООО «Президент-Нева» Энергетический центр» .....	368
ООО «НПЦ Промавтоматика».....	378
Научно-производственный центр «Промэлектроника» .....	157
ОАО «Радиоавионика» .....	331
Группа компаний «Сант» .....	116
ЗАО «Транс-Сигнал».....	195
ЦКЖТ ПГУПС.....	397
ООО «Энергоинфотранс» .....	377
НПП «Югпромавтоматизация» .....	417
Компания Bombardier Transportation.....	325
Компания FORATEC.....	323
Компания Siemens .....	109