

Комплексная безопасность на железнодорожном транспорте и метрополитене

Часть 2



онография

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И МЕТРОПОЛИТЕНЕ

В двух частях

Часть 2

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Под редакцией
В.М. Пономарева и В.И. Жукова

Монография

Москва
2015

УДК 656.2
ББК 39.2
К63

Авторы: д-р техн. наук, проф. *В.М. Пономарев*, канд. техн. наук, проф. *В.И. Жуков*, старший преп. *В.Г. Стручалин* — гл. 1—8, 11, 12, 14; д-р техн. наук, проф. *В.М. Пономарев* — гл. 9, 10, 13

Рецензент: руководитель отдела промышленной безопасности ФАУ «Отраслевой научно-методический центр», канд. техн. наук *В.А. Ульянов*

К63 Комплексная безопасность на железнодорожном транспорте и метрополитене: монография: в 2 ч. / В.М. Пономарев и др.; под. ред. В.М. Пономарева и В.И. Жукова. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015.

ISBN 978-5-89035-823-3

Ч. 2: Безопасность движения и безопасность в чрезвычайных ситуациях. — 494 с.

ISBN 978-5-89035-825-7

Рассмотрены проблемы комплексной безопасности на железных дорогах. Подробно изложены методы и приведены технические средства организации движения поездов на перегонах и станциях, среди которых системы безопасного вождения локомотивов машинистами, средства комплексной механизации на сортировочных горках и обеспечения безопасности движения на железнодорожных перегодах, системы автоматического контроля и обеспечения безопасности движения подвижного состава и др. Большое внимание уделено нормативам содержания и устройствам диагностики состояния железнодорожного пути, стрелочных переводов и искусственных сооружений. Освещены актуальные вопросы, связанные с перевозкой опасных грузов, а также с источниками возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Проанализированы современные подходы к обеспечению устойчивости функционирования железнодорожного транспорта в чрезвычайных ситуациях.

Предназначена для инженерно-технического персонала железных дорог. Может быть использована в учебном процессе для студентов вузов, обучающихся специальностям 190300 «Подвижной состав железных дорог», 190401 «Эксплуатация железных дорог», 190901 «Системы обеспечения движения поездов», 275501 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» и по направлениям подготовки бакалавров 190700 «Технология транспортных процессов», 280700 «Техносферная безопасность».

УДК 656.2
ББК 39.2

ISBN 978-5-89035-825-7 (ч. 2)
ISBN 978-5-89035-823-3

© Коллектив авторов, 2015
© ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», оформление, 2015

Введение

В современных условиях роль железнодорожного транспорта продолжает оставаться ведущей в системе жизнедеятельности государства. Надежность работы транспортной системы Российской Федерации и в первую очередь железнодорожного транспорта имеет важное значение в обеспечении национальной безопасности Российской Федерации.

Изменение и напряженность геополитической обстановки в мире, проявления террористического характера, криминогенная обстановка в стране и за рубежом требуют совершенствования форм и способов защиты важных объектов железнодорожного транспорта (далее — объектов), а следовательно, и развития ее составных частей.

Повышение надежности защиты при помощи различных технических средств является одним из основных условий безопасного функционирования важных объектов железнодорожного транспорта. Выполнение задач и мероприятий технического обеспечения позволяет повысить результативность защиты этих объектов, снизить возможность проведения на них различных противоправных действий.

На сегодняшний день при перевозках на железнодорожном транспорте существует ряд основных проблем, связанных с потенциальной опасностью при данном виде перевозок: захват подвижного состава террористами; возгорание подвижного состава; сход подвижного состава; столкновение поездов; неисправности путей; поражающий фактор при столкновении (травматизм); несоблюдение правил безопасности пассажирами.

Движение поезда становится опасным, когда он сталкивается с другим поездом, с другим транспортным средством на переезде или когда подвижной состав сходит с рельсового пути. В этих случаях возникают поражающие факторы, которые создают угрозу для жизни и здоровья пассажиров, персонала железных дорог, населения, для целостности грузов и объектов внешней среды.

Повышенная опасность железнодорожного транспорта связана с широким применением горючих материалов, а также с пере-

возкой опасных грузов. Основные причины аварий и катастроф на железнодорожном транспорте — неисправности пути, подвижного состава, средств сигнализации, ошибки диспетчеров, невнимательность и халатность машинистов. Чаще всего происходят сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары непосредственно в вагонах, размывы железнодорожных путей; обвалы, оползни, наводнения случаются значительно реже. При перевозке опасных грузов, таких, как газы, легковоспламеняющиеся и взрывоопасные вещества, происходят взрывы и пожары.

Поезда всегда автономны в пути следования, зачастую удалены от мест, где возможно оказание необходимой помощи при аварии или пожаре. Причины опасных отказов технических (аппаратных) средств — недостаточный запас прочности их элементов вследствие ошибок разработчиков и проектировщиков, ошибок производителей при выборе технологических процессов и материалов, а также дефекты производства. В список причин аварий входят также нарушения технологий эксплуатации технических средств, приводящие к преждевременной выработке ресурсов, и нарушения технологий технического обслуживания и ремонта, приводящие к неполному и несвоевременному восстановлению запаса прочности. К этим же причинам относятся деградация технических средств, обусловленная химическими и физическими процессами в материалах элементов даже при соблюдении технологий эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов, а также воздействия внешней среды, в том числе ее естественной, технологической и социальной составляющих. Причинами опасных ошибок программных средств являются ошибки разработчиков, а также ошибки персонала железных дорог в процессе эксплуатации и сопровождения программ.

К причинам опасных ошибок персонала железных дорог относятся: ошибки профессионального отбора и недостаточная подготовка специалистов; низкий уровень технологической дисциплины; ошибки при использовании медицинских препаратов; прием алкогольных и наркотических веществ; ухудшение физического или психологического состояния, в том числе под воздействием внешней среды.

Анализ обобщенных данных о производственном травматизме показывает, что основными причинами несчастных случаев на

железных дорогах являются: переход, переезд железнодорожных путей в неустановленных местах или перед близко идущим поездом — 65—75 % всех пострадавших; несоблюдение правил безопасности на железнодорожных станциях и платформах — 25—35 %; личная неосторожность пассажиров при посадке и высадке из поезда — 8—9 % случаев; самоубийства — около 1 %. Число травм из года в год не уменьшается.

Современное управление безопасностью перевозок на сети железных дорог ОАО «РЖД» обеспечивает весьма высокий ее уровень. Вместе с тем представляется возможным за счет повышения эффективности управления уменьшить число сходов подвижного состава и столкновений поездов, а также сократить количество случаев производственного травматизма.

Глава 1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

1.1. Классификация транспортных происшествий в поездной и маневровой работе

Транспортные происшествия на железнодорожном транспорте Российской Федерации классифицируются следующим образом:

- крушения;
- аварии;
- случаи брака в работе.

К крушениям поездов относятся столкновения пассажирских или грузовых поездов с другими поездами или подвижным составом, сходы подвижного состава в пассажирских или грузовых поездах на перегонах и станциях, в результате которых погибли или получили тяжкие телесные повреждения люди, или повреждены локомотивы или вагоны до степени исключения их из инвентаря.

К авариям относятся:

- столкновения пассажирских поездов с другими поездами или подвижным составом, не имеющие последствий, в результате которых получили телесные повреждения люди или повреждены локомотивы или вагоны в объеме деповских видов ремонта;
- сходы подвижного состава в пассажирских поездах на перегонах и станциях, не имеющие последствий, в результате которых получили телесные повреждения люди или повреждены локомотивы или вагоны соответственно в объемах ремонта ТР-2 и деповского или более сложных ремонтов;
- столкновения грузовых поездов с другими грузовыми поездами или подвижным составом, в результате которых допущено повреждение локомотивов или вагонов в объеме капитального ремонта;
- сходы подвижного состава в грузовых поездах на перегонах и станциях, в результате которых допущено повреждение локомотивов или вагонов в объеме капитального ремонта;
- столкновения и сходы подвижного состава при маневрах, экипировке и других повреждениях, в результате которых погиб-

ли или получили тяжкие телесные повреждения люди; повреждены локомотивы или вагоны до степени исключения их из инвентаря.

К случаям брака в работе относятся:

- столкновения пассажирских или грузовых поездов с другими поездами или подвижным составом по всем причинам;
- сходы подвижного состава в пассажирских или грузовых поездах на перегонах и станциях;
- прием поезда на занятый путь;
- отправление поезда на занятый перегон;
- прием или отправление поезда по неготовому маршруту;
- проезд запрещающего сигнала или предельного столбика;
- перевод стрелки (под поездом, маневровым составом или локомотивом);
- уход подвижного состава на маршрут приема, отправления поезда или на перегон, или с перегона на станцию;
- развал груза в пути следования;
- излом оси, осевой шейки или колеса;
- излом боковины или надрессорной балки тележки вагона;
- обрыв хребтовой балки подвижного состава;
- отцепка вагона от пассажирского поезда в пути следования из-за технических неисправностей;
- отправление поезда с перекрытыми концевыми кранами;
- порча локомотива с требованием вспомогательного локомотива в пассажирском поезде;
- отсутствие ограждения сигналами опасного места для движения поездов при производстве работ;
- ложное появление на напольном светофоре разрешающего показания сигнала вместо запрещающего или появление более разрешающего показания;
- столкновение поезда с автотранспортным средством или другой самоходной машиной, допущенное по вине железнодорожников;
- излом рельса под поездом;
- саморасцеп автосцепок в пассажирском поезде;
- саморасцеп автосцепок в грузовом поезде;
- отцепка вагона от грузового поезда в пути следования из-за нагрева буксы или других технических неисправностей;
- взрез стрелки;

- отцепка вагона от поезда на промежуточной станции из-за нарушения технических условий погрузки, угрожающих безопасности движения;
- обрыв автосцепки подвижного состава;
- падение на путь деталей подвижного состава;
- неисправности пути, подвижного состава, устройств СЦБ и связи, контактной сети, электроснабжения и других технических средств, в результате которых допущена задержка поезда на перегоне хотя бы по одному из путей или на станции сверх времени, установленного графиком движения, на один час и более;
- неисправность пути, потребовавшая выдачи поездным диспетчером по заявке начальника вагона-путеизмерителя приказа о закрытии движения на участке или ограничения скорости движения поезда до 15 км/час;
- сходы подвижного состава при маневрах, экипировке и других передвижениях, при которых повреждены локомотивы в объеме ремонта ТР-1 или вагоны в объеме текущего отцепочного ремонта (или более сложных видов ремонта подвижного состава);
- столкновения подвижного состава при маневрах, экипировке и других передвижениях, при которых повреждены локомотивы в объеме ремонта ТР-1 или вагоны в объеме текущего отцепочного ремонта (или более сложных ремонтов подвижного состава);
- затопление, пожар, нарушение целостности конструкций сооружений, связанные с несоблюдением условий безопасности движения, вызвавшие полный перерыв движения поездов хотя бы по одному из путей на перегоне в течение 1 часа и более;
- утечка опасных грузов, вызвавшая любое загрязнение окружающей среды.

1.2. Положение «О порядке служебного расследования транспортных происшествий на железнодорожном транспорте»

Служебное расследование транспортных происшествий в зависимости от классификации и места происшествия производят представители Управления безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта Федеральной службы по надзору в сфере транспорта или территориальных управлений государственного

железнодорожного надзора (далее — Управление), руководители причастных предприятий и организаций, осуществляющих деятельность в сфере железнодорожного транспорта.

Представители прокуратуры и других контролирующих ведомств Российской Федерации действуют в этих случаях в соответствии со своими полномочиями и инструкциями. О случаях крушений и аварий руководители предприятий и организаций, осуществляющих деятельность в сфере железнодорожного транспорта, оповещают местные органы власти, а при необходимости и другие ведомства.

В Положении используются следующие понятия:

- субъекты железнодорожного транспорта — предприятия и организации (физические и юридические лица), осуществляющие деятельность в сфере железнодорожного транспорта: пользователи услугами железнодорожного транспорта, владельцы инфраструктуры, перевозчики, операторы подвижного состава;

- транспортное происшествие — событие, возникшее при движении железнодорожного подвижного состава и с его участием, повлекшее за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, окружающей среде, имуществу физических и юридических лиц.

При расследовании должны быть выявлены причины и обстоятельства, которые привели к транспортному происшествию, а также виновные лица.

На основе материалов расследования и проведенных одновременно проверок руководителем субъекта железнодорожного транспорта разрабатываются и осуществляются мероприятия по предупреждению повторения транспортных происшествий, согласованные с Управлением. Руководитель субъекта железнодорожного транспорта несет персональную ответственность за своевременное выполнение вышеназванных мероприятий, Управление осуществляет контроль за их выполнением.

Исследования и испытания, связанные с расследованием причин транспортных происшествий, проводятся научно-исследовательскими институтами и научными организациями в области транспорта за счет средств субъекта железнодорожного транспорта.

Руководство субъекта железнодорожного транспорта несет ответственность за сохранность документов, элементов верхнего строения пути, деталей подвижного состава и других предметов, кото-

рые могут иметь значение при установлении причин транспортного происшествия в течение всего периода служебного расследования и следствия.

Решение о направлении указанных документов, деталей и предметов на исследование или испытание и сроках их хранения принимается комиссией, проводившей расследование транспортного происшествия.

Ответственность за правильность классификации транспортного происшествия, своевременное и полное оформление материалов расследования, представление их в установленные сроки в Управление несет руководитель субъекта железнодорожного транспорта.

Порядок расследования крушений и аварий, сходов подвижного состава в поездах, проездов запрещающих сигналов. Руководители и специалисты Управления выезжают на расследование и возглавляют расследование случаев крушений, аварий, сходов подвижного состава в пассажирских поездах, проездов запрещающих сигналов с тяжелыми последствиями.

О крушениях, авариях, сходах подвижного состава в пассажирских поездах и проездах запрещающих сигналов руководитель субъекта железнодорожного транспорта обязан доложить в Федеральную службу по надзору в сфере транспорта.

При получении сообщения о железнодорожном транспортном происшествии руководитель субъекта железнодорожного транспорта с причастными специалистами немедленно выезжают на место происшествия для первичного расследования, принятия мер по оказанию помощи пострадавшим, а также по организации и ликвидации последствий транспортного происшествия.

На месте транспортного происшествия:

- изымаются: скоростемерная лента, натурный лист поезда, справка об обеспеченности поезда тормозами, предупреждения об ограничении скорости движения и бортовой журнал локомотива;
- составляется схема разрушения пути и расположения подвижного состава, следов схода его с рельсов с привязкой к километру и пикетам, начала схода и места остановки подвижного состава;
- производится фотографирование общего вида последствий транспортного происшествия, поврежденного пути, подвижного состава, обнаруженных на пути посторонних предметов, деформиро-

ванных деталей, неправильно загруженных вагонов, перекрытых концевых кранов, положения органов управления локомотива и др.;

- составляются акты осмотра места транспортного происшествия, технического состояния подвижного состава, пути, устройств сигнализации, централизации и блокировки и других устройств, имеющих значение при установлении причин транспортного происшествия (указанные акты подписываются руководителями субъектов железнодорожного транспорта, первыми прибывшими на место происшествия);

- берутся письменные (в необходимых случаях с использованием аудио- и видеозаписи) объяснения от лиц, причастных к происшествию, а также от других очевидцев транспортного происшествия;

- фиксируются погодные условия на момент транспортного происшествия.

Ответственность за проведение указанных работ несет руководитель субъекта железнодорожного транспорта.

После выяснения на месте причин транспортного происшествия, но не позднее 24 ч с момента происшествия, руководитель субъекта железнодорожного транспорта совместно с представителем органа прокурорского надзора сообщает об обстоятельствах происшествия руководителю Федеральной службы надзора в сфере транспорта и в Генеральную прокуратуру Российской Федерации.

Порядок оформления и разбора результатов расследования крушений, аварий, сходов подвижного состава в поездах и поездов запрещающих сигналов. По результатам предварительного расследования транспортного происшествия, но не позднее 72 ч с момента происшествия, руководителем субъекта железнодорожного транспорта составляется акт служебного расследования установленной формы и техническое заключение о причинах крушения, аварии, схода подвижного состава в пассажирских поездах, проезде запрещающего сигнала, подписанный всеми членами комиссии, принявшими участие в расследовании.

Руководитель субъекта железнодорожного транспорта в десятидневный срок организует оформление материалов расследования и представляет их в Управление.

Материалы о служебном расследовании транспортного происшествия должны содержать следующие документы.

Опись дела:

- акт служебного расследования;
- техническое заключение;
- протоколы оперативного совещания по разбору причин транспортного происшествия в структурных подразделениях;
- приказы руководителей структурных подразделений по результатам расследования; список мероприятий по недопущению повторения транспортного происшествия;
- документы, видео- и фотоматериалы, подтверждающие причину транспортного происшествия: схемы, акты с указанием имеющихся отступлений от норм содержания и повреждений технических средств в результате транспортного происшествия;
- результаты расшифровки скоростемерной ленты, модуля памяти или кассеты регистрации параметров движения подвижного состава (с указанием места хранения подлинника документа), имеющего отношение к расследуемому случаю;
- акты о состоянии и работе технических средств, имеющих отношение к расследуемому случаю;
- натурные листы поездов, участвовавших в транспортном происшествии;
- результаты проведенных экспериментов и расчеты (если они производились);
- выкопировка из графика движения по участку, на котором допущено транспортное происшествие, заверенная ответственным руководителем диспетчерского аппарата;
- выписки из журналов первичной документации (движения поездов, дежурного по депо, осмотра устройств пути, СЦБ и связи, диспетчерских распоряжений и т.п.), техническо-распорядительных актов станций, книги ревизорских указаний в части, касающейся причин транспортного происшествия;
- данные о плане и профиле пути на месте транспортного происшествия, справки о результатах последней проверки пути путеизмерителями и дефектоскопными средствами с приложением записей расшифровки проверки, а также копии записей в книгах осмотров и промеров пути и стрелочных переводов;
- метеорологическая справка;
- другие документы, касающиеся причин допущенного транспортного происшествия;

— характеристики лиц, причастных к транспортному происшествию; их объяснения; сведения о режиме труда и отдыха, о результатах последних испытаний в знании ПТЭ, других нормативных актов и должностных инструкций, а также заключение о медицинском освидетельствовании непосредственно виновных, необходимость в котором определяется в каждом конкретном случае.

Документы, характеризующие последствия транспортного происшествия:

- список пострадавших с предварительными диагнозами;
- акты о повреждении подвижного состава;
- справка о повреждении грузов;
- справка о предварительных данных по убыткам от утраты груза и повреждения технических средств, а также о затратах на ликвидацию последствий транспортного происшествия.

В исключительных случаях, когда материал не может быть представлен в установленный срок, руководителем субъекта железнодорожного транспорта должно быть получено в Федеральной службе по надзору в сфере транспорта разрешение на отсрочку представления материала.

Разбор обстоятельств транспортного происшествия проводит руководитель субъекта железнодорожного транспорта в срок не позднее 15 дней с даты происшествия.

Разбор обстоятельств транспортного происшествия с тяжелыми последствиями, расследование которого проводится правительственной комиссией, может быть рассмотрен на коллегии Министерства транспорта Российской Федерации.

По истечении двух месяцев после допущенного транспортного происшествия руководителем субъекта железнодорожного транспорта должна быть представлена в Управление информация о выполнении мероприятий, разработанных по результатам расследования, и дополнительные документы:

- о фактическом выпуске из ремонта подвижного состава и стоимости ремонта;
- о материальном ущербе от транспортного происшествия в денежном выражении (от порчи и утраты груза и отдельно от повреждения технических средств и сооружений);
- списки пострадавших.

Руководители субъектов железнодорожного транспорта обязаны докладывать в Управление о принятых решениях судебных органов по допущенным транспортным происшествиям.

Порядок расследования других случаев транспортных происшествий. Порядок расследования случаев транспортных происшествий, определенных Классификацией транспортных происшествий в поездной и маневровой работе на железнодорожном транспорте и не вошедших в п. 6.2.2 настоящего Положения, устанавливается руководителями субъектов железнодорожного транспорта.

Порядок учета и классификации транспортных происшествий. Ответственность за правильность и достоверность учета и классификации транспортных происшествий несут руководители субъектов железнодорожного транспорта.

Информация о допущенных транспортных происшествиях (согласно Классификации транспортных происшествий в поездной и маневровой работе на железнодорожном транспорте) ежемесячно представляется в Управление руководителями субъектов транспортного комплекса не позднее 10-го числа следующего за отчетным месяца.

Федеральная служба по надзору в сфере транспорта обеспечивает контроль за достоверностью учета и классификации транспортных происшествий.

Ведение документации, применяемой при приеме, отправлении и пропуске поездов. Настольный журнал движения поездов — это основной документ для регистрации прибытия, отправления и проследования поездов. На промежуточных станциях заполняют форму ДУ-2, а на сортировочных и участковых станциях — форму ДУ-3. В настольный журнал дежурный по станции (ДСП) или под его непосредственным наблюдением оператор записывает все без исключения прибывающие, отправляющиеся и следующие через станцию без остановки поезда, одиночные локомотивы, толкачи и другие подвижные единицы несъемного типа. Все записи выполняют обязательно чернилами, четко и ясно, в соответствии с наименованием граф.

На основании сообщений дежурного (оператора) соседней станции заполняют графы 1 и 2. Время прибытия поезда на станцию отмечают в графе 3.

Для поездов, проследовавших станцию без остановки, графу 3 не заполняют, в графе 4 указывают номер пути, а в графе 7 — вре-

мя прохода станции. В свободных графах журнала делают отметку «Проследовал без остановки».

Перед отправлением поезда, остановленного на станции для работы или для обгона, его номер снова записывают в графу 1. Время фактического отправления поезда со станции отмечают в графе 7. Графу 8 заполняют на основании сообщений, полученных от дежурного (оператора) соседней станции. Для поездов, отправленных по правильному пути на двухпутный перегон с автоблокировкой, графа 8 не заполняется. Графы 9 и 10 заполняют лишь для отправленных после работы на станции грузовых поездов.

Пример заполнения настольного журнала движения поездов и локомотивов (форма ДУ-2) рассмотрен в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Пример заполнения настольного журнала движения поездов и локомотивов (форма ДУ-2)

Для нечетных поездов											
№ поезда	Время, ч, мин		номер пути приема (отправления) поезда	№ жезла прибытия	№ жезла отправления	Время, ч, мин		Отправлено		Работа с поездом на станции	Примечание
	отправления поезда с соседней станции	прибытия поезда на станцию				Отправления поезда со станции	прибытия поезда на соседнюю станцию	всего осей в поезде	вес поезда брутто/ нетто (в тоннах)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6823	14.10	14.27	4			14.28				прицеплено/ отцеплено вагонов: в числе — груженные, в знаменателе — порожние по роду; время, затраченное поездным локомотивом на маневровую работу и записанное в маршрут машиниста; причины задержки поезда свыше времени, положенного по расписанию	
3403	14.20	14.38	6			14.56					
17	14.40		11								
3403	—		6			15.08		34	1620		
										$\frac{10}{0} / \frac{2}{0} / \frac{16}{0} / 0$	

Графы 5 и 6 заполняют при движении поездов по электрожелезнодорожной связи. Свободные графы 9—12 используются для особых отметок об операциях, связанных с движением поездов (прием и отправление поездов при запрещающем показании входного или выходного светофора «по радиосвязи», по «пригласительному сигналу», «по письменному разрешению»), о передаче без пропуска через жезловой аппарат жезла, полученного с прибывшего, отправляемому на тот же перегон поезду, о показании счетчика, фиксирующего нажатие вспомогательной кнопки искусственной подачи блокировочного сигнала прибытия (при полуавтоматической блокировке), и др.

Записи в настольном журнале являются основанием для передачи соседним станциям и поезвному диспетчеру сведений о прибытии (возвращении), отправлении и проследовании поездов. Только своевременная информация о прибывающих поездах может обеспечить прием поездов без задержки у входного сигнала и на пути, предусмотренный для этих операций технико-распорядительным актом (ТРА) станции.

При отправлении поездов по автоблокировке, чтобы не допустить путаницы, сообщения о поездах, отправленных один за другим, рекомендуется передавать так: «За п. № 17 отправился п. № 3403 в 15 ч 08 мин».

На двухпутных участках, оборудованных автоблокировкой для одностороннего движения, время прибытия поезда, следовавшего по правильному пути на соседнюю (позади лежащую) станцию, не передается. На станциях, принимающих поезда с перегонов, не оборудованных автоблокировкой, время прибытия поезда может быть записано в настольный журнал и сообщено соседней станции лишь после того, как дежурный по станции лично убедится или в установленном порядке получит сообщение от соответствующих работников, что поезд прибыл с перегона в полном составе с поездным сигналом на последнем вагоне.

Журнал диспетчерских распоряжений (форма ДУ-58) ведет поездный диспетчер и по той же форме лично дежурный по станции или оператор. Поскольку точное выполнение регистрируемых приказов непосредственно связано с обеспечением безопасности движения поездов, дежурный по станции или оператор после записи в журнал обязан дословно повторить содержание приказа поезвному

диспетчеру. Если приказ диспетчера принимает и записывает оператор, то последний обязан немедленно предъявить его дежурному по станции для ознакомления и расписки в прочтении.

Книга для записи предупреждений на поезда (форма ДУ-60) необходима для регистрации всех заявок на выдачу предупреждений (телеграмм, телефонограмм), а также извещений об отмене предупреждения.

Записи в книге оформляет дежурный по станции или оператор с последующей подписью дежурного по станции, а также непосредственно должностное лицо, имеющее право давать заявки на выдачу предупреждений. Дежурный по станции, допустивший неточность при внесении записей в книгу, несет полную ответственность за все последствия.

Нумерация записей в книге ведется помесечно с первого номера, начиная с полуночи каждого первого числа месяца. Первого числа каждого месяца все действующие предупреждения переписывают в книгу вновь. Графы книги заполняют следующим порядком.

В графе 1 записывают порядковый номер, начиная с полуночи каждого первого числа месяца; в графе 2 — номер заявки, время получения дежурным по станции (число, месяц, часы и минуты), должность и фамилию лица, подписавшего заявку. Ниже расписывается дежурный по станции, удостоверяя время получения. В графах 3 и 4 проставляют время (число, месяц, часы и минуты) начала действия предупреждения, указанное в заявке.

В графе 5 отмечают время действия предупреждения. Если предупреждение установлено на срок, то указывают часы и минуты, до которого оно действует, а если предупреждение установлено до отмены, пишут слова «до отмены», в графе 6 указывают километр или место действия предупреждения, а в графе 7 излагают характер предупреждения. В этой графе надо записывать, о чем должно быть выдано предупреждение. Причину, даже если она указана в заявке, в графе 7 книги не записывают. По получении извещения (телеграммы, телефонограммы) о прекращении действия, назначенного до отмены предупреждения, в графе 10 записывают его номер, время получения (число, месяц, часы и минуты), должность и фамилию лица, подписавшего телеграмму. Затем в графах 8 и 9 указывают время окончания действия предупреждения, после чего перечеркивают накрест запись в графе 7 и выдачу предупреждений

прекращают. Дежурный по станции, сделавший записи в графах 8, 9, 10, удостоверяет их своей подписью в графе 10.

В тех случаях, когда предупреждение установлено на определенный срок, и о продлении этого срока уведомление не поступало, в графах 8, 9 и 10 никаких записей не делают. При получении уведомления о продлении срока действия предупреждения, выданного ранее до определенного времени, содержание вновь повторяют в соответствующих графах книги, причем в графах 3, 4 и 5 указывают новое время. Заявок на выдачу предупреждений, особенно в летний период, много. Поэтому в учете и хранении этой документации должен соблюдаться определенный порядок. Для телефонограмм (заявок) выделяют отдельный журнал.

На телеграмме, доставленной на пост, отмечают время получения, затем содержание телеграммы записывают в книгу предупреждений, на самой телеграмме, обычно в левом верхнем углу, проставляют номер, под которым эта заявка записана в книгу. На извещении об отмене делают отметку «к № ...», т.е. к тому номеру, под которым было записано отменяемое предупреждение.

Действующие телеграммы обычно хранят в книге для записи предупреждений, а по истечении срока действия складывают в папки: в одну — назначенные на определенный срок, во вторую — до отмены. При этом телеграмму об отмене скрепляют с телеграммой о назначении.

Пример заполнения книги для записи предупреждений на поезд (форма ДУ-60) рассмотрен в табл. 1.2

Приказы начальника дороги об установлении постоянных предупреждений взамен временных вклеивают в книгу предупреждений за подписью всех дежурных по станции. Дежурный по станции, сделав запись в графе 10 о получении приказа начальника дороги, выдает предупреждения до получения уведомлений от начальников соответствующих депо, обслуживающих участок, о том, что машинистам локомотивов приказ объявлен. Получение таких уведомлений регистрируют в графе 10.

Журнал поездных телефонограмм (форма ДУ-47) ведет дежурный по станции в тех случаях, когда регулирование движением поездов происходит по телефонным средствам связи. Из записей в журнале на каждый данный момент должно быть ясно, свободен или занят перегон или соответствующий путь перегона. На станции,

Таблица 1.2

**Пример заполнения книги для записи предупреждений на поезда
(форма ДУ-60)**

№ п/п	Время получения заявки о предупреждении, № заявки и кем под-писана	Начало действия предупреждения		Время действия предупреждения	Кило-метр или место действия предупреждения	Характер предупреждения	Время окончания действия предупреждения		Время получения уведомления об отмене предупреждения и его номер
		чис-ло, ме-сяц	ч, мин				чис-ло, ме-сяц	ч, мин	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
86	Из Арсеново, № 124 23.07, 18.35 ПЧ-18	24.07	8.00	до отм.	241 км 11 гл	Ско-рость не бо-лее 60 км/ч	24.07	17.30	Из Ар-сеново №132 24.07, 16.15 ПЧ-18
87	Петров ДСП Мигунова Из Борисово, № 189 23.07, 19.20 Зам. ПЧ-17 Ветров ДСП Мигунова	24.07	8.00	до 16.00	211 км 11 гл	Остано-виться у красно-го сиг-нала, а при его отсут-ствии следо-вать со скоро-стью не более 25 км/ч			Петров ДСП Рябова

разграничивающей однопутные перегоны, ведется один журнал на два перегона, на левых страницах которого записывают телефонограммы, относящиеся к одному перегону, а на правых страницах — телефонограммы, относящиеся к другому. На станции, разграничивающей двухпутные перегоны, ведутся два журнала отдельно для

каждого перегона. На левых страницах каждого журнала записывают телефонограммы для нечетных поездов, а на правых страницах — для четных. При отправлении поезда на двухпутном перегоне по неправильному пути телефонограммы для нечетных поездов записывают на правых страницах журнала, а для четных поездов — на левых. Если к станции примыкают три и более направлений, то для каждого примыкающего перегона этих направлений ведется отдельный журнал поездных телефонограмм.

Кроме порядка заполнения перечисленных книг и журналов, дежурный по станции должен знать порядок заполнения установленных форм письменных разрешений и условия вручения их машинистам ведущих локомотивов отправляющихся поездов. К ним относятся: путевая телефонограмма белого цвета для нечетных поездов (форма ДУ-48); путевая телефонограмма светло-синего цвета для четных поездов (форма ДУ-49); разрешение зеленого цвета при полуавтоматической блокировке (форма ДУ-52); разрешение зеленого цвета при автоматической блокировке (форма ДУ-54); извещение белого цвета о движении поезда на однопутных перегонах при перерыве всех средств сигнализации и связи (форма ДУ-55); разрешение белого цвета с двумя красными полосами по диагонали на отправление поезда со станции при перерыве всех установленных средств сигнализации и связи (форма ДУ-56); предупреждение белого цвета с желтой полосой по диагонали об ограничении скорости или особых условиях следования поезда (форма ДУ-61); разрешение белого цвета с красной полосой по диагонали об отправлении поезда на закрытый перегон (форма ДУ-64).

На отдельных (крайне редких) станциях, ограничивающих двухпутный перегон, где постоянным средством связи по каждому пути является телефонная связь, применяются также бланки путевых записок белого цвета для нечетных поездов (форма ДУ-50) светло-синего цвета — для четных поездов (форма ДУ-51).

1.3. Организация движения поездов при нормальных условиях работы станционных технических средств обеспечения безопасности движения

Перед вступлением на смену дежурный по станции обязан всесторонне ознакомиться с положением дел на станции и убедиться в том, что, например, устройства сигнализации, централизации,

блокировки (СЦБ) работают нормально. Для этого он обязан проверить: наличие пломб на аппаратах согласно описи; соответствие показаний приборов на аппарате поездному положению на станции и прилегающих перегонах; просмотреть записи, сделанные ранее в журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети; получить доклад от подчиненных работников вступившей смены о состоянии устройств; при обнаружении неисправностей, не записанных в журнале осмотра, сделать в этом журнале соответствующую запись и сообщить об этом электромеханику, а при необходимости — также работникам пути и энергоснабжения; ознакомиться с содержанием последних записей во всех книгах и журналах, которые ведет дежурный по станции, и др.

Вступление на дежурство оформляется записями в настольном журнале движения поездов. При наличии на аппаратах управления устройствами СЦБ счетчиков пригласительных сигналов, искусственного срабатывания pedalных замычек (реле прибытия), искусственной разделки маршрутов и др. перед записью о приеме дежурства указываются показания счетчиков, например:

23.08.1980г. 20 ч 00 мин.

Счетчики: пригл. «Н» — 32, «Ч» — 49.

Дежурство принял ДСП Иванов.

Дежурство сдал ДСП Петров.

Аналогично оформляют прием и сдачу дежурства и операторы (показания счетчиков при этом не указывают). В том случае, когда на каком-либо перегоне, примыкающем к станции, в начале дежурства организация движения производится не по основным средствам сигнализации и связи, а по телефонной связи, прием и сдачу дежурства оформляют также в журнале поездных телефонограмм, например:

23.08.1980г. 20 ч 00 мин.

Дежурство принял ДСП Иванов, оператор Иванова.

Дежурство сдал ДСП Сидоров, оператор Петрова.

В других журналах и книгах записи при приеме дежурства делать не требуется.

Расписка дежурного по станции о приеме дежурства свидетельствует о том, что он полностью принял на себя ответственность за работу по станции и обеспечение бесперебойного и безопасного приема, отправления и проследования поездов; ознакомился

с обстановкой и содержанием записей во всех книгах и журналах, которые ведут ДСП. В дальнейшем, вступив на дежурство, он не имеет права ссылаться на незнание тех положений, которые записаны в журналах и книгах и касаются его работы.

Поездной диспетчер (ДНЦ) при вступлении на дежурство должен ознакомиться с поездным положением, вызвать всех ДСП своего участка, проверить вступление их на дежурство, записать их фамилии, а также фамилии операторов, сверить часы, ознакомиться с положением на станции и прежде всего выяснить, какие приемо-отправочные пути на промежуточных станциях заняты отдельными вагонами и составами, проверить, какие диспетчерские приказы, записанные ранее, продолжают действовать. Кроме того, станции сообщают о наличии действующих предупреждений об ограничении скорости. Все это ДНЦ отмечает на графике. Прием и сдачу дежурства поездные диспетчеры регистрируют в журнале диспетчерских распоряжений. Вступивший на дежурство диспетчер передает на станции участка циркулярный приказ:

20.10.8.03 № 149 ЦРК.

В 8 ч 00 мин дежурство принял ДНЦ Максимов.

В 8 ч 00 мин дежурство сдал ДНЦ Добров.

Дежурный по станции обязан хорошо знать аппараты управления СЦБ, на которых он работает, в том числе:

- принцип действия устройств СЦБ и порядок приготовления маршрутов приема, отправления и сквозного пропуска поездов;
- расположение, назначение, внешний вид кнопок и рукояток, предназначенных для перевода стрелок, открытия сигналов и др.;
- показания контрольных приборов на пульте управления;
- порядок разделки или отмены заданных маршрутов; признаки основных нарушений нормальной работы устройств СЦБ и порядок действий при тех или иных нарушениях;
- порядок пользования вспомогательными рукоятками и кнопками, кнопками пригласительных сигналов и др.;
- порядок и способы выключения и включения в централизацию (в зависимости) отдельных элементов устройств СЦБ.

Все эти вопросы излагаются в местных инструкциях о порядке пользования устройствами СЦБ, разрабатываемых отдельно для каждой станции и являющихся приложениями к ТРА станции. На стан-

циях, оборудованных электрической централизацией стрелок, при приготовлении маршрутов приема и отправления поездов должны выполняться следующие основные требования:

- перед установкой маршрута надо убедиться по табло, что все изолированные участки и путь приема свободны, а сигналы по враждебным маршрутам закрыты и нет никаких препятствий для безопасного следования поезда; не разрешены маневры при запрещающем показании сигналов на путях и стрелках, по которым будет проходить поезд, не разрешены какие-либо работы, препятствующие движению или могущие привести к перекрытию светофора, и т.п.;

- предварительное задание маршрутов (нажатие сигнальных кнопок) до освобождения всего маршрута ранее проследовавшим поездом не допускается;

- перед переводом стрелки надо убедиться по табло, что изолированный участок, в который она входит, свободен;

- после поворота стрелочной рукоятки (нажатия стрелочной пусковой кнопки) надо убедиться по отклонению стрелки амперметра и изменению показания контроля положения стрелки, что ее перевод начался и закончился;

- после нажатия сигнальной кнопки (поворота сигнальной рукоятки) по контролю на табло надо убедиться, что соответствующий светофор открылся на разрешающее показание.

При всех видах централизации одновременный перевод двух стрелок и больше с помощью индивидуальных рукояток (кнопок) не разрешается. Одновременная установка (открытие светофора) двух и более маршрутов в одном районе при маршрутно-релейной централизации запрещается. Только убедившись в том, что один маршрут установлен (открылся соответствующий светофор), можно приступить к заданию следующего маршрута в данной горловине станции.

При приготовлении маршрутов приема и отправления поездов на станциях с нецентрализованными стрелками дежурный по станции должен соблюдать порядок и последовательность действий, предусмотренные Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах (ИДП).

Все операции по управлению устройствами СЦБ должны выполняться дежурным по станции или под его руководством опе-

ратором поста централизации. На станциях с нецентрализованными стрелками, оборудованными маршрутно-контрольными устройствами, отдельные операции по управлению устройствами СЦБ выполняются дежурными стрелочного поста. Выполнение указаний дежурный по станции контролирует по показаниям контрольных приборов, а при нарушениях нормальной работы устройств СЦБ — по докладам соответствующих работников. Если на крупных станциях на пульте управления работают одновременно два или более дежурных по станции, то в ТРА станции устанавливаются районы работы и конкретные обязанности каждого из них.

Очень важное значение в организации движения поездов на станции отводится работе оператора при дежурном по станции. Распоряжения поездного диспетчера, диспетчерские приказы, сообщения соседних станций об отправлении и прибытия поездов — все это получает дежурный через оператора. В свою очередь оператор информирует поездного диспетчера об отправлении поездов и передает ему сведения о составе поезда, сообщает соседним станциям о прибытии и отправлении поездов. В случаях перехода на телефонную связь оператор передает и принимает поездные телефонограммы, заполняет бланки и др. Оператор обязан хорошо разбираться в показаниях на табло и уметь выполнять те операции, которые ему поручаются. Дежурный по станции обязан следить за тем, чтобы вовремя передавались сообщения другим станциям и поездному диспетчеру, своевременно вносились записи о движении поездов в настольный журнал. Все документы, которые подготовил оператор (предупреждения, разрешения, путевые телефонограммы и др.), должны быть проверены и только после этого подписаны дежурным по станции.

Поездной диспетчер — единоличный руководитель движения поездов на участке — обязан контролировать работу станций, следить за приемом и отправлением поездов на станциях и принимать меры по обеспечению безопасности движения поездов. Особенно необходим контроль поездного диспетчера за работой тех станций, на которых по тем или иным причинам нарушено нормальное действие устройств СЦБ и связи. В случаях неисправности средств сигнализации и связи при движении поездов, неисправности поездной радиосвязи, а также невозможности открытия входных и вы-

ходных сигналов дежурный по станции ставит в известность поездного диспетчера и затем действует в соответствии с его указаниями. Без получения регистрируемого приказа поездного диспетчера дежурному по станции запрещается:

- выдавать письменные разрешения машинистам или передавать им приказы по радиосвязи для отправления поезда при заперещающем показании выходного сигнала на однопутный перегон, оборудованный автоблокировкой, а также по неправильно-му пути на двухпутный перегон с двусторонней автоблокировкой;
- изменять с помощью рукояток (кнопок) вспомогательного режима направление автоблокировки на однопутном перегоне и на двухпутном с двусторонней автоблокировкой.

Без получения устного разрешения поездного диспетчера дежурный по станции не имеет права:

- отправлять поезда на однопутный перегон, оборудованный автоблокировкой, или по неправильно-му пути на двухпутный перегон с двусторонней автоблокировкой;
- подавать блокировочный сигнал прибытия вспомогательной кнопкой (ВК) или после искусственного срабатывания pedalной замычки;
- допускать выезд маневрового состава за границу станции и т.п.

Безопасность движения в немалой степени зависит от того, насколько указания, даваемые поездным диспетчером дежурному по станции, будут правильными и четкими. Для того чтобы обеспечить эффективный контроль за работой станции, поездной диспетчер обязан знать правила пользования имеющимися на станциях устройствами СЦБ и связи и, давая то или иное указание дежурному по станции, отчетливо представлять технологию выполнения всех операций. Особо необходим контроль поездного диспетчера в тех случаях, когда обязанности дежурного по станции выполняет молодой, не имеющий достаточного опыта работник.

В течение смены дежурный по станции обязан следить по контрольным приборам аппарата управления и табло за действием устройств СЦБ: изменением контроля положения стрелок при их переводе, открытием светофоров, последовательностью занятия изолированных участков (секций) и перекрытием светофоров при проходе поездов, нормальной разделкой маршрутов и т.п. При обнаруже-

нии отклонений от нормальной работы устройств СЦБ он должен сделать запись об этом в журнале осмотра и вызвать электромеханика для осмотра устройств и устранения повреждений.

Также необходимо вызвать работников дистанции пути, связи, энергоснабжения, если повреждение может быть вызвано отклонением от норм содержания обслуживаемых ими устройств.

Основой для обеспечения безопасности движения поездов в период прекращения действия устройств СЦБ и работы по устранению повреждений является согласованность работников всех служб. Одним из элементов такой согласованности является правильное и своевременное оформление записей в журнале осмотра.

Записями в журнале осмотра определяется не только состояние устройств, но и ответственность работников служб за своевременное обнаружение и устранение неисправностей, правильность оформления ремонтных работ, связанных с восстановлением нормального действия устройств СЦБ, соблюдение установленных требований в период выполнения таких работ и т.п.

Рассмотрим работу станции при выдаче предупреждений на поезд.

Когда при следовании поездов необходимо обеспечить особую бдительность и предупредить о производстве работ, локомотивным бригадам выдают письменные предупреждения на специальных бланках (форма ДУ-61) белого цвета с желтой полосой по диагонали. На отдельных больших станциях, перечень которых устанавливает начальник отделения дороги, бланки предупреждений могут быть отпечатаны на телетайпных аппаратах (в этом случае на бланке нет желтой полосы).

Дежурные по станциям, на которых предусмотрена выдача предупреждений (особенно по станциям, ограничивающим перегон, на котором установлены предупреждения), ответственны за вручение их на каждый отправленный поезд. Поездной диспетчер, отвечающий за организацию безопасного пропуска поездов по участку, обязан контролировать соблюдение всеми дежурными по станциям установленного порядка выдачи предупреждений на поезд.

Предупреждения выдают в следующих случаях:

— когда неисправность пути, устройств контактной сети, переэздной сигнализации, искусственных и других сооружений, а так-

же производство ремонтных и строительных работ требуют уменьшения скорости или остановки в пути;

- невозможно привести в закрытое положение сигналы при вводе в действие новых, перемещении или упразднении существующих постоянных сигналов, а также при их неисправности;

- неисправны путевые устройства автоматической локомотивной сигнализации;

- отправлен поезд с негабаритными грузами;

- на двухпутном перегоне работают снегоочистители, балластеры, путеукладчики, подъемный кран, щебнеочистительные и другие машины;

- в поезд включен подвижной состав, который не может следовать со скоростью, установленной для данного участка;

- съемные подвижные единицы работают в условиях плохой видимости, а также при перевозке на путевых вагончиках тяжелых грузов.

В связи с производством плановых работ заявки на предупреждения имеют право выдавать:

- на время производства работ, но не более чем на один день, — дорожные мастера, начальники и электромеханики дистанций контактной сети, электромеханики дистанций сигнализации и связи;

- на срок до 5 суток — начальники дистанций пути, сигнализации и связи, участков энергоснабжения;

- на срок до 10 суток — начальники отделений дорог.

Предупреждения на более длительные сроки устанавливаются приказом начальника дороги, при этом в приказе об установлении предупреждения начальник дороги может предоставить соответствующим руководителям право их отмены после выполнения необходимых работ и восстановления нормальной скорости.

Обнаружив неисправности пути, угрожающие безопасности движения и требующие ограждения сигналами остановки (одиночная смена дефектного рельса, накладок, стрелочных остряков, элементов уравнильных приборов, крестовин, исправление пути на путях и т.п.) или сигналами уменьшения скорости, заявки на предупреждения выдают дорожный мастер (при его отсутствии — бригадир пути), энергодиспетчер (по требованию работников контактной сети) или начальник (электромеханик) дистанции контактной

сети, электромеханик СЦБ с последующим сообщением об этом начальнику дистанции пути или соответственно начальнику участка энергоснабжения, дистанции контактной сети или дистанции сигнализации и связи.

В каждой заявке на выдачу предупреждений указывают:

- точное обозначение места действия предупреждения (перегон, километр и номер пути);
- меры предосторожности при движении поездов;
- начало и срок действия предупреждения.

Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ установлены 7 форм таких заявок, в каждой из которых предусмотрены следующие меры предосторожности:

- «Остановиться у красного сигнала, а при его отсутствии следовать со скоростью не более ...км/ч» (форма 1);
- «Остановиться у красного сигнала, а при его отсутствии следовать с установленной скоростью» (форма 2);
- «Скорость не более... км/ч» (форма 3);
- «Работает путевой вагончик (дефектоскоп и др.). Обеспечить особую бдительность и более частую подачу оповестительных сигналов» (форма 4);
- «Работает струг, подавайте оповестительные сигналы» (форма 5). Выдается на поезда, следующие по пути, смежному с тем, на котором работает путевой струг;
- «Работает (наименование машины) с нарушением габарита. Остановиться у красного сигнала, а при его отсутствии следовать со скоростью не более ...км/ч» (форма 6). Выдается на поезда, следующие по пути, смежному с тем, на котором работает путевая машина;
- «Обеспечить особую бдительность и более частую подачу сигналов» (форма 7). Выдается при производстве на перегоне ремонтных работ без нарушения целостности рельсовой колеи. Требования, содержащиеся в заявках о предупреждениях, являются исходным материалом для заполнения соответствующих граф бланка предупреждения.

Все предупреждения подразделяются на 3 вида:

- действующие с момента установления до отмены, когда соответствующий руководитель по условиям производства работ не может определить точного срока их окончания;

— устанавливаемые руководителем работ на срок, указываемый в заявке на выдачу предупреждения;

— выдаваемые на отдельные поезда при необходимости соблюдения особых условий их пропуска (наличие в поезде груза или подвижного состава, который не может следовать с установленной скоростью, при назначении непредусмотренных расписанием остановок и т.п.).

Заявки на выдачу предупреждений дают письменно, телеграммой или телефонограммой в адрес дежурных по станциям, установленным начальником дороги, дежурных по станциям, ограничивающим перегон, на котором установлено предупреждение, а на участках с диспетчерской централизацией также и поезвному диспетчеру. Письменная заявка, поданная на одну из перечисленных станций, должна быть подтверждена лицом, подписавшим ее, телеграммой или телефонограммой в другие установленные адреса. Если заявку о выдаче предупреждений дает начальник дистанции пути или другой старший агент, то ее копию адресуют руководителю работ.

Если для непредвиденных работ заявка о выдаче предупреждений передана непосредственно дежурному по станции, ограничивающей перегон, на котором устанавливается предупреждение (письменно или телефонограммой), то дежурный по этой станции содержание заявки должен немедленно передать дежурному по соседней станции и поезвному диспетчеру. Диспетчерским приказом содержание заявки передают на станции выдачи предупреждений, а дежурному по станции, ограничивающей перегон, где установлено предупреждение, указывается дополнительно, какие поезда из числа находящихся в ходу должны быть остановлены на станции для выдачи предупреждения.

Предупреждение, установленное впредь до отмены, имеет право отменить только тот работник, которым оно установлено, или непосредственный его начальник. Должностные лица могут поручить подчиненным им руководителям линейных подразделений после выполнения соответствующих работ отменить установленные предупреждения или повысить установленную предупреждением скорость движения поездов. О таком поручении должно быть указано в заявке.

Действие предупреждения, установленного до отмены, прекращается немедленно подачей телеграммы (телефонограммы) в те же

адреса, что и при назначении предупреждений. Отмена предупреждений может быть оформлена письменно или записью в книге предупреждений на станции их выдачи лицом, заявляющим отмену, с указанием месяца, числа и отмены с последующим подтверждением этой записи телеграммой (телефонограммой) в установленные адреса.

Получив извещение об отмене предупреждений, связанных со снижением скорости движения поездов на перегоне, или о досрочном окончании действия аналогичных предупреждений, если они были установлены на определенный срок, дежурный по станции должен поставить в известность об этом поездного диспетчера. На участках, оборудованных поездной радиосвязью, уведомление об окончании работ ранее срока, указанного в предупреждении, или о повышении установленной предупреждением скорости может быть передано машинисту локомотива по радиосвязи регистрируемым приказом поездного диспетчера.

При отсутствии радиосвязи приказ диспетчера об отмене предупреждения может быть передан машинисту также через дежурного по ближайшей станции, на которой поезд имеет остановку.

Перечень станций выдачи предупреждений на поезда устанавливает начальник дороги. На эти станции руководители работ (в том числе и со смежных участков, расположенных на соседних дорогах) должны адресовать телеграммы об установлении предупреждений. Порядок выдачи предупреждений на пригородные, вывозные и передаточные поезда, а также на подталкивающие локомотивы устанавливает начальник отделения дороги.

Бланки предупреждения заполняет заблаговременно (кроме номера поезда) и подписывает дежурный по станции (посту, парку). Номер поезда проставляется в бланке предупреждения перед выдачей машинисту или его помощнику. Текст предупреждения, заполненного под копируку, должен быть четким и ясным. Предупреждение вручают машинисту локомотива (моторвагонного поезда) или помощнику под расписку лично дежурный по станции (посту, парку) или по его поручению оператор, оператор технической конторы, дежурный стрелочного поста, сигналист. Если предупреждение вручено помощнику машиниста, то он немедленно обязан передать его машинисту. При следовании поезда двойной тягой предупреждение выдают машинисту ведущего локомотива, который

ставит в известность машиниста второго локомотива о наличии предупреждения. При следовании поезда с подталкивающим локомотивом предупреждения выдают также и машинисту толкача.

Номер первого поезда, которому выдано предупреждение, дежурный по станции обязан сообщить поездному диспетчеру, а тот делает об этом отметку на графике исполненного движения.

Дежурные по станциям, ограничивающим перегон, на котором установлено предупреждение, перед наступлением срока его действия через поездного диспетчера уточняют, выдано ли оно машинистам поездов, находящимся на подходе. Поезда, на которые предупреждение не выдано, должны быть остановлены. О непредвиденных предупреждениях машинисту можно сообщить по радиосвязи без остановки поезда для вручения письменного документа. Для того, чтобы машинист не мог перепутать место действия предупреждения, соответствующее уведомление о непредвиденном предупреждении должно передаваться по радиосвязи только лишь непосредственно на подходе поезда к станции, ограничивающей перегон, на котором это предупреждение установлено. Факт передачи сообщения о возникшем предупреждении регистрируется в настольном журнале движения поездов с указанием времени передачи, номера поезда, характера и места действия предупреждения, например:

3.09 15.30 1231 км, скорость 15 км/ч.

Поезд №3604, машинист Сергеев, 16.05.

Поезд № 2928, машинист Матвеев, 16.12.

Конкретный порядок действий работников и участки, на которых такой способ может применяться, устанавливает начальник дороги.

При отправлении поезда по неправильному пути на двухпутных перегонах дежурный по станции через поездного диспетчера обязан проверить, не действует ли на этом пути предупреждение (если действует, то вручить его машинисту отправляемого поезда). На многопутных перегонах порядок выдачи предупреждений при отправлении поездов по тому или иному пути устанавливается в пределах отделения начальником отделения дороги или начальником дороги (в пределах двух и более отделений).

Предупреждения до отмены выдают на поезда до получения извещения об отмене, а устанавливаемые на определенный срок —

только в течение этого срока. Предупреждения об особых условиях следования отдельных поездов выдают на станциях формирования или станциях прицепки к поездам подвижного состава, который не может следовать с установленной скоростью. Порядок выдачи таких предупреждений на станциях смены локомотивов или локомотивных бригад указывают в ТРА станции. Пояснения к заполнению бланка предупреждений приведены в ИДП. В корешке предупреждения, который остается на станции, ненужное зачеркивают. Таким образом, должно быть видно, кому (машинисту или его помощнику) выдан бланк предупреждения. Бланк предупреждения должен выдаваться непосредственно локомотивной бригаде под расписку (но не кондуктору, руководителю работ и др.) для передачи машинисту.

Четкое соблюдение установленного порядка выдачи предупреждений на поезда — одно из основных требований обеспечения безопасности движения поездов.

1.4. Организация движения поездов при нарушении нормальных условий работы станционных технических средств обеспечения безопасности движения

Основные причины нарушений нормальной работы устройств СЦБ на станциях. Использование вспомогательных кнопок в системах СЦБ. Нарушения нормальной работы станционных устройств СЦБ могут быть вызваны: неисправностью отдельных элементов устройств, обнаружившейся в процессе дежурства; выключением отдельных элементов устройств для их осмотра или ремонта; производством на станциях путевых работ, если при этом нарушается или может быть нарушена нормальная работа связанных с ними устройств СЦБ; прекращением по тем или иным причинам пользования путевой блокировкой (автоматической или полуавтоматической).

В этих случаях станционные устройства СЦБ не могут быть в полной мере использованы для проверки правильности приготовления маршрута, так как его готовность не контролируется разрешающим показанием сигнала. Порядок действий дежурного по станции и других работников, связанных с движением поездов, в таких ситуациях регламентирован Правилами технической экс-

плуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ), ИДП и ТРА станции.

Обнаружив нарушение нормальной работы устройств СЦБ, дежурный по станции обязан сделать запись в журнале осмотра о характере обнаруженной неисправности и немедленно сообщить об этом электромеханику, а в необходимых случаях также дорожному мастеру или работнику участка энергоснабжения.

О неисправности устройств должна быть сделана запись, независимо от того, нужно в данный момент пользоваться неисправными устройствами или не нужно.

О невозможности открытия входных и выходных сигналов, кроме того, должен быть поставлен в известность поездной диспетчер.

До тех пор, пока точно не выяснят и не устранят причину повреждения устройств СЦБ и не будет сделана электромехаником соответствующая запись в журнале осмотра о нормальной работе устройств, дежурный по станции не может пользоваться этими устройствами. Это требование должно соблюдаться и в тех случаях, когда после записи в журнале осмотра о замеченной неисправности показание контрольных приборов (положения стрелок, свободности изолированных участков и т.п.) самопроизвольно изменится и при этом появится возможность открыть соответствующий сигнал на разрешающее показание. До записи электромеханика дежурный по станции не имеет права доверять таким самопроизвольным изменениям показаний контрольных приборов, так как вследствие неисправности устройств показания могут быть ложными и не будут соответствовать фактическому состоянию и положению контролируемых ими устройств.

Лишь в том случае, если до прибытия электромеханика дежурный по станции получит от работника пути сообщение об устранении внешней причины неисправности рельсовой цепи или внешней причины, препятствовавшей перемещению стрелочных острияков (например, чрезмерная затяжка болтов в корне острияка), то ДСП, убедившись в том, что устройства СЦБ вновь работают нормально, может возобновить пользование этими устройствами.

Дежурный по станции может возобновить пользование устройствами СЦБ также в том случае, если до прибытия электромеханика и работника пути им самостоятельно будет обнаружена и устранена внешняя причина, препятствовавшая переводу централизованной

стрелки с пульта управления, или внешняя причина закорачивания рельсовой цепи. Об обнаружении и устранении внешних причин, вызвавших нарушение нормальной работы устройств СЦБ, дежурный по станции также делает запись в журнале осмотра.

Если имеется возможность, дежурный по станции впредь до устранения неисправности должен принимать и отправлять поезда по тем путям и маршрутам, которые полностью контролируются устройствами СЦБ.

Для облегчения действий при возникновении нарушений нормальной работы используются вспомогательные кнопки в аппаратах СЦБ.

Вспомогательные кнопки (ВК) для перевода централизованных стрелок служат для того, чтобы дать возможность дежурному по станции перевести с пульта управления стрелку, если участок, в который она входит, ложно показывает занятость, или перевести свободную от подвижного состава стрелку, когда заняты подвижным составом другие стрелки данного изолированного участка.

Для перевода централизованной стрелки надо нажать на ВК и одновременно повернуть стрелочную рукоятку (нажать пусковую стрелочную кнопку). Поскольку нажатием ВК выключают предусмотренные в устройствах электрической централизации зависимости, исключающие возможность перевода занятой подвижным составом стрелки, то дежурный по станции каждый раз перед переводом стрелки с помощью ВК должен убедиться, что эта стрелка фактически свободна от подвижного состава. Если имеется подвижной состав на других стрелках изолированного участка, то перед применением ВК надо исключить возможность выезда на переводимую стрелку. Для этого необходимо дать указание машинисту маневрового локомотива и руководителю маневров, находящихся в зоне переводимой стрелки, о запрещении движения в направлении этой стрелки и убедиться, что это указание понято правильно.

Также используются вспомогательные кнопки для искусственного размыкания и отмены маршрутов. При нормальной работе устройств СЦБ размыкание участков (освобождение стрелок от электрического запираения) в маршрутах происходит автоматически, по мере последовательного занятия и освобождения соответствующих участков (секций) прибывающим или отправляющимся

поездом (маневровым составом). Если по тем или иным причинам такая последовательность нарушается, т.е. после прохода поезда (маневрового состава) на табло остается информация о занятости изолированного участка или пропадает информация о контроле положения стрелки, входящей в маршрут, то часть маршрута, начиная от участка, на котором возникла такая неисправность, и до конца всего маршрута не разомкнется — на табло останется белая светящаяся полоса (при ложной занятости — красная). Для искусственного размыкания маршрута дежурный по станции должен на щите вспомогательных кнопок сорвать пломбы, нажать и отпустить кнопки искусственного размыкания всех участков (секций) маршрута, оставшихся замкнутыми. С момента нажатия кнопки горящая белым цветом полоса на табло начинает мигать. Одновременно с этим на пульте загорается красным мигающим светом лампочка «Искусственная разделка». Убедившись по мигающим белым полосам табло, что кнопки всех участков, требующих искусственной разделки, нажаты, дежурный по станции нажимает общую кнопку «Искусственное размыкание» и отпускает ее. Все участки, кнопки которых были нажаты, размыкаются.

На больших станциях искусственное размыкание маршрута выполняют, как правило, два человека: дежурный по станции находится у пульта управления и последовательно, по ходу поезда, называет участки (секции), на кнопки которых нужно нажать, а оператор (второй дежурный по станции) срывает пломбы и нажимает на кнопки. Следует при этом помнить, что если на кнопку какого-либо участка маршрута не нажать, то его придется размыкать отдельно и только после окончания разделки первой части маршрута. Также необходимо учитывать то, что если при выполнении указанной операции будет ошибочно нажата кнопка секции, входящей в другой маршрут, то светофор этого маршрута (если он был открыт) немедленно переключается на запрещающее показание.

После размыкания участка маршрута и лампочка «Искусственная разделка» гаснут. Если какой-либо изолированный участок неисправен (на табло горит красная полоса), то после нажатия на кнопку этого участка начинают мигать белые лампочки, которые после размыкания гаснут, а красная полоса продолжает гореть. Выдержка времени искусственного размыкания маршрутов: поездно-

го — 3—4 мин, маневрового — 1 мин. В течение этого времени стрелки, входящие в маршрут, сохраняют свое первоначальное положение, перевести их невозможно.

Выдержка времени предусмотрена также и для тех случаев, когда первоначально заданный маршрут по каким-либо причинам не может быть использован и подлежит отмене нажатием кнопки отмены маршрута и начальной кнопки маршрута. Для таких случаев предусмотрены три градации времени: при свободном участке приближения поездной или маневровый маршрут может быть отменен практически моментально — через 5—6 с; при занятом участке приближения отмена поездного маршрута происходит с выдержкой времени в 3 мин; отмена маневрового маршрута при занятом участке приближения происходит через 1 мин.

С помощью кнопки пригласительного сигнала зажигается огонь пригласительного сигнала, разрешающий машинисту локомотива прибывающего на станцию или отправляющегося со станции поезда проследование входного, выходного или маршрутного светофоров с запрещающим показанием и дальнейшее движение до следующего светофора (до предельного столбика при приеме поезда на путь без выходного светофора) со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановиться, если встретится препятствие для движения.

Кнопки (рукоятки) вспомогательного режима применяются для изменения направления автоблокировки на перегонах, оборудованных двухсторонней автоблокировкой. Изменение направления автоблокировки означает, что проходные светофоры одного направления, горевшие разрешающими огнями, гаснут, а противоположного направления принимают разрешающее положение. В нормальных условиях это выполняется поворотом рукоятки или нажатием кнопки на пульте управления дежурного по станции лишь при свободном от поездов перегоне и при отсутствии на соседней станции заданных на этот перегон маршрутов отправления.

Если при фактической свободности перегона от поездов контрольные приборы показывают его занятость (горит белая лампочка) и при этом требуется изменить направление движения, то это может быть осуществлено с помощью кнопок (рукояток) вспомогательного режима. Такая операция может быть выполнена дежурными по станциям, ограничивающим перегон, после получения ре-

гистрируемого приказа поездного диспетчера, который путем переговоров с дежурными по станциям предварительно убеждается в свободности перегона от поездов.

Для подачи блокировочного сигнала прибытия (при полуавтоматической блокировке) применяется вспомогательная кнопка (ВК). В любых системах полуавтоматической блокировки имеются устройства, контролирующие прибытие поезда на станцию. В нормальных условиях они срабатывают автоматически при проходе прибывающим поездом открытого входного сигнала. Если по каким-либо причинам автоматического срабатывания устройств при приеме поезда не происходит, то подача нормальным порядком блокировочного сигнала прибытия становится невозможной. В этих случаях подача сигнала прибытия осуществляется только с применением ВК, а при электромеханической блокировке — после искусственного срабатывания pedalной замычки. Кнопкой для искусственной подачи блокировочного сигнала прибытия пользуются лишь с разрешения поездного диспетчера, передаваемого одновременно на обе станции, ограничивающие перегон. Участие в этой операции трех человек (двух дежурных по станции и поездного диспетчера) исключает ошибочную подачу прибытия по блокировке при занятости перегона поездом.

Необходимость пользования этой кнопкой возникает не только в случаях неисправности устройств, контролирующих прибытие поезда, но и при приеме поезда на станцию при запрещающем показании входного сигнала, так как при запрещающем входном сигнале эти устройства не срабатывают. Предварительное получение разрешения поездного диспетчера на пользование вспомогательной кнопкой и в этих случаях строго обязательно.

Основные виды возникающих нарушений нормальной работы устройств СЦБ.

Ложный контроль занятости пути. Неисправность заключается в том, что при фактической свободности пути от подвижного состава приборы на пульте управления дежурного по станции показывают занятость этого пути. При ложной занятости пути так же, как и при фактической его занятости, открыть входной сигнал для приема поезда на этот путь невозможно.

Ложная занятость может быть вызвана: неисправностью кабеля, путевых реле, повреждением рельсовой цепи, отсутствием стыко-

вых соединителей, обеспечивающих нормальное прохождение тока по рельсовым цепям, неисправностью изолирующего стыка и другими неисправностями в устройствах СЦБ; неисправностью пути (разрывом рельсовой колеи), большой утечкой тока через балластный слой; нарушением изоляции в связующих полосах на стрелках или распорках крестовины и др.; прекращением электропитания устройств; неисправностью заземления устройств, неисправностью заземления мачты контактной сети, а также подпиткой рельсовой цепи от постороннего источника тока.

Ложная занятость может быть вызвана также случайным замыканием рельсовой цепи посторонним металлическим предметом, если он касается противоположных рельсов, дроссельных перемычек или перекрывает изолирующий стык и т.п.

Обнаружив, что при фактической свободности пути от подвижного состава табло показывает ложную занятость, дежурный по станции делает об этом в графе 3 журнала осмотра запись, например: 3-й путь показывает ложную занятость, ДСП Калинина.

После такой записи каждый раз перед приемом поезда на этот путь надо убеждаться в фактической его свободности от подвижного состава в соответствии с порядком, предусмотренным ТРА станции. Такой порядок дежурный по станции выполняет до тех пор, пока неисправность, вызывавшая показание ложной занятости пути, не будет устранена и нормальная работа изолированного участка будет подтверждена электромехаником (ШН) в графе 12 журнала осмотра, например: 3-й путь показывал ложную занятость вследствие обрыва дроссельной перемычки. Перемычка заменена. Участок проверен, работает нормально. ШН Васин, ДСП Калинина.

Если после записи о ложном контроле занятости вдруг обнаружится, что приборы контроля самопроизвольно показали свободу пути, то дежурный по станции не имеет права доверять такому самопроизвольному возобновлению контроля. До соответствующей записи электромеханика дежурный по станции и в этом случае обязан продолжать проверку фактической свободности пути и принимать поезда на этот путь при запрещающем показании входного (маршрутного) сигнала.

Дежурный по станции имеет право возобновить нормальный прием поездов (по открытому входному сигналу) только в том случае, если до явки электромеханика он лично или через подчинен-

ных ему работников достоверно установит, что ложная занятость явилась следствием чисто внешних причин (например, закорачивание рельсовой цепи проволокой и др.) и после их устранения электрическая рельсовая цепь стала работать нормально. В этом случае ДСП делает такую запись в графе 12 журнала осмотра: 7-й путь показывал ложную занятость вследствие закорачивания рельсовой цепи проволокой. Проволока удалена. Участок 7П работает нормально. ДСП Маркова.

В целях предупреждения задержек поездов, вызываемых особыми условиями проверки свободности пути, показывающего ложную занятость, при наличии других свободных путей с исправной электрической изоляцией разрешается принимать поезда на эти пути.

Ложный контроль занятости стрелочного участка (на станциях, оборудованных электрической изоляцией стрелочных участков). Причины и внешние проявления ложной занятости стрелочных изолированных участков в основном аналогичны ложной занятости путей, однако характер действий дежурного по станции несколько отличается.

При ложной занятости стрелочного участка дежурный по станции лишен возможности не только принимать и отправлять поезда при разрешающих показаниях соответствующих сигналов, но и нормальным порядком переводить с пульта управления централизованные стрелки. Стрелку электрической централизации, входящую в такой участок, переводят только с помощью вспомогательной кнопки перевода стрелок.

Фактическая свобода неисправного стрелочного участка должна проверяться дежурным по станции не только при приеме или отправлении каждого поезда, но и перед каждым переводом стрелки с помощью ВК для маневров, с тем, чтобы избежать перевода в момент нахождения на стрелке подвижного состава.

На станции могут быть негабаритные участки, границы которых обозначают на табло (негабаритным считается участок, изолирующие стыки которого расположены ближе 3,5 м от предельного столбика). При занятости такого участка, когда колесная пара вагона находится непосредственно у изолирующего стыка, а часть кузова вагона остается за предельным столбиком, движение по смежному пути невозможно. Поэтому, если появилась информация о ложной занятости на одном из смежных негабаритных участков, то

открыть сигнал также нельзя по другому свободному пути. Перед пропуском поезда или маневрового состава по такому маршруту обязательно проверяется свобода и этого смежного негабаритного участка.

Если ложная занятость стрелочного участка появилась после прохода поезда, то стрелки этого участка останутся замкнутыми в маршруте, и автоматической разделки (размыкания) маршрута не будет. Также невозможно перевести стрелки участков, расположенных за неисправным участком по ходу движения поезда. Для того, чтобы разомкнуть маршрут и сделать возможным перевод стрелок, дежурный по станции, убедившись в фактическом проследовании поезда по стрелочному участку, прибегает к искусственной разделке маршрута с помощью ВК.

При ложном показании занятости стрелочного участка, смежного с приемо-отправочным путем, по табло невозможно определить, освободился этот участок и проследовал ли прибывающий поезд за предельный столбик всем составом. Возможно, по какой-либо причине поезд остановился, не сделав проход на смежные пути. Поэтому прибегнуть к искусственной разделке маршрута дежурный по станции должен лишь после того, как твердо убедится, что прибывшим или отправлявшимся поездом полностью освобождены все стрелки, входившие в маршрут.

Ложный контроль свободности пути или стрелочного участка. Если дежурный по станции обнаружит, что при фактической занятости пути или стрелочной секции контрольные приборы на аппарате управления показывают их свободу (ложную), то он должен немедленно сделать об этом запись в журнале осмотра и вызвать электромеханика и дорожного мастера, например: участок 16—20 СП показывает ложную свободу. ДСП Корнева.

В этом случае дежурному по станции до устранения неисправности разрешается устанавливать маршруты и открывать соответствующие сигналы для приема и отправления поездов по участкам, показывающим ложную свободу, только после того, как он лично или через других работников убедится в фактической свободе от подвижного состава этих путей и участков. При этом проверяют фактическую свободу и смежных негабаритных изолированных участков, если они имеются. Предупредить прием и отправление поездов по таким путям и участкам без про-

верки их фактической свободности можно, если ограничивающие стрелки установить в охранный положение, а на рукоятки (кнопки) этих стрелок надеть красные колпачки.

Потеря контроля положения стрелок. Взрез стрелки. Признаки неисправности, вызванной потерей контроля положения централизованной стрелки или ее взрезом, одинаковы. В том и в другом случае на пульте управления у дежурного по станции загорается красная лампочка «Взрез стрелки», пропадает (гаснет) контроль ее положения и звонит звонок взреза, действие которого может быть прервано нажатием кнопки.

Взрез происходит в случаях, когда положение стрелки не соответствует маршруту следования подвижного состава и гребень бандажа колесной пары при пошерстном движении подвижного состава проходит между прижатым острядком и рамным рельсом.

Взрез стрелки может быть и противошерстный, когда при неплотном прилегании острядка к рамному рельсу (4 мм и более) гребень бандажа при входе на острядок попадает (врезается) между острядком и рамным рельсом. При взрезе стрелки в электроприводе СП (с нераздельным ходом острядков) происходит поломка деталей, а в электроприводе СПВ (с раздельным ходом острядков), когда при взрезе стрелки отпирается прижатый острядок и тоже начинает перемещаться, разъединяется взрезное сцепление, стрелка теряет контроль положения, перегорает предохранитель. Острики и первая соединительная тяга деформируются, появляется отставание острядка от рамного рельса. Если были открыты светофоры в маршрутах, в которые входит взрезанная стрелка, то они перекрываются на запрещающее показание. Взрез может быть вызван также неисправностью устройств СЦБ на этой стрелке (автопереключателя, электрической цепи и др.). В том и в другом случае пропускать подвижной состав по такой стрелке запрещается впредь до ее осмотра и исправления.

Если стрелка, потерявшая контроль положения на пульте управления, после ее осмотра оказалась исправной (невзрезанной), и ее рабочий острядок плотно прилегает к рамному рельсу, то до прибытия электромеханика и работника пути по ней может быть открыто движение подвижного состава. При этом правильность установки стрелки в маршруте должна быть проверена на месте (лично дежурным по станции или оператором поста централизации, или

другим работником, которому согласно ТРА может быть поручена эта работа) и, кроме того, она должна быть заперта на навесной замок, а в электроприводе выключен блок-контакт, т.е. курбельная заслонка опущена вниз. Впредь до устранения неисправности или выключения стрелки из централизации поезда, в маршруты следования которых входит такая стрелка, должны следовать при запрещающих показаниях входных или выходных сигналов.

Если стрелка потеряла контроль только в одном положении, то прием и отправление поездов происходит при разрешающем показании входных и выходных сигналов по маршрутам, в которых стрелка на пульте управления сохраняет контроль.

Пропускать подвижной состав по взрезанной стрелке запрещается впредь до ее осмотра и ремонта работниками службы пути и электромехаником.

В случае отсутствия работника пути на станции дежурный по станции после остановки подвижного состава на взрезанной стрелке, осмотрев стрелку совместно с машинистом, может (с целью ее освобождения) разрешить по ней пошерстное движение, если такое движение не угрожает сходом вагонов. Движение по взрезанной стрелке в противоположном направлении не допускается. Пользование стрелкой возобновляется только после записи в графе 12 журнала осмотра дорожным мастером или бригадиром пути (ПДБ) о том, что стрелка отремонтирована и движение по ней может быть открыто, а электромехаником — об устранении неисправности устройств СЦБ и включении стрелки в централизацию.

Взрез нецентрализованной стрелки, оборудованной контрольными стрелочными замками и включенной в систему маршрутно-контрольных устройств, не отражается на состоянии этих устройств. При взрезке такой стрелки повреждается контрольный замок, но это не фиксируется ни на исполнительном, ни на распорядительном аппаратах, а если был открыт соответствующий сигнал для следования поезда по маршруту, в который входит взрезанная стрелка, то этот сигнал не перекрывается на запрещающее показание. Именно поэтому установлен порядок, предусматривающий проверку дежурными стрелочных постов правильности приготовления маршрутов для приема и отправления поездов (при нецентрализованных стрелках) не только по наличию ключей от контрольных замков, но и по фактическому положению и состоянию стре-

лочных остряков, а также порядок охраны приготовленных маршрутов. Особо внимательно положение и состояние стрелок должны проверяться в тех случаях, когда перед приемом или отправлением поезда на этих стрелках выполнялись маневровые передвижения.

При взрезе стрелки механической централизации происходит одновременно и взрез стрелочного рычага этой стрелки на посту централизации (распорядительном или исполнительном). Это сопровождается звонком, смещением шкивов стрелочного рычага, самопроизвольным срывом с них пломбы и появлением на стрелочном рычаге красной полосы. Перевод такого рычага становится невозможным до проверки состояния стрелки и устранения на ней неисправностей, вызванных взрезом. Факт взреза и устранения его последствий оформляется соответствующими записями в журнале осмотра.

Невозможность перевода централизованной стрелки с пульты управления. Основные причины:

- наличие внешних препятствий для перемещения стрелочных остряков — попадание посторонних предметов в пространство между остряком и рамным рельсом, напрессовка снега, льда или грязи, чрезмерная затяжка болтов корневого крепления, загрязнение стрелочных башмаков и т.п;

- при механической централизации невозможность перевода стрелки из помещения дежурного по станции (поста централизации) может быть вызвана также скручиванием или примерзанием гибких тяг, завалом их грузом или снегом;

- неисправность мотора электрического привода, схемы включения стрелки или других элементов устройств СЦБ. В этом случае при повороте стрелочной рукоятки (нажатии кнопки) стрелка амперметра остается в нулевом положении (не отклоняется).

Если при переводе стрелочной рукоятки (нажатии пусковой кнопки) стрелка не занимает соответствующее положение, но при этом отклоняется стрелка амперметра (т.е. можно предположить наличие внешних причин, препятствующих переводу), дежурный по станции, не дожидаясь прибытия электромеханика, должен через работников пути лично, через оператора поста централизации или сигналиста проверить, не попало ли что-либо между остряком и рамным рельсом, нет ли напрессовки снега, льда и т.п. Если после такой проверки дежурный по станции точно выяснит причину и

устранит неисправность стрелки, то ему разрешается возобновить нормальное пользование устройствами.

Если стрелка с пульта управления не переводится, то она в соответствии с установленным порядком выключается электромехаником из централизованного управления и переводится на ручное управление с помощью курбеля.

Курбельные рукоятки (курбеля) хранятся в помещениях дежурных по станции, постам, паркам и т.п. Место хранения, число курбелей и их номера в каждом пункте устанавливаются в ТРА станции. В этих же пунктах хранятся и навесные замки для запираания централизованных стрелок, а на постах централизации — также красные колпачки.

Для хранения курбелей выделяется отдельный запираемый ящик, ключ от которого хранится у дежурного по станции или дежурного по посту. Электромеханик вкладывает каждый курбель в определенное место и пломбирует тисками. Изъять курбель с места хранения для перевода централизованных стрелок может только дежурный по станции или с его разрешения другой работник (дежурный по парку, оператор поста централизации и др.), назначаемый для перевода стрелок, переданных на ручное управление.

Для того чтобы перевести стрелку курбелем, надо предварительно опустить курбельную заслонку. Нормально она находится в верхнем крайнем положении и удерживается в этом положении специальным запором, болтом или защелкой. С помощью курбельной рукоятки этот болт можно открутить. При опускании заслонки открывается отверстие, в которое вставляется курбельная рукоятка. При этом ее четырехгранное отверстие охватывает граненую ось мотора электропривода. Вращением рукоятки курбеля приводится в движение электропривод и происходит перемещение стрелочных острияков. Перевод стрелки считается законченным, когда возрастет усилие при вращении рукоятки курбеля и острияки стрелки займут крайнее положение — один остряк будет плотно прилегать к рамному рельсу, а другой — отведен от рамного рельса.

После опускания курбельной заслонки происходит отключение электропривода от пульта управления, что в дальнейшем делает невозможным перевод стрелки с пульта до возвращения курбельной заслонки в нормальное положение. Возвратить же кур-

бельную заслонку в нормальное положение (поднять вверх) может только электромеханик.

В любых случаях при приготовлении маршрута для приема или отправления поезда после каждого перевода стрелки при помощи курбеля дежурный по станции должен установить рукоятку этой стрелки на пульте управления в положение, соответствующее положению стрелки, а при кнопочном управлении нажать соответствующую кнопку. Если сохраняется контроль положения стрелки, переведенной курбелем, то поезда по маршрутам, в которые входит такая стрелка, принимают, отправляют по открытым сигналам. В правильности установки стрелки в маршрутах дежурный по станции убеждается по докладам работников, осуществляющих ее перевод, и по показаниям контрольных приборов на пульте управления. До получения указания дежурного по станции переводить стрелки курбелем в другое положение запрещается.

Маневры, где стрелки переводятся курбелем, выполняются по распоряжению дежурного по станции. Стрелки переводятся в то или иное положение лицами, назначенными для этих операций. По указанию руководителя маневров сигнал о возможности движения маневрового состава по стрелке, переводимой курбелем, должен подаваться только после окончательного перевода и взятия рабочего остряка на закладку. По окончании маневров работник, осуществляющий перевод стрелок курбелем, не дожидаясь особого распоряжения дежурного по станции, должен установить стрелки, переводившиеся курбелем в нормальное положение, и запереть их навесными замками, о чем доложить дежурному по станции. Нормальное положение централизованной стрелки обозначается на кожухе электропривода стрелкой «→» или «←», направление которой указывает, по какому пути (правому или левому) должна находиться стрелка в нормальном положении.

Когда надобность в курбелях отпадает, их возвращают на место постоянного хранения, которое электромеханик пломбирует и делает запись в журнале осмотра.

В отсутствие электромеханика решение о переводе стрелки курбелем дежурный по станции с ведома поездного диспетчера может принять самостоятельно. Отдельной записи об этом не требуется. О том, что стрелка переведена на ручное управление будут свиде-

тельствовать запись в журнале осмотра о невозможности централизованного перевода стрелки и запись о распломбировании курбеля.

Неисправность контрольных замков на нецентрализованных стрелках, включенных в систему маршрутно-контрольных устройств (МКУ), проявляется в том, что замок нельзя открыть или запереть. Дежурный по станции, убедившись через дежурного стрелочного поста, что никаких нарушений при приготовлении маршрута для приема или отправления поезда ими не допущено и ключ от контрольного замка, которым пытались запереть или отпереть стрелку, действительно соответствует ее положению, делает о неисправности запись в журнале осмотра и вызывает электромеханика. До прибытия электромеханика дежурный по станции может дать указание работнику о снятии контрольного замка.

Когда такая операция будет выполнена, в гнездо аппаратного замка этой стрелки вставляется красная табличка с надписью «Включено», а ключ от контрольного замка передается старшему дежурному стрелочного поста. В маршрутах приема и отправления поездов такая стрелка запирается навесным замком. Прием и отправление поездов в этих случаях осуществляются при разрешающих показаниях входных (выходных) сигналов. Чтобы обеспечить замыкание маршрута и возможность открытия сигнала, старший дежурный стрелочного поста после доклада дежурному по станции о готовности маршрута и о том, что стрелка, с которой сняты контрольные замки, заперта навесным замком, по указанию ДСП вставляет соответствующий ключ от снятого контрольного замка в аппарат. Табличка «Включено» перевешивается при этом на вставленный ключ. Так продолжается до прибытия электромеханика (электромонтера) СЦБ, устранения им неисправности и осуществления записи в журнале осмотра о включении стрелки в зависимость.

Если ключ от контрольного замка утерян или сломан, то впредь до устранения неисправности замыкание маршрутов и открытие соответствующих сигналов по пути следования поездов, куда входит эта стрелка, становятся невозможными. После снятия работником пути по указанию дежурного по станции контрольного замка с гарнитуры, запираения стрелки навесным замком и получения от старшего дежурного стрелочного поста доклада о готовности маршрута дежурный по станции может принимать и отправлять

поезда только при запрещающих показаниях соответствующих сигналов. В гнездо аппаратного замка стрелки, от которой потерян ключ, вставляется красная табличка «Выключено».

Невозможность открытия сигнала (входного, выходного, маршрутного) при правильно установленном маршруте. В таких случаях дежурный по станции, если причина ему неизвестна, обязан по показанию контрольных приборов на пульте управления дополнительно убедиться в следующем:

- путь приема и изолированные участки (в том числе негабаритные) по маршруту следования поезда свободны от подвижного состава;
- контроль положения всех стрелок, входящих в маршрут, в том числе и охранных, имеется;
- стрелки (и охранные) установлены в маршруте правильно;
- не заданы враждебные поездные или маневровые маршруты (сигналы закрыты), а ранее использованные маршруты разделены;
- не включены заградительные светофоры на переездах, расположенных в пределах станции.

Если не открывается выходной светофор, необходимо, кроме того, убедиться, что направление автоблокировки соответствует направлению отправляемого поезда и первый блок-участок свободен, а при отправлении поезда на перегон с полуавтоматической блокировкой получен блокировочный сигнал прибытия (на однопутном перегоне также и блокировочный сигнал согласия).

Когда при нажатии сигнальной кнопки (повернутой сигнальной рукоятке) контрольная лампочка красного огня светофора гаснет, а открытого положения светофора (зеленого цвета) не загорается, возможно, что сигнал фактически открылся, но контрольная зеленая лампочка на пульте перегорела. Убедившись через машиниста локомотива или других работников, что светофор открылся, дежурный по станции продолжает принимать и отправлять поезда в соответствии с нормальным порядком, а для замены перегоревшей лампочки вызывает электромеханика.

Если не открывается входной светофор для безостановочного пропуска поезда, рекомендуется проверить, не произошло ли это из-за перегорания лампы зеленого огня на светофоре. Для этого надо закрыть выходной светофор и попытаться открыть входной на желтый огонь. Если светофор откроется, то впредь до замены пере-

горевшей лампы поезда нужно принимать по желтому огню светофора. Открывать выходной светофор в этом случае можно, как только прибывающий поезд вступит за входной светофор. Контроль перегорания лампы красного огня на светофоре имеется на табло. Если перегорела лампа красного огня или по какой-то другой причине погас красный огонь на светофоре, это не препятствует его открытию на любое разрешающее показание.

Светофор в маршрутно-релейной централизации не откроется, если при приготовлении предыдущего маршрута была передержана конечная кнопка (лампочка в конечной кнопке будет мигать). После нажатия кнопки отмены маршрута эта лампочка погаснет и можно будет задать маршрут вновь.

Не произойдет установки стрелок маршрутным набором и не откроется светофор также в том случае, если хотя бы одна из стрелочных рукояток будет находиться в положении, не соответствующем положению стрелки в маршруте.

Сигнал не откроется и в случаях, если зашла хотя бы одна из кнопок перевода стрелки, входящей в маршрут. Если сигнал не открывается при маршрутном наборе, надо попробовать установить маршрут с помощью индивидуальных стрелочных рукояток (кнопки), проверить правильность установки стрелок нажатием кнопки подсветки и после этого нажать вспомогательную кнопку соответствующего сигнала. При МРЦ эти кнопки находятся на отдельном щите и нормально запломбированы, поэтому, соответственно, надо делать запись и о срыве пломбы.

При неисправности светофора или невозможности его открытия вследствие неисправности других элементов устройств СЦБ прием и отправление поездов впредь до устранения неисправности и соответствующей записи об этом электромехаником в журнале осмотра осуществляются при запрещающем показании этого сигнала.

На станциях, ограничивающих перегон с полуавтоматической блокировкой, в тех случаях, когда выходной светофор для отправления не открывается из-за неисправности станционных устройств СЦБ, чтобы избежать закрытия блокировки и не переходить на телефонные средства связи, для открытия выходных светофоров применяются вспомогательные кнопки «Выключение контроля свободности стрелочных изолированных участков в маршрутах отправления». Пользоваться этими кнопками и открывать выходной сигнал

после предварительного их нажатия дежурный по станции может только с согласия поездного диспетчера и после проверки свободности неисправных изолированных участков.

На станциях с нецентрализованными стрелками, оборудованными МКУ и электрической изоляцией путей, для того, чтобы не переходить на телефонную связь в тех случаях, когда выходной светофор при отправлении поезда на перегон с полуавтоматической блокировкой не открывается из-за неисправности электрической рельсовой цепи, применяют также устройства вспомогательного управления сигналом (КМУ). На пульте управления у ДСП и на стрелочном посту устанавливают дополнительные кнопки (ВОС). С помощью этих устройств дежурный по станции при появлении ложной занятости стрелочного участка по маршруту отправления поезда, убедившись через дежурного стрелочного поста в фактической его свободности, имеет возможность открыть выходной светофор.

Все вспомогательные кнопки должны быть опломбированы, снятие с них пломб оформляют соответствующими записями в журнале осмотра.

Самопроизвольное перекрытие светофора. В этом случае дежурный по станции обязан по показаниям приборов на аппарате управления дополнительно убедиться в правильности установки стрелок, свободности изолированных участков и пути приема, после чего вновь открыть входной светофор. Если светофор откроется, то пользование им разрешается и в дальнейшем.

Если самопроизвольно перекрывшийся входной светофор от повторного нажатия сигнальной кнопки после дополнительной проверки правильности приготовления маршрута вновь все же не откроется, то поезда на станцию впредь до проверки и устранения неисправности должны приниматься при запрещающем показании этого сигнала с соблюдением установленного для этих случаев порядка проверки свободности пути и правильности приготовления и запираания маршрута. Также при запрещающем показании сигнала принимают поезда на станцию и в случаях повторного самопроизвольного перекрытия входного светофора (независимо от показаний контрольных приборов на пульте управления). Этот же принцип должен соблюдаться и при самопроизвольном перекрытии выходного сигнала, но при этом перед вторичным открытием

светофора для отправления поезда на перегон, оборудованный автоблокировкой, кроме проверки и запираения маршрута, необходимо еще проверить свободность первого блок-участка за выходным светофором, а для однопутных перегонов и двухпутных, оборудованных двусторонней автоблокировкой, кроме того — и свободности перегона (пути) от встречных поездов.

При невозможности вторичного открытия выходного светофора или при повторном перекрытии выходного сигнала дежурный по станции впредь до устранения неисправности и наличия об этом записи электромеханика в журнале осмотра должен отправлять поезда в соответствии с порядком, установленным для случаев при запрещающем показании выходного сигнала.

Если самопроизвольное перекрытие входного светофора произошло в тот момент, когда поезд находился на близком расстоянии от этого сигнала, машинист, восприняв перекрытие, все же не смог остановить состав перед светофором, и локомотив проследовал входной сигнал, то для дальнейшего следования этого поезда на путь приема дежурный по станции передает машинисту приказ по радиосвязи, или на путь приема поезд вводится с проводником.

Машинисту поезда, проехавшего перекрытый выходной светофор, для дальнейшего следования передаются: при автоблокировке — приказ по радиосвязи или письменное разрешение на бланке зеленого цвета с заполнением пункта 1; при следовании на перегон с полуавтоматической блокировкой — письменное разрешение на бланке зеленого цвета с заполнением пункта 1.

Организация приема и отправления поездов при запрещающих сигналах светофора. Прием поездов на станцию при запрещающем показании входного сигнала допускается лишь в исключительных случаях:

- когда невозможно открыть входной сигнал из-за неисправности;
- если поезд принимается на путь, не предусмотренный для этих операций ТРА станции, и в связи с этим открыть входной сигнал невозможно;
- при приеме подталкивающих локомотивов на определенные участки путей;
- при приеме на свободные участки станционных путей восстановительных и пожарных поездов, вспомогательных локомотивов,

локомотивов без вагонов, снегоочистителей, автодрезин несъемного типа, а также хозяйственных поездов и путевых машин, прибывающих на станцию с закрытого перегона после производства работ.

Поезда при запрещающем показании входного сигнала могут быть приняты на станцию:

- по пригласительному сигналу;
- по приказу дежурного по станции (при диспетчерской централизации — поездного диспетчера), передаваемому машинисту по радиосвязи или по специальному телефону, установленному у входного сигнала;
- с проводником, который вручает машинисту локомотива прибывающего поезда разрешение «Билет-проводник».

Аналогично принимаются на станцию поезда, следующие по неправильному пути, когда на этом пути нет входного сигнала. В зависимости от ситуации дежурный по станции может воспользоваться любым из перечисленных разрешений.

Отправление поезда при запрещающем показании выходного сигнала осуществляется в следующих случаях:

- выходной сигнал не открывается из-за неисправности самого сигнала или других станционных устройств СЦБ (потеря контроля стрелки и др.) или прекращения пользования путевой блокировкой на прилегающем к станции перегоне;
- отправление с пути, не имеющего выходного сигнала;
- если голова поезда перекрыла выходной сигнал;
- невозможно открыть светофор из-за ложного показания занятости первого перегонного блок-участка;
- по ключу-жезлу на перегон с возвращением обратно (при полуавтоматической блокировке);
- при задержке поезда, для отправления которого был открыт, а затем закрыт (или случайно перекрыт) выходной сигнал и невозможно в связи с этим повторно открыть выходной сигнал для отправления поезда в том же направлении (при полуавтоматической блокировке).

В последнем случае соседний отдельный пункт о времени фактического отправления задержанного или другого поезда уведомляют по телефону (при электромеханической блокировке подается также блокировочный сигнал отправления). Следующие поезда отправляют по блокировке в соответствии с обычным порядком.

Во всех случаях, когда необходимо задержать поезд, которому открыт выходной (маршрутный) светофор, о предстоящем закрытии сигнала должен быть предупрежден машинист локомотива. Дежурный по станции должен убедиться в том, что это предупреждение машинист понял правильно. О предстоящем закрытии выходного сигнала машинист локомотива может быть предупрежден через оператора поста централизации или других работников станции по радиосвязи. Отменить маршрут и приступить к приготовлению маршрута для отправления поезда с другого пути дежурный по станции может, только убедившись лично или через других работников, что поезд задержан на пути отправления.

Любое разрешение для приема поезда на станцию или отправления со станции при запрещающем показании входного или выходного сигнала может быть передано машинисту только в том случае, когда дежурный по станции твердо убежден, что соответствующий маршрут для следования принимаемого или отправляемого поезда готов и безопасность движения полностью обеспечена.

Прежде чем воспользоваться кнопкой пригласительного сигнала или дать машинисту соответствующее разрешение на проезд запрещающего сигнала, дежурный по станции обязан привести рукоятку (кнопку) этого сигнала в положение, соответствующее его запрещающему показанию, и в соответствии с порядком, установленным ТРА станции, убедиться в свободности пути приема, правильности установки и замыкания стрелок в маршруте, а при отправлении поезда, кроме того, в том, что направление движения поезда соответствует направлению автоблокировки и первый перегонный блок-участок свободен, а для отправления по полуавтоматической блокировке — в том, что на двухпутный перегон получен блокировочный сигнал прибытия ранее отправляющемуся на этот перегон поезду и перегон свободен, а если поезд будет отправляться на однопутный перегон, также должен быть получен блокировочный сигнал согласия.

На станции, оборудованной электрической централизацией стрелок, дежурный по станции перед приемом (или отправлением) поезда при запрещающем показании входного (или выходного) сигнала обязан:

— установить стрелочные рукоятки в положение, соответствующее положению стрелок в маршруте, и убедиться в правильности

установки маршрута по контрольным приборам. На все стрелочные рукоятки, а при кнопочном управлении на все кнопки стрелок, входящих в маршрут, и охранных надеть красные колпачки с тем, чтобы после установки в маршруте предупреждать возможность ошибочного их перевода с аппарата управления. Правильность установки стрелок, положение которых не контролируется на табло, должна быть проверена на месте (на путях), и, кроме того, эти стрелки должны быть заперты на навесные замки, а в электроприводах этих стрелок выключены блок-контакты (курбельные заслонки опущены вниз). При электрической централизации с ящиком зависимости стрелки в маршруте, кроме того, запираются поворотом маршрутно-сигнальной рукоятки;

— убедиться в свободности пути по маршруту в соответствии с порядком, установленным ТРА станции для этих случаев.

Разрешается соответствующий маршрут приема или отправления поезда набрать из маневровых маршрутов с открытием маневровых светофоров. При этом стрелочные рукоятки индивидуального управления должны быть поставлены в положение, соответствующее положению стрелок в маршруте, а на каждую такую рукоятку надет красный колпачок. При кнопочном управлении стрелками красные колпачки надевают на обе кнопки. Этим обозначается, что стрелки маршрута заняты поездным передвижением.

Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации предусмотрено, что машинисты локомотивов принимаемых и отправляемых поездов в этом случае, следуя мимо маневровых сигналов, руководствуются только показанием пригласительного сигнала или другим соответствующим разрешением, выданным на право проезда поездом входного или выходного сигнала с запрещающим показанием.

На станциях, оборудованных ЭЦ с кодовым управлением, стрелки в маршруте переводятся только с пульта резервного (местного) управления с навешиванием красных колпачков на рукоятки. Правильность положения стрелок в маршруте проверяется по контрольным приборам на пульте резервного (местного) управления, а свободность пути по маршруту — лично дежурным по станции или по его указанию оператором поста централизации или другим работником. Пользоваться частью табло центрального поста, относящегося к району управления, запрещается. Кнопки пригласительных сигналов должны быть опломбированы.

Если после срыва пломбы с кнопки пригласительного сигнала потребуется неоднократно пользоваться этой кнопкой для зажигания пригласительного огня светофора, то никаких дополнительных записей в журнале осмотра об этом не делается. Кнопку пригласительного сигнала пломбируют после устранения неисправности, вызвавшей прием (отправление) поезда при закрытом сигнале.

О приеме каждого поезда по пригласительному сигналу (с пломбируемыми или непломбируемыми кнопками) в настольном журнале движения поездов против номера соответствующего поезда должно быть отмечено «По пригласительному сигналу» (журнал формы ДУ-2 или в свободных графах журнала формы ДУ-3). Соответствующую отметку в настольном журнале о приеме поезда на станцию при запрещающем показании входного (маршрутного) сигнала делают не только в случаях приема по пригласительному сигналу, но и при приеме поезда по приказу, передаваемому по радиосвязи или по телефону, а также при приеме поезда с проводником. Кнопку пригласительного сигнала нажимают до тех пор, пока ведущий локомотив прибывающего или отправляющегося поезда не проследует пригласительный сигнал. Дежурный по станции в конкретных условиях той или иной станции должен правильно определить этот момент.

Если первый за входным светофором изолированный участок исправен, то кнопка пригласительного сигнала должна быть опущена сразу после показания занятости этого участка. Если указанный участок показывает ложную занятость или не имеется изоляции, то в проследовании локомотивом входного сигнала дежурный по станции убеждается лично или по сообщению других работников. Преждевременное отпускание кнопки может вызвать ненужную остановку поезда у сигнала. Если кнопка будет чрезмерно долго нажата после проследования светофора локомотивом, то пригласительный сигнал может быть неправильно воспринят машинистом вслед идущего поезда (на перегонах с автоблокировкой).

В случаях устранения возникающих неисправностей в связи с ремонтом или путевыми работами (замена рельсов, путей и стрелок), если при этом нарушается или может нарушиться нормальная работа связанных с ними изолированных участков, централизованных стрелок, контрольных стрелочных замков и других устройств, устройства СЦБ отключают.

Устройства СЦБ могут выключаться с сохранением или без сохранения пользования сигналами.

При выключении с сохранением пользования сигналами отдельных изолированных участков, централизованных стрелок, стрелок ручного управления, оборудованных контрольными замками или другими устройствами, контролирующими положение стрелок, сохраняется возможность открывать сигналы по маршрутам, в которые входят выключенные устройства, при этом обеспечивается контроль положения и замыкания всех входящих в маршрут стрелок и изолированных участков, кроме выключенных. Фактическое положение и запираение (защитие) выключенных стрелок и свобода изолированных участков от подвижного состава проверяют в соответствии с особым порядком, предусмотренным для этих случаев ТРА станции.

Стрелки и изолированные участки с сохранением пользования сигналами выключает электромеханик, а стрелки ключевой зависимости — электромонтер СЦБ с ведома старшего электромеханика или дежурного инженера дистанции СЦБ и связи. Выключение разрешается на следующие сроки:

- до 8 ч — с разрешения начальника станции, а на участке с диспетчерской централизацией — поездного диспетчера. В исключительных случаях, когда начальника станции или его заместителя на станции нет, устройства СЦБ с сохранением пользования сигналами на срок до 8 ч могут выключаться с разрешения дежурного по станции, который должен предварительно получить на это согласие поездного диспетчера;

- свыше 5 суток — с разрешения начальника дороги.

В пределах станции или района, управляемого одним дежурным по станции, разрешается выключать одновременно с сохранением пользования сигналами не более двух изолированных участков одной или двух спаренных, управляемых одной рукояткой (кнопкой), стрелок.

На плановые работы, когда выключают большое число стрелок или изолированных участков с сохранением пользования сигналами (например, ремонт стрелочного кабеля в групповой распределительной муфте), разрешение дает начальник отделения дороги. При этом одновременно он утверждает и дополнительные меры по обеспечению безопасности движения, разрабатываемые дистанцией СЦБ и отделом движения отделения дороги.

Запрещается выключать с сохранением пользования сигналами изолированные участки путей приема и участки, расположенные первыми за входным, выходным и маршрутным сигналами, так как при таком выключении устройств создается угроза безопасности движения. Если выключенный путь будет занят подвижным составом, то при ошибочном приготовлении маршрута принимаемый поезд будет следовать на занятый путь по открытому входному светофору с нормальной скоростью, что может привести к тяжелым последствиям. Опасность выключения с сохранением пользования сигналами участков пути, расположенных первыми за входным, выходным и маршрутным светофорами, состоит в том, что в этом случае при вступлении поезда за сигнал последний не будет автоматически перекрываться на запрещающее показание. Если при этом на выключенном участке остановится короткая подвижная единица (локомотив, автодрезина), то следующий поезд (при автоблокировке) по открытому светофору может быть принят на занятый участок.

При производстве на стрелках плановых работ, связанных с выключением устройств с сохранением пользования сигналами, руководитель отделения дороги назначает работника, ответственного за безопасность движения поездов.

При выключении устройств без сохранения пользования сигналами возможность открытия сигналов, а следовательно, и замыкание маршрутов, в которые входят выключенные устройства, исключаются. На пульте управления обеспечивается лишь контроль положения всех входящих в маршрут стрелок изолированных участков, кроме выключенных. Принимают и отправляют поезда по маршрутам, в которые входят выключенные устройства, при запрещающих показаниях входных и выходных сигналов. При этом фактическую свободу пути или изолированного участка, положение и замыкание каждой стрелки в маршруте проверяет дежурный по станции в соответствии с порядком, установленным для этих случаев ТРА станции.

Решение о выключении отдельных устройств без сохранения пользования сигналами может быть принято электромехаником самостоятельно, с согласия дежурного по станции. Такой способ выключения применяется, как правило, в тех случаях, когда это не вызывает нарушения графика движения поездов (например, в

свободное от движения поездов время, при возможности обходного движения поездов и маневровых передвижений по маршрутам, в которые не входят выключенные устройства, на стрелках и изолированных участках, ограничивающих пути, занятые на продолжительное время подвижным составом, и т.п.).

При организации таких работ большое значение для обеспечения безопасности движения поездов и маневровых передвижений имеет правильное и своевременное оформление записей в журнале осмотра, а также выполнение в определенной последовательности указанных в них мер.

В целях лучшей гарантии безопасности движения для случаев выключения устройств СЦБ с сохранением пользования сигналами в журнале осмотра предусмотрены две записи электромеханика: первая, как уже отмечалось, — о целях и способах выключения и вторая — о фактическом выключении устройств. Вторую запись электромеханик оформляет после того, как он совместно с дежурным по станции проверит, что выключено именно то устройство, о котором сделана запись в журнале осмотра, и правильно установлен и работает макет, которым заменено выключенное устройство. Электромеханик может приступать к выполнению работ, о которых он сделал запись, а дежурный по станции разрешить работникам пути начать работы (если устройства СЦБ выключались для этих работ) только после этой второй записи.

При производстве на стрелках и изолированных секциях путевых работ, связанных с нарушением действия устройств СЦБ, записи в журнале осмотра оформляют дорожный мастер или бригадир пути.

Для обслуживания выключенной стрелки назначаются оператор поста централизации, старший дежурный стрелочного поста или специалист. При необходимости назначенный для этой цели работник переводит стрелку из одного положения в другое с помощью курбельной рукоятки, запирает стрелку навесным замком и докладывает дежурному по станции о ее положении. Выключенную стрелку запирают во всех случаях, когда ее острия отсоединяются от электропривода, приводозамыкателя (при механической централизации), снимают стрелочные контрольные замки или электрозамки (при этом механическая связь между остриями сохраняется). Ключ от навесного замка выключенной стрелки во время приема

и отправления поездов может находиться только у старшего дежурного стрелочного поста, оператора поста централизации, сигналиста или дежурного по станции.

Пропускать поезда по выключенной стрелке дежурный по станции может только после доклада работника, которому доверено хранение ключей от выключенной стрелки, или после личной проверки того, что стрелка установлена в маршруте в требуемое положение, заперта навесным замком, или ее остряки зашты в нужном положении.

Если стрелка выключена с сохранением пользования сигналами, то дежурный по станции перед каждым пропуском поезда по этой стрелке должен установить соответствующую стрелочную рукоятку (нажать кнопку) на пульте управления. Если стрелка, оборудованная контрольным замком, выключается с сохранением пользования сигналами, то электромеханик предварительно должен изъять из аппаратного замка ключ этой стрелки и вместо него в гнездо на аппарате вставить красную табличку с надписью «Выключено», а ключи от замков обоих положений стрелки передать дежурному стрелочного поста.

Если стрелка выключается без сохранения пользования сигналами, то ключи от контрольных замков обоих положений стрелки хранит у себя электромеханик (электромонтер). Стрелку в требуемом положении запирают навесным замком. Принимают и отправляют поезда по маршрутам, в которые входит выключенная стрелка, при запрещающем показании сигнала. В гнезда плюсового и минусового положений выключенной стрелки вставляют красные таблички с надписью «Выключено».

При выключении стрелки механической централизации с сохранением пользования сигналами электромеханик исключает перевод стрелки с централизованного поста, дежурный по станции или по его указанию оператор поста централизации навешивает на стрелочный рычаг красную табличку с надписью «Выключено».

Каким бы способом ни выключался участок (с сохранением или без сохранения пользования сигналами), дежурный по станции может пропускать поезда по маршрутам, в которые входит выключенный изолированный участок, только после проверки фактической свободности участка от подвижного состава в соответствии с по-

рядком, установленным в ТРА станции. Стрелки электрической централизации, входящие в выключенный изолированный участок, переводят с помощью ВК каждый раз только после того, как дежурный по станции убедится в свободности стрелки от подвижного состава. Маршруты разделяют в соответствии с порядком, указанным электромехаником.

При замене в пределах изолированных участков рельсов или производстве других путевых работ, требующих по своему характеру ограждение сигналами остановки, обязательно вызывается электромеханик.

Путевые работы на одной из двух спаренных стрелок разрешают с прекращением движения по ремонтируемой стрелке и, как правило, с сохранением пользования сигналами в маршрутах, в которые входит вторая (неремонтируемая) стрелка, при условии запираания ее навесным замком в положении, исключающем выезд подвижного состава на ремонтируемую стрелку. В этом случае спаренные стрелки выключают с сохранением пользования сигналами, а изолированный участок ремонтируемой стрелки — без сохранения пользования сигналами.

Для ремонтных работ, связанных с выключением на входном, выходном или маршрутном светофорах запрещающего огня, выбирается достаточное время, свободное от движения поездов. Выключенный светофор ограждается переносным красным сигналом, устанавливаемым на оси пути, напротив мачты выключаемого светофора. Этот сигнал охраняют работники, выполняющие выключение. При крайней необходимости принимают и отправляют поезда по маршруту, в который входит выключенный светофор, по разрешениям, предусмотренным для следования поездов при запрещающих показаниях таких светофоров. Для пропуска поезда по указанию дежурного по станции переносной сигнал временно снимается, а затем устанавливается вновь. Предварительно согласовав с дежурным по станции возможность выключения сигнала, электромеханик записывает в журнал осмотра цель выключения и при необходимости порядок ограждения выключаемого сигнала. Разрешая приступить к намеченной работе, дежурный по станции расписывается под текстом записи электромеханика и надевает на сигнальную рукоятку (кнопку) этого светофора красный колпачок,

а при выключении светофоров вставляет (лично или по его указанию дежурный стрелочного поста) в отверстие аппаратного сигнального замка табличку с надписью «Выключено».

Ремонт и переустройство ящиков зависимости аппаратов механической централизации, маршрутно-контрольных устройств или стрелочных централизаторов, когда нарушается зависимость между стрелками и сигналами, выполняются с закрытием их действия на срок до 5 суток включительно с разрешения начальника отделения дороги, а на больший срок — с разрешения начальника дороги (телеграмма, приказ).

При ремонте ящиков зависимости распорядительных аппаратов действие станционной блокировки, а также путевой полуавтоматической блокировки на прилегающих перегонах прекращается. Ящики зависимости исполнительных аппаратов ремонтируют при закрытом действии станционной и путевой полуавтоматической блокировок той стороны станции, к которой относится данный пост.

Организация приема и отправления поездов при запрещающих сигналах (без закрытия основных средств сигнализации и связи) осуществляется в соответствии с приказами и письменными разрешениями.

Приказ о приеме поезда в таких случаях передается по следующей форме: «Машинисту поезда № 2962. Я, дежурный по станции Пушкино, разрешаю Вам следовать на 4-й путь при запрещающем показании выходного сигнала. Маршрут приема готов. ДСП Борисова, 12.05, 15 ч 05 мин».

Передавая приказ и убедившись в том, что он понят машинистом правильно, дежурный по станции записывает текст приказа в настольном журнале движения поездов или в специальном журнале (на станциях, где это установлено начальником отделения дороги). Под текстом указываются время передачи и фамилия машиниста локомотива, которому передан приказ.

Когда поезд принимают с неправильного пути и по этому пути нет входного сигнала, приказ формулируется так: «Машинисту поезда № 3422. Я, дежурный по станции Алехино, разрешаю Вам с 1-го неправильного пути следовать на 7-й путь. Маршрут приема готов. ДСП Рубцова, 6.07. 19 ч. 32 мин».

Если по маршруту следования прибывшего поезда имеется маршрутный светофор, то в приказе указывается, что поезду разрешается следовать до маршрутного светофора. При неисправности одно-

временно входного и маршрутного светофоров, если оба они управляются с одного и того же поста, на проследование их может быть передан один приказ, который в этом случае дополняется словами «и маршрутного сигнала» (указывается наименование этого сигнала), или же, в зависимости от обстановки, — отдельный приказ на проследование каждого светофора. Приказы могут быть переданы по радиосвязи на ходу или после остановки поезда у входного (маршрутного) сигнала, или у знака «Граница станции». Если поезд принимается до первого станционного поста или на свободный участок пути, то в приказе указывают на это, например: «...до первого стрелочного поста», «...до поста централизации...», «до входной стрелки №...», «на свободный участок...пути, занятый хозяйственным поездом» и т.п.

На участках с диспетчерской централизацией, в случаях когда станция не передана на резервное управление, приказы поездного диспетчера, адресованные машинисту, регистрируют в журнале диспетчерских распоряжений.

Отправлять поезда при запрещающем показании выходного сигнала по приказу дежурного по станции, передаваемому машинисту поездного локомотива по радиосвязи, разрешается только на перегоны, оборудованные автоблокировкой. Это осуществляется в случаях отправления поезда со станции при неисправности выходного светофора; с пути, не имеющего выходного сигнала; когда голова поезда находится за выходным светофором, в том числе и после остановки поезда за этим светофором из-за его самопроизвольного закрытия. Перед передачей такого приказа дежурный по станции по приборам управления или другим способом должен убедиться в свободности первого блок-участка на межстанционном перегоне, на который намечено отправлять поезд.

Приказ дежурного по станции об отправлении поезда при запрещающем показании выходного светофора передается по форме: «Разрешаю поезду № 806 отправиться с 4-го пути по II главному пути при запрещающем показании выходного светофора и следовать до первого проходного светофора, а далее руководствоваться сигналами автоблокировки. ДСП Голубева, 1.09, 16 ч 40 мин».

Этот приказ записывается в настольном журнале движения поездов или в специальном журнале (на станциях, где это установлено начальником отделения дороги).

При отправлении поезда на однопутный перегон или по неправильному пути двухпутного перегона с двусторонней автоблокировкой перед передачей машинисту приказа об отправлении поезда со станции при запрещающем показании выходного светофора блок-система должна быть установлена в направлении отправляющегося поезда, из аппарата изъят ключ-жезл перегона, на который отправляется поезд, и дежурным по станции получен регистрируемый приказ поездного диспетчера, подтверждающий свободу перегона от встречных поездов.

Для отправления поезда приказ поездного диспетчера не требуется в следующих случаях:

- при запрещающем показании выходного сигнала по правильному пути двухпутного перегона;
- при запрещающем показании маршрутного светофора (до выходного), в том числе, когда отправляют поезд (от выходного светофора с разрешающим показанием) на однопутный перегон.

Письменным разрешением на отправление поезда при запрещающем выходном светофоре на перегон, оборудованный автоблокировкой (если действие блокировки не закрыто), является бланк зеленого цвета (форма ДУ-54).

Такое разрешение дежурный по станции может выдать только после того, как он по приборам управления или с помощью других имеющихся в его распоряжении средств (путем переговоров по радиосвязи с машинистом ранее отправленного поезда, сообщениям сигналистов, дежурных стрелочного поста, дежурных по переездам и др.), не убедится в свободе первого блок-участка.

Письменным разрешением на проследование отправляющимся поездом запрещающего показания маршрутного светофора (из одного района станции в другой) также служит разрешение на бланке зеленого цвета с заполнением пункта 1, которое оформляют как для отправления поезда при запрещающем показании выходного светофора с соответствующим изменением текста от руки. Аналогично заполняется разрешение для дальнейшего следования отправившегося поезда, если ему был перекрыт светофор и поезд остановился, проехав этот сигнал.

Одной из форм разрешений на прием или отправление поезда со станции при запрещающем показании светофора является при-

гласительный сигнал на входном или выходном светофоре. На выходном светофоре пригласительный сигнал применяется только при отправлении поезда на двухпутный перегон, оборудованный одной-сторонней автоблокировкой.

Письменным документом об отправлении поезда со станции на перегон, оборудованный полуавтоматической блокировкой, при запрещающем показании выходного сигнала, если действие блокировки не закрыто, является разрешение на бланке зеленого цвета (форма ДУ-52).

Письменные разрешения об отправлении поезда при запрещающем показании выходного сигнала на перегон, если действие полуавтоматической блокировки не закрыто, выдаются только в тех случаях, когда выходной сигнал для отправления поезда был открыт, но затем по каким-то причинам его закрыли (или он закрылся самопроизвольно), а потом возникла необходимость отправить в том же направлении задержанный или какой-то другой поезд. О закрытии выходного сигнала делают отметку в настольном журнале: «Выходной светофор Н-5 закрыт ввиду...», сообщают на соседнюю станцию и поезвному диспетчеру. Самопроизвольное закрытие выходного сигнала регистрируют также в журнале осмотра.

При отправлении поезда со станции по открытому выходному сигналу машинисту локомотива дополнительно должны выдаваться письменные разрешения или вместо них приказы дежурного по станции по радиосвязи, регистрируемые в настольном журнале движения поездов, в следующих случаях: если голова поезда находится за выходным (маршрутным) светофором с разрешающим показанием; отправление происходит по открытому групповому выходному светофору при неисправности (или отсутствии) на нем маршрутного указателя (из лампочек зеленого цвета); групповой светофор открыт, но не исправен повторитель этого светофора; голова поезда находится за повторителем группового светофора.

При автоблокировке письменным разрешением в таких случаях является бланк зеленого цвета (форма ДУ-54).

При полуавтоматической блокировке письменным разрешением, выдаваемым машинисту отправляющегося поезда в дополнение к открытию выходного светофора, является бланк зеленого цвета (форма ДУ-52).

Также выдается письменное разрешение при отправлении поезда по групповому сигналу с неисправным маршрутным указателем.

При отправлении поезда на перегон с автоблокировкой письменное разрешение, выдаваемое машинисту в дополнение к открытому выходному светофору, в любом случае может быть заменено передачей машинисту локомотива отправляющегося поезда приказа дежурного по станции, передаваемого по радиосвязи. При полуавтоматической блокировке заменять письменное разрешение приказом, передаваемым по радиосвязи, разрешается лишь при неисправности маршрутного указателя на открытом групповом выходном светофоре.

Если поврежден маршрутный указатель направления следования (из лампочек белого цвета), дежурный по станции должен поставить в известность машиниста о направлении (или главном пути), по которому приготовлен маршрут. Также необходимо сообщить машинисту о маршруте пассажирского поезда, если выходной светофор открыт, а повторительный светофор у места остановки поезда не исправен.

Глава 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ (ТСО БД) НА ПЕРЕГОНАХ И СТАНЦИЯХ

2.1. Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах ОАО «РЖД»

Обеспечение безопасности движения было и остается одной из важнейших задач ОАО «РЖД», которой уделяется приоритетное внимание в условиях реформирования железнодорожного транспорта.

На протяжении всего периода деятельности ОАО «РЖД» в реализацию Программы повышения безопасности движения, не считая комплексных проектов, инвестировано более 30 млрд руб.

Осуществляется целенаправленная мотивация труда работников железных дорог, непосредственно обеспечивающих безопасность движения.

Поставленная правлением ОАО «РЖД» задача в части 15%-го снижения количества нарушений безопасности движения выполнена на 14 железных дорогах, в хозяйствах перевозок, вагонном, автоматики и телемеханики, пассажирском и путевом комплексах.

Коллективы 46 отделений железных дорог обеспечили перевозку грузов и пассажиров, не допустив при этом крушений, аварий, сходов и столкновений с пассажирскими и грузовыми поездами.

В целом по компании, с учетом функциональных филиалов ОАО «РЖД», количество нарушений безопасности движения в 2013 г. снижено на 0,2 %, в том числе:

- саморасцеп автосцепки в поезде — на 49 %;
- неисправность пути, вызвавшая закрытие движения или ограничение скорости до 15 км/ч, — на 45 %;
- отцепка вагона от пассажирского поезда в пути следования из-за технических неисправностей — на 35 %;
- столкновение подвижного состава при маневрах — на 28 %;
- неограждение сигналами опасного места работ для движения поездов — на 24 %;

— неисправность технических средств с задержкой поездов более 1 часа — на 13 %;

На 11 % сократилось количество сходов в поездах по вине ОАО «РЖД».

Компания удовлетворила спрос на перевозки грузов и пассажиров в условиях резко меняющихся направлений перевозок, когда, при общем спаде объемов, в направлении портов Дальнего Востока они резко возросли, достигнув «пиковых» значений.

Были значительно увеличены экспортные перевозки таких грузов, как промышленное сырье, цемент, зерно, каменный уголь, а также строительных и нефтяных грузов.

Экспортные перевозки крупнотоннажных контейнеров ускоренными контейнерными поездами увеличились на 19 %.

Существенно повышено качество грузовых перевозок. Скорость доставки грузовых отправок выросла на 6,3 %, а количество отправок, доставленных с опозданием, сократилось на 35 %.

Железнодорожный транспорт вносит существенный вклад в развитие и техническое перевооружение широкого спектра отраслей экономики: машиностроение, электротехническую, металлургическую промышленность, а также строительный комплекс.

Партнерские взаимоотношения с ведущими мировыми производителями железнодорожной техники особенно ярко проявляются в проектах высокоскоростного и скоростного движения, реализацией которых на основе высокоскоростных поездов «Сапсан» и скоростных поездов «Pendolino SM6» активно занято сейчас ОАО «РЖД».

На сети железных дорог России был установлен рекорд скорости — 281 км/ч, которую развил поезд «Сапсан» во время испытательного рейса между Москвой и Санкт-Петербургом.

Главным событием последних лет в этой сфере деятельности является открытие в России высокоскоростного пассажирского сообщения.

Налажено серийное производство российских пассажирских электровозов серии ЭП2К. Освоено производство нового грузового электровоза 2ЭС6.

Стратегия ОАО «РЖД» в области внедрения спутниковых технологий предусматривает участие Компании в выполнении задачи расширения внедрения отечественной системы ГЛОНАСС, созда-

нии единого цифрового координатного пространства объектов железнодорожной инфраструктуры.

Процент внедрения отечественных спутниковых разработок на железнодорожные транспортные единицы составил 35 %, что превосходит даже параметры авиационного транспорта (17 %).

Общий объем технических единиц, оснащенных средствами спутниковой навигации, приблизился к 12 тыс. единиц. При этом в рамках создания комплексных систем безопасности в ОАО «РЖД» более 9,7 тыс. единиц подвижного состава оснащены комплексными локомотивными устройствами безопасности (КЛУБ-У и КЛУБ-УП), в состав которых входит отечественный спутниковый навигационный приемник ГЛОНАСС/GPS Ижевского радиозавода.

Проводимая в Компании работа по обеспечению безопасного перевозочного процесса характеризуется устойчивой тенденцией к снижению общего количества нарушений безопасности движения в течение всего периода ее деятельности. С момента создания ОАО «РЖД» количество нарушений безопасности движения снижено на 23 %. Однако динамика снижения нарушений в истекшем 2013 г. замедлилась.

Анализируя тренды по нарушениям безопасности движения за период 2003—2013 гг. в основных хозяйствах, можно сделать вывод, что устойчивый убывающий тренд наблюдается в путевом и пассажирском комплексах, хозяйствах автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, перевозок. В вагонном комплексе смена убывающего тренда за предыдущие годы на возрастающий в 2013 г. свидетельствует о снижении качества ремонта вагонного хозяйства и ухудшении положения с обеспечением безопасности движения в целом. В локомотивном хозяйстве наблюдается «боковой тренд». В целом по Компании сохраняется убывающий тренд.

Для повышения эффективности действующей системы управления безопасностью движения необходимо применять современные принципы менеджмента, основанные, прежде всего, на методах управления безопасностью через систему управления рисками. При этом нужно четко понимать, что ответственность за безопасность процессов возлагается на их владельцев — руководителей предприятий, которые наделены соответствующими полномочиями и ресур-

сами, а в круг их обязанностей входят оценка и анализ рисков, управление факторами, влияющими на уровень риска.

В Компании развернута работа по реализации Функциональной стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса, в которую заложен данный подход. Железные дороги, функциональные филиалы ОАО «РЖД» совместно с департаментами вовлечены в решение основных задач этой стратегии.

Структурными подразделениями железных дорог и функциональных филиалов ОАО «РЖД» были проанализированы факторы риска с использованием современного инструментария и впервые определены показатели безопасности движения с учетом прогнозируемого объема работы.

Данный подход позволит руководителям департаментов, филиалов ОАО «РЖД» обеспечить выполнение следующих задач: выработать адресные меры по устранению предпосылок нарушений безопасности движения, учитывая работу всех подразделений филиалов от околотка (цеха) до дирекции; сохранить динамику снижения нарушений безопасности движения в Компании; обеспечить функционирование системы гарантированной безопасности движения.

2.2. Основные показатели состояния безопасности движения в ОАО «РЖД»

Относительное количество нарушений безопасности движения в расчете на 1 млрд выполненной тонно-километровой работы снизилось на 12,4 %.

Уменьшилось количество неограждений сигналами опасных мест для движения поездов при производстве работ, неисправностей технических средств с задержкой поездов более 1 часа, сходов и столкновений подвижного состава в поездах и при маневрах, повреждений или отказов локомотивов пассажирских поездов в пути следования с требованием вспомогательного, обрывов и саморасцепов автосцепок, неисправностей пути с закрытием движения или ограничением скорости движения поездов до 15 км/ч, взрывов стрелки, наездов поездов на посторонние предметы.

В 2011 г. не были допущены такие нарушения, как прием поезда на занятый путь, отправление поезда на занятый перегон, отправле-

ние поезда с перекрытыми концевыми кранами, ложное появление на напольном светофоре разрешающего показания сигнала вместо запрещающего или появление более разрешающего показания сигнала вместо показания, требующего продолжения следования поезда с уменьшенной скоростью, развал груза в пути следования, обрыв хребтовой балки подвижного состава, излом надрессорной балки тележки вагона, ложное появление разрешающего показания сигнала вместо запрещающего, перевод стрелки под поездом, неисправность вагона пригородного поезда с отцепкой его в пути следования, а также:

- сходы подвижного состава в пассажирских поездах на 15-ти железных дорогах, кроме Забайкальской и Сахалинской;
- столкновения подвижного состава в пассажирских поездах на 15-ти железных дорогах, кроме Горьковской и Юго-Восточной;
- несанкционированное движение железнодорожного подвижного состава на маршрут приема, отправления поезда или на перегон на 15-ти железных дорогах, кроме Восточно-Сибирской и Южно-Уральской (ДРП);
- прием, отправление поезда по неготовому маршруту — на 16-ти железных дорогах, кроме Куйбышевской;
- проезды запрещающего сигнала на 6-ти железных дорогах.

В целом по компании снижены следующие показатели:

- на 70 % — наезды поезда или одиночно следующего локомотива на посторонний предмет (на Северо-Кавказской, Московской, Свердловской, Красноярской, Восточно-Сибирской железных дорогах; не допущены — на Юго-Восточной, Забайкальской, Калининградской и Сахалинской железных дорогах);
- на 49 % — саморасцепы автосцепки в поезде (на Горьковской, Северной, Куйбышевской, Свердловской, Южно-Уральской, Западно-Сибирской, Восточно-Сибирской и Забайкальской железных дорогах; не допущены — на Московской, Юго-Восточной, Красноярской, Дальневосточной, Калининградской и Сахалинской железных дорогах);
- на 45 % — неисправности пути, вызвавшие закрытие движения или ограничение скорости до 15 км/час (на Горьковской, Приволжской, Куйбышевской, Свердловской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах; не допущены — на Октябрьской, Московской, Северной,

Юго-Восточной, Западно-Сибирской, Калининградской и Сахалинской железных дорогах);

- на 35 % — отцепки вагонов от пассажирского поезда в пути следования из-за технических неисправностей (не допущены — на 15-ти железных дорогах, кроме Приволжской и Красноярской);

- на 28 % — столкновения подвижного состава при маневрах (на Куйбышевской, Восточно-Сибирской и Забайкальской железных дорогах; не допущены — на Калининградской, Московской, Северной, Юго-Восточной, Красноярской и Дальневосточной железных дорогах);

- на 24 % — неограждения сигналами опасного места работ для движения поездов (на Западно-Сибирской и Забайкальской железных дорогах; не допущены — на Московской, Северо-Кавказской, Юго-Восточной, Приволжской, Свердловской, Южно-Уральской, Восточно-Сибирской, Дальневосточной, Калининградской и Сахалинской железных дорогах);

- на 14 % — повреждения или отказы локомотивов, вызвавшие вынужденную остановку пассажирского поезда на перегоне или промежуточной станции при дальнейшем движении поезда с помощью вспомогательного локомотива (на Октябрьской, Московской, Северной, Приволжской, Куйбышевской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Дальневосточной железных дорогах; не допущены — на Сахалинской железной дороге);

- на 13 % — неисправности технических средств, в результате которых допущена задержка поезда сверх времени, установленного графиком движения, на один час и более — на 15-ти железных дорогах, кроме СевероКавказской и Западно-Сибирской.

Вместе с тем на ряде железных дорог допущены транспортные происшествия и события, создавшие явную угрозу безопасности движения поездов. Некоторые из них привели к тяжелым последствиям:

- авария из-за проезда запрещающего сигнала (на Дальневосточной железной дороге);

- 40 сходов подвижного состава в поездах. Наибольшее количество сходов допущено на следующих железных дорогах: Куйбышевской — 5, Забайкальской — 4, Северной и Приволжской — по 3, Свердловской, Красноярской и Дальневосточной — по 2).

В путевом комплексе произошло 26 сходов, вагонном — 11 и локомотивном — 1; в хозяйствах перевозок — 1 и пригородных пассажирских перевозок — 1;

— 3 столкновения с поездами на Северной железной дороге по вине локомотивной бригады, а также на Горьковской, Юго-Восточной и Западно-Сибирской железных дорогах;

— 22 проезда запрещающих показаний светофоров на Куйбышевской (6), Северной (4), Приволжской и Восточно-Сибирской (по 3), Московской (2), по одному на Октябрьской, Горьковской, Северо-Кавказской и Западно-Сибирской железных дорогах.

В 2013 г. не стабилизировалось положение с обеспечением безопасности движения на ряде отделений и регионов железных дорог, в том числе:

- Хабаровском Дальневосточной железной дороги (авария);
- Свободненском Забайкальской железной дороги (3 схода подвижного состава в поездах, в том числе один в пассажирском);
- Самарском (2 схода в грузовых поездах, 3 проезда запрещающих сигналов) и Пензенском (2 схода в грузовых поездах, проезд запрещающего сигнала и прием пассажирского поезда по неготовому маршруту) Куйбышевской железной дороги;

Рис. 2.1. Тренд нарушений безопасности движения по ОАО «РЖД» в целом

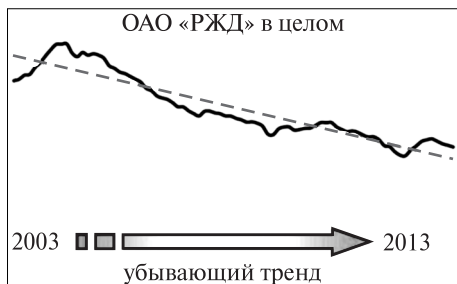
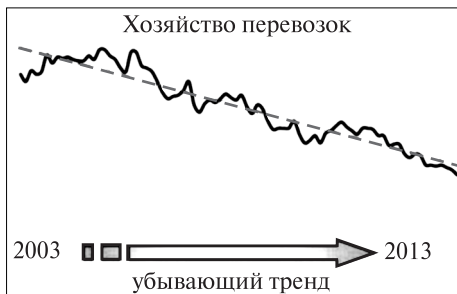


Рис. 2.2. Тренд нарушения безопасности движения в хозяйстве перевозок



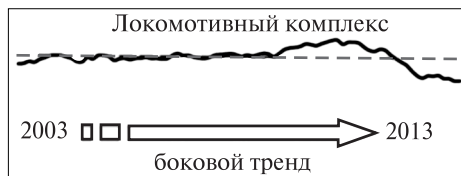


Рис. 2.3. Тренд нарушения безопасности движения в локомотивном комплексе

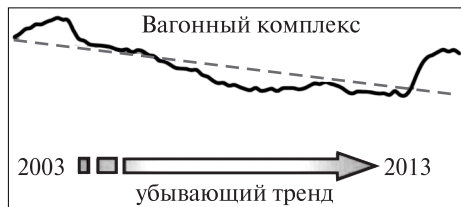


Рис. 2.4. Тренд нарушения безопасности движения в вагонном комплексе

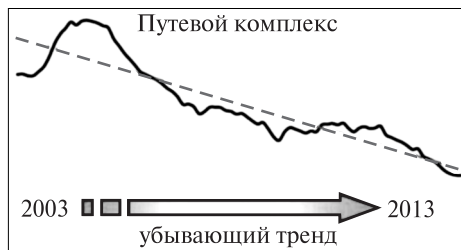


Рис. 2.5. Тренд нарушения безопасности движения в путевом комплексе

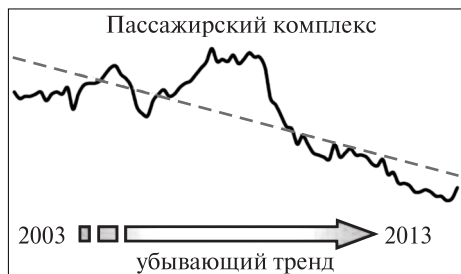


Рис. 2.6. Тренд нарушения безопасности движения в пассажирском комплексе

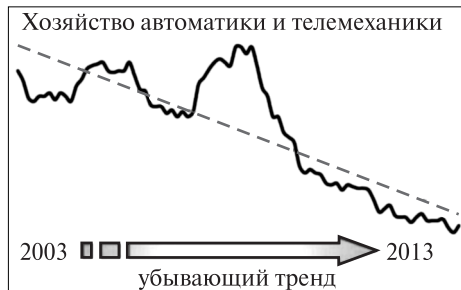
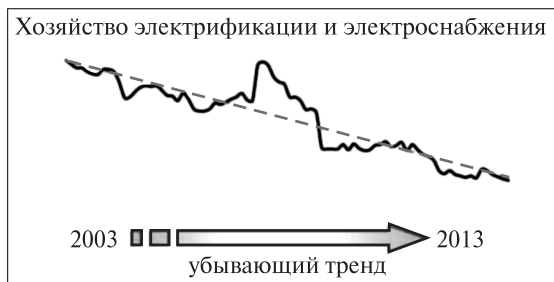


Рис. 2.7. Тренд нарушения безопасности движения в хозяйстве автоматики и телемеханики

Рис. 2.8. Тренд нарушения безопасности движения в хозяйстве электрификации и электроснабжения



- Саратовском Приволжской железной дороги (2 схода в грузовых поездах, 2 проезда запрещающих сигналов);
- Мичуринском Юго-Восточной и Кировском Горьковской железных дорог (по одному столкновению с пассажирскими поездами);
- Вологодском (2 схода в грузовых поездах) и Ярославском (2 проезда запрещающих сигналов) Северной железной дороги;
- Улан-Удэнском (сход в грузовом поезде, проезд запрещающего сигнала) и Тайшетском (2 проезда запрещающих сигналов) Восточно-Сибирской железной дороги.

Тренды нарушения безопасности движения в филиалах ОАО «РЖД» представлены на рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 и 2.8.

2.3. Полуавтоматическая блокировка

Для регулирования движения поездов и обеспечения безопасности их следования служат системы железнодорожной автоматики и телемеханики или, иначе говоря, устройства СЦБ (сигнализация, централизация и блокировка).

Путевая полуавтоматическая блокировка используется для регулирования движения поездов на однопутных и двухпутных участках железных дорог с неинтенсивным движением. Она представляет собой систему сигнализации, связи и блокировки между двумя отдельными пунктами, при которой изменение показаний светофоров и подача блокировочных сигналов о следовании поезда производится частично работниками движения и частично автоматическим воздействием на путевые приборы и рельсовые цепи движущимся поездом. Управление входными, выходными и проходными светофорами выполняется дежурным по станции центра-

лизованным порядком с аппарата управления. При использовании электроприборов с этого аппарата можно управлять переводом стрелок. Такой способ управления стрелками и светофорами получил наименование «электрическая централизация стрелок и сигналов». На малодеятельных станциях с небольшим числом приемо-отправочных путей стрелки могут находиться на ручном управлении с использованием принципов ключевой зависимости. На стрелочных постах в этом случае для повышения безопасности движения устанавливаются стрелочные централизаторы или аппараты МКУ (маршрутно-контрольные устройства).

Управление станционными светофорами может быть как индивидуальным, так и групповым (посредством одной кнопки на группу взаимно враждебных сигналов).

Входными и выходными сигналами являются линзовые или прожекторные мачтовые светофоры, выходные светофоры с боковых путей могут быть карликовыми, если по габариту нельзя установить мачтовые. Для проходных и предупредительных сигналов, как правило, используются прожекторные светофоры. При полуавтоматической блокировке применяется двузначная сигнализация, при которой блокируемые участки пути ограждаются выходными или проходными светофорами, имеющими одно из двух сигнальных показаний: красный огонь — запрещающее, зеленый огонь — разрешающее движение.

Закрытие светофоров может быть выполнено с аппарата управления от воздействия на сигнальную кнопку или автоматически. Для автоматического закрытия светофора используются рельсовые цепи приемо-отправочных путей и стрелочных горловин, а также контрольные путевые участки (не короче 25 м) с рельсовой pedalью или с короткими рельсовыми цепями.

Принцип действия путевой полуавтоматической блокировки следующий: для отправления поезда на свободный путь двухпутного перегона дежурный открывает выходной (или проходной — на блокпосту) светофор, а после занятия поездом перегона выходной или проходной светофор закрывается и блокируется (замыкается). При этом на соседнюю станцию посылается блокировочный сигнал «Путевое отправление» (ПО). Замыкание выходного или проходного светофора будет продолжаться до тех пор, пока не про-

изойдет освобождение перегона поездом и подача сообщения об этом на станцию, отправившую поезд.

Прием поезда соседней станцией производится по открытому входному светофору с использованием устройств автоматического контроля прибытия его на станцию. Для этого между входным светофором и первой по ходу стрелкой устанавливаются путевые датчики (рельсовые педали), включенные в схему приборов контроля прибытия поезда. Построение электрических схем выполняется в соответствии с применяемой системой путевой полуавтоматической блокировки. В последнее время вместо путевых датчиков используются короткие рельсовые цепи. Очень важно в этом случае проконтролировать прибытие поезда в полном составе. Тогда перегон можно считать фактически свободным. С этой целью на станциях устанавливают устройства контроля прибытия поезда в полном составе. Затем дежурный посылает на станцию, отправившую поезд, блокировочный сигнал «Путевое прибытие» (ПП), которым снимается блокировочное замыкание с выходного или проходного светофора. Разрешается вновь открыть светофор для отправления поезда на свободный перегон.

Отправление поезда на однопутный перегон разрешается только после получения согласия от соседней станции, которое снимает замыкание с выходного светофора. Согласие имеет одnorазовое значение и после отправления поезда погашается.

Посылка блокировочных сигналов «Путевое отправление», «Путевое прибытие» и сигнала «Дача согласия» (ДС) производится по линейной цепи, соединяющей аппараты управления двух смежных станций. Дежурные смежных станций ведут переговоры между собой по вопросам движения с помощью телефонов, включенных в линейную цепь.

В эксплуатации находятся следующие системы полуавтоматической блокировки: РПБ системы ГТСС (релейная полуавтоматическая блокировка проектного института «Гипротрансигналсвязь»), РПБ системы КБ ЦШ (релейная полуавтоматическая блокировка конструкторского бюро Главного управления сигнализации и связи МПС) и БПЛЦ (блокировка с полярной линейной цепью).

В релейных системах управления и замыкания осуществляются при помощи реле постоянного тока 1-го класса надежности, а в сис-

теме БПЛЦ — как при помощи реле, так и электромеханическим путем — при помощи электрозатвора. Все системы, кроме РПБ КБ ЦШ, применяются на двухпутных и однопутных участках, а РПБ КБ ЦШ — только на однопутных участках.

2.4. Автоматическая блокировка

Для регулирования движения поездов на перегонах применяется автоматическая блокировка (автоблокировка), при которой показания сигналов (проходных светофоров) изменяются автоматически в зависимости от места нахождения поездов.

При автоблокировке весь перегон разделяется на блок-участки, каждый из которых ограждают светофором. Это позволяет отправлять поезда один за другим с интервалом 6—8 мин, а на пригородных линиях, где блок-участки меньшей длины, — с интервалом 3—4 мин. Благодаря этому обеспечивается высокая пропускная способность железных дорог (на двухпутных магистральных линиях до 200 пар поездов в сутки, а на пригородных линиях до 300 пар).

Каждый блок-участок оборудуется рельсовой цепью (РЦ), автоматически контролирующей его состояние. Применение РЦ позволяет обеспечить действие автоматической локомотивной сигнализации и тем самым повысить безопасность движения поездов, особенно в неблагоприятных условиях видимости светофоров (туман, снегопад, кривые участки пути и т.д.).

Светофор автоматически сигнализирует запрещающим показанием при входе поезда на ограждаемые им блок-участки и в случае нарушения электрической целости рельсовой линии в пределах этих участков. Проходной светофор не должен сигнализировать разрешающим показанием до освобождения поездом ограждаемого им блок-участка. Это требование исключает возможность наезда поезда, следующего в попутном направлении, на поезд, движущийся или остановившийся в пределах блок-участка. Занятие поездом рельсовых цепей блок-участков вызывает автоматическое изменение сигнальных показаний на проходных и выходных светофорах, которые дают указания машинисту о движении поезда с установленной скоростью, о ее снижении или необходимости торможения и остановки поезда перед закрытым светофором.

Видимость сигналов светофора зависит от погодных условий, рельефа местности, кривизны пути. При неблагоприятных услови-

ях после проезда сигнала, требующего снижения скорости, создается опасность проезда следующего запрещающего сигнала. Машинист лишается возможности немедленного восприятия изменения показания светофора на более разрешающее и вынужден до конца этой зоны поддерживать пониженную скорость, при этом снижается пропускная способность участка.

Так как устройства автоблокировки фиксируют свободное или занятое состояние блок-участков, то их используют для диспетчерского контроля за движением поездов, а также для извещения о приближении поездов к переездам в системе автоматической переездной сигнализации.

Автоблокировка, автоматическая локомотивная сигнализация, диспетчерский контроль за движением поездов и автоматическая переездная сигнализация составляют единый комплекс автоматических устройств регулирования движения поездов. На однопутных линиях автоблокировка обычно входит в комплекс устройств диспетчерской централизации. Благодаря уменьшению продолжительности стоянок поездов при обгонах и скрещениях автоблокировка повышает участковую скорость движения поездов и тем самым способствует решению основной задачи — повышению эффективности работы железнодорожного транспорта.

Основные требования, предъявляемые к устройствам автоблокировки, устанавливаются ПТЭ. Устройства автоблокировки не должны допускать открытия светофора до освобождения ограждаемого им блок-участка. На однопутных перегонах после открытия на станции выходного светофора должна быть исключена возможность открытия выходных и проходных светофоров противоположного направления. Все светофоры автоблокировки должны автоматически закрываться при входе поезда на ограждаемые ими блок-участки, а также в случае нарушения целостности рельсовых нитей этих участков.

Разрешением на занятие поездом блок-участка служит разрешающее показание проходного светофора. Как исключение на проходных светофорах (кроме предвыходных), расположенных на тяжелых подъемах, допускается в каждом отдельном случае с разрешения начальника дороги устанавливать условно разрешающий сигнал — щит с отражательным знаком в виде буквы Т, который служит разрешением грузовому поезду на проследование светофо-

ра с красным огнем без остановки. Машинист должен вести поезд так, чтобы проследовать светофор с красным огнем со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановиться при возникновении препятствия для дальнейшего движения поезда.

Принцип действия простейшей двузначной системы автоблокировки заключается в следующем. В пределах каждого блок-участка светофоры автоблокировки с движущимся поездом связаны посредством РЦ, в которой рельсовые нити пути используются в качестве проводников тока. РЦ смежных блок-участков отделяются друг от друга изолирующими стыками. Каждая РЦ имеет свой источник питания и путевое реле П. Если блок-участок свободен от поезда, то между первым и вторым светофорами ток от источника питания через регулируемый ограничивающий резистор R_0 и рельсовые нити протекает по обмотке первого путевого реле. Оно срабатывает и притягивается, вследствие чего фронтовым контактом замыкает цепь лампы зеленого огня первого светофора. Зеленый огонь светофора указывает, что ограждаемый им блок-участок свободен.

Так как блок-участок, ограждаемый вторым светофором, занят, то РЦ шунтируется колесными парами поезда, имеющими малое сопротивление. Это приводит к значительному снижению тока, проходящего через обмотку второго путевого реле, оно отпускает якорь, замыкая тыловой контакт. На втором светофоре включается лампа красного огня. После освобождения поездом блок-участка, ограждаемого вторым светофором, через обмотку второго путевого реле начинает протекать ток, достаточный для его срабатывания. Реле притягивает якорь и замыкает фронтовой контакт. Лампа красного огня на втором светофоре гаснет, а включается лампа зеленого огня.

РЦ контролирует не только свободное или занятое состояние блок-участка, но также и целость рельсовых нитей пути. При нарушении целости рельсовой нити блок-участка, ограждаемого первым светофором, происходит значительное снижение тока в обмотке первого путевого реле, оно отпускает якорь, замыкая цепь питания лампы красного огня.

Практически контакты путевых реле не используются непосредственно для включения ламп светофора, а воздействуют на дру-

гие реле (линейные, сигнальные), управляющие огнями проходных светофоров.

Автоблокировка может быть двужначной, трехзначной или четырехзначной в зависимости от того, сколько сигнальных показаний подается проходными светофорами. На железных дорогах в основном применяется трехзначная автоблокировка, проходные светофоры которой имеют красный, желтый и зеленый огни. Четырехзначная автоблокировка, при которой четвертым показанием являются одновременно горящие желтый и зеленый огни, применяется, как правило, в районах крупных городов с интенсивным пригородным движением.

Автоблокировку называют односторонней (двухпутной), если движение поездов по сигналам автоблокировки происходит по каждому пути только в одном направлении. На однопутных линиях применяется двусторонняя (однопутная) система автоблокировки, когда поезда по сигналам автоблокировки движутся в обоих направлениях. Двусторонняя система может применяться и на каждом пути двухпутного участка, если по условиям эксплуатации систематически требуется пропускать поезда по каждому пути в обоих направлениях.

В зависимости от рода тока, принятого для питания РЦ, автоблокировка может быть постоянного и переменного тока; в зависимости от способа увязки между светофорами — проводной или кодовой (беспроводной).

Различают системы автоблокировки с линзовыми или прожекторными светофорами, а по режиму горения светофорных ламп — с нормально горящими и с нормально негорящими огнями (с предварительным зажиганием). При новом строительстве автоблокировки применяются только светофоры с нормально горящими огнями.

На магистральных линиях при трехзначной системе сигнализации проходные светофоры размещаются с учетом заданного минимального интервала однопутного следования грузовых поездов с массой и длиной состава в соответствии с проектным заданием.

Интервал попутного следования для однопутных и двухпутных магистральных линий обычно принимается равным 6 мин. Поезда при движении могут разграничиваться тремя или двумя участками. В первом случае поезда движутся всегда на зеленый

огонь впереди стоящего светофора. Этот способ принят в качестве основного, так как наиболее полно отвечает условиям эксплуатации, обеспечивая при этом нормальные условия работы локомотивных бригад. Разграничение поездов двумя блок-участками допускается в виде исключения на затяжных подъемах и при выходе поездов со станции после остановки, где при разграничении тремя блок-участками не обеспечивается заданный интервал попутного следования. В этом случае поезд следует на желтый огонь впереди стоящего светофора со сменой его на зеленый на расстоянии восприятия, которое принимается таким, чтобы при фактической скорости движения время восприятия было 30 с. При движении на желтый огонь светофора не реализуются максимально возможные скорости движения, работа локомотивных бригад становится более напряженной и утомительной.

При трехзначной системе сигнализации в соответствии с требованиями ПТЭ расстояние между смежными светофорами должно быть не менее тормозного пути при полном служебном торможении и максимальной реализуемой скорости (не более 80 км/ч для грузовых и 120 км/ч для пассажирских поездов) и не менее тормозного пути при экстренном торможении с учетом времени срабатывания устройств автоматической локомотивной сигнализации (6 с) и выдержки автостопа (6 с). На линиях, где видимость сигналов менее 400 м, а также на участках, вновь оборудованных автоблокировкой, длина блок-участков, кроме того, должна быть не менее 1000 м, в том числе между входными и выходными светофорами по главному пути.

На участках, где обращаются пассажирские поезда со скоростью более 120 км/ч или грузовые со скоростью более 80 км/ч, длина двух смежных блок-участков должна быть не менее тормозного пути от максимально реализуемой скорости. Следование со скоростью более 120 км/ч для пассажирского и 80 км/ч для грузового поезда разрешается по зеленому огню локомотивного светофора.

На линиях, ранее оборудованных автоблокировкой, некоторые блок-участки имеют длину менее требуемого тормозного пути. На светофорах, ограждающих такие блок-участки, и на предупредительных по отношению к ним устанавливают указатели в виде светящихся стрел, направленных вниз. Максимальная длина блок-

участка должна быть не более 2600 м в соответствии с принятой максимальной длиной РЦ.

Расстояние между входным и предвходным светофорами должно быть по возможности минимальным, чтобы снизить интервал по входу поездов на станцию и простои поездов при обгонах, особенно при приеме на боковой путь, когда поезд следует с уменьшенной скоростью. В то же время это расстояние не должно быть менее 1000 м. Поэтому длина таких блок-участков принимается в пределах 1000—1500 м.

Практически расстановка проходных светофоров автоблокировки производится по заданному интервалу и кривой фактической скорости движения расчетного (как правило, грузового) поезда.

Линии с интенсивным пригородным движением должны обеспечивать минимальный интервал попутного следования 3,5—5 мин. В этих условиях длины блок-участков получаются менее требуемого тормозного пути. Такие линии оборудуют четырехзначной автоблокировкой. Машинист поезда предупреждается о закрытом светофоре за два блок-участка желтым и зеленым огнями, горящими одновременно.

Поезда при четырехзначной системе сигнализации разграничиваются четырьмя или тремя блок-участками. За счет сокращения длины блок-участков, а значит, и расстояния между поездами, обеспечивается меньший интервал между ними, т.е. более высокая пропускная способность. В качестве расчетного поезда при расстановке сигналов на таких линиях принимается пригородный электропоезд, имеющий остановки у всех платформ. Ко времени минимального интервала прибавляется время стоянки поезда на остановочных пунктах.

При расстановке светофоров по возможности осуществляется максимальное спаривание светофоров, т.е. установка светофоров встречных направлений на одной ординате. Спаривание сигнальных установок удешевляет строительство и улучшает условия эксплуатации автоблокировки. Светофоры устанавливаются с правой стороны по направлению движения поездов или над осью пути.

Каждый перегонный светофор имеет номер, отражающий направление движения (четное или нечетное), к которому он относится, а также его удаленность от входного светофора станции. Свето-

форы нечетного направления нумеруются порядковыми нечетными числами (1, 3, 5, 7 и т.д.), а светофоры четного направления — порядковыми четными числами (2, 4, 6, 8 и т.д.), начиная от входного светофора данного направления навстречу движению поезда.

На мачтах предвходных светофоров, кроме того, устанавливаются оповестительные таблички в виде трех полосок с отражателями.

В схемах автоблокировки, как правило, применяют реле 1-го класса надежности, допускается использовать реле, не относящиеся к реле 1-го класса надежности (например, в импульсных РЦ, дешифраторных ячейках), но их правильная работа должна контролироваться. Повреждения в электрических схемах отдельных приборов — обрыв или короткое замыкание обмоток реле, обрыв монтажных проводов, выключение основного источника питания, перегорание предохранителей — не должны приводить к положениям, опасным для движения поездов.

Нормальное состояние реле в схеме выбирается таким, чтобы его случайное выключение или изъятие из схемы не приводило к опасному положению. Для надежной работы реле напряжение питания должно быть на 20 % выше напряжения срабатывания. Рабочее напряжение конденсаторов и выпрямителей должно быть не менее чем на 20 % выше максимально возможного напряжения в схеме.

Система автоблокировки выбирается в зависимости от вида тяги поездов. На участках с автономной тягой применяется автоблокировка постоянного тока с импульсными РЦ, на участках с электротягой постоянного тока — кодовая автоблокировка с РЦ частотой 50 Гц, а при электротяге переменного тока — кодовая автоблокировка с РЦ частотой 25 и 75 Гц.

В схемах автоблокировки при перегорании лампы красного огня предусматривается перенос красного огня на предыдущий светофор. Показания светофоров увязываются по линейным цепям (автоблокировка постоянного тока) или посредством кодовых сигналов, передаваемых по РЦ (кодовая автоблокировка). В схемах всех систем автоблокировки должно исключаться появление на светофоре более разрешающих сигнальных показаний при замыкании изолирующих стыков РЦ, а в необходимых случаях предусмотрена возможность снижения напряжения на лампах светофоров. Схемы автоблокировки должны обеспечивать на пульте ДСП

контроль свободности двух прилегающих к станции участков приближения и удаления.

Системы автоблокировки строят вместе с путевыми устройствами автоматической локомотивной сигнализации и диспетчерского контроля за движением поездов.

2.5. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия (АЛСН) и ее взаимодействие с автоблокировкой

Задачей устройств железнодорожной автоматики и телемеханики по обеспечению безопасности движения поездов является создание условий, при которых исключается возможность столкновения поездов с препятствием или сход поезда с пути при превышении заданной скорости либо нарушении целостности рельсовых нитей. В первом случае необходимо, чтобы скорость в каждой точке соответствовала необходимому тормозному пути до препятствия, которым может быть впереди идущий поезд, светофор с запрещающим показанием «открытый переезд» и т.д. Во втором случае необходимо, чтобы скорость данного поезда в каждой точке пути была равна или меньше максимально разрешенной на данном участке скорости в соответствии с конструкционной скоростью входящих в состав вагонов (по видам перевозок), а также с учетом постоянного или временного ограничения путевой скорости.

Для выполнения этих условий требуется передать на поезд информацию, обеспечивающую безопасность движения. В зависимости от места и времени возникновения информация подразделяется:

- на информацию, соответствующую определенному месту и изменяющуюся во времени. Эта информация фиксируется показаниями путевых светофоров, которые определяют положение препятствия по отношению к фиксированным границам блок-участков;
- информацию, соответствующую определенному месту, но не зависящую от времени. Эта информация фиксируется предупредительными щитами и указателями скорости, переносными сигналами начала и конца уменьшения скорости и т.д. Помимо указанной информации, обеспечивающей безопасность движения поездов, машинисту передается большое количество эксплуатационной

информации: приказы об обслуживании токоприемника локомотива на электрифицированных участках и др.

Каждая информация проходит четыре стадии: а) зарождается в путевых устройствах; б) передается на поезд; в) расшифровывается; г) используется для управления поездом.

В зависимости от совершенства путевого и локомотивного оборудования эта информация передается различными способами:

1) локомотивная сигнализация отсутствует, в качестве средства связи при движении поездов используется телефон. Информационные сигналы подаются работником движения. Обеспечение безопасного движения поездов целиком зависит от обслуживающего персонала;

2) участок пути оборудован автоблокировкой и АЛС. Стадии передачи информации, приведенные в пунктах «а», «б» и «в», осуществляются без участия человека. Использование информации остается за машинистом, бдительность которого, как правило, контролируется принудительным нажатием им рукоятки бдительности;

3) так же, как и в предыдущем случае, участок оборудован автоблокировкой и АЛС, но АЛС дополнена автоматическим контролем скорости. Машинист полностью выполняет свои функции по ведению поезда, но если режим ведения поезда не соответствует передаваемой на локомотив информации и скорость превышает заданную, автостоп затормозит поезд. В этом случае стадия пункта «г» используется в качестве сравнивающего критерия для исключения ошибочного действия машиниста;

4) на участке управление поездами осуществляется автоматически. Машинист выполняет только контрольные функции и действует лишь при аварийном отказе автомата или по вызову управляющего центра. В действительности обеспечение безопасности движения поездов при автоматическом управлении поездов на обычных, неспециализированных путях, затруднительно с технической и эксплуатационной точек зрения.

Для повышения безопасности движения поездов и уверенного ведения поезда машинистом в настоящее время автоблокировку дополняют автоматической локомотивной сигнализацией непрерывного действия (АЛСН). При АЛСН навстречу движущемуся поезду в рельсы посылают кодированный ток, который несет инфор-

мацию о показаниях впереди расположенного путевого светофора. С помощью этого тока, воспринимаемого на локомотиве специальными устройствами, осуществляется управление огнями локомотивного светофора.

Принцип действия автоблокировки и АЛСН заключается в следующем. На границах блок-участков рельсовые цепи электрически разобщены с другими рельсовыми цепями изолирующими стыками и образуют линии электропередачи. С одного конца в рельсовую цепь включают путевую батарею в виде аккумулятора, подзаряжаемого от выпрямителя, и регулирующий резистор, а с другого конца — приемник тока в виде путевого реле П. Сигнальные показания проходного светофора в кабину локомотива передаются кодовым переменным током. Источником этого тока является кодовый трансформатор КТ, а датчиком кодовых импульсов — транзиттерное реле Т. При отсутствии поезда между светофорами постоянный ток проходит по цепи: плюс путевой батареи, тыловой контакт, резистор, одна из рельсовых нитей, обмотка путевого реле П, другая рельсовая нить. С другой стороны локомотивного устройства АЛСН — минус путевой батареи. Путевое реле П притягивает якорь, замыкает фронтальный контакт и подключает к сигнальной батарее лампу зеленого огня светофора.

Горение лампы зеленого огня на светофоре указывает на свободу ограждаемого им блок-участка и возможность его прохождения поездом.

Нарушение целостности пути при лопнувшем рельсе приводит к обесточиванию путевого реле и включению на светофоре красного огня, ограждающего место повреждения.

Вступление поезда на блок-участок между светофорами 1 и 2 приводит к тому, что колесные пары электрически соединяют между собой рельсовые нити, шунтируя путевое реле, снижают в нем ток до значения, при котором реле отпускает якорь, так как колесные пары обладают малым сопротивлением. При этом на светофоре 1 выключается зеленый огонь и включается красный, указывая на занятость блок-участка и необходимость остановки перед ним следующего поезда. Горение красного огня на светофоре продолжается до полного освобождения поездом ограждаемого им блок-участка. Одновременно с выключением зеленого огня у светофо-

ра 2 отпускает якорь повторитель путевого реле П1. Тыловыми контактами реле П1 включает путевые устройства АЛСН, кодовый путевой трансмиттер КПТ и трансмиттерное реле Т.

Таким образом, с момента вступления поезда на блок-участок и приближения его к светофору 2 у данного светофора начинает работать трансмиттерное реле Т. Реле Т, переключая контакт в цепи кодового трансформатора КТ, посылает импульсы переменного кодового тока в рельсовую линию навстречу движущемуся поезду.

Работа трансмиттерного реле и посылаемый им сигнальный код определяются схемой кодирования и зависят от сигнального показания проходного светофора, от которого посылается этот код. Переменный кодовый ток, протекая под приемными катушками ПК локомотива, индуцирует в них такие же кодовые импульсы, но меньшей мощности.

Кодовые импульсы, принятые приемными локомотивными катушками ПК, усиливаются в усилителе и поступают в дешифратор Д, в котором расшифровывается сигнальный код, и в зависимости от его значения включается соответствующее сигнальное реле. Контакты сигнального реле включают огонь на локомотивном светофоре ЛС, повторяющем показание путевого светофора, к которому приближается поезд.

После полного освобождения поездом блок-участка кодированный режим рельсовой цепи прекращается и вновь восстанавливается режим питания путевого реле постоянным током от путевой батареи. При этом путевое реле, возбуждаясь, притягивает якорь, включает на светофоре зеленый огонь, а у светофора 2 возбуждается реле П1. Контакты последнего отключают устройства АЛС. Итак, рельсовые цепи контролируют состояние пути (свободность или занятость блок-участка) и по ним передают кодовые сигналы на локомотив.

Токи, используемые для контроля состояния блок-участка и действия АЛС, могут различаться или быть одинаковыми. В первом случае устройства АЛС налагаются на устройства автоблокировки, при этом два тока (например, постоянный и переменный) совмещаются в рельсовых цепях; во втором случае ток, посылаемый в рельсовые цепи, используется одновременно и для работы автоблокировки, и для АЛС.

В автоблокировке необходимые сигналы о порядке движения поезда по впередилежащему блок-участку передаются машинисту сигнальными огнями светофора, для которых приняты красный, желтый и зеленый огни светофора.

На железных дорогах страны в основном применяют автоблокировку с трехзначной сигнализацией, при которой каждый огонь путевого светофора предупреждает машиниста за один блок-участок о закрытом светофоре. При этом длина блок-участка должна быть больше тормозного пути поезда, с тем чтобы обеспечивалась остановка перед запрещающим показанием светофора, если торможение начинается от светофора с желтым огнем. Светофоры, находящиеся у границ блок-участков, называют проходными. На участках, оборудованных трехзначной сигнализацией, светофором подаются такие сигналы: один зеленый огонь — разрешается движение с установленной скоростью, впереди свободны два или более участка; один желтый огонь — разрешающее движение с готовностью остановиться, следующий светофор закрыт; один красный огонь — стой, запрещается проезжать сигнал.

При трехзначной системе автоблокировки длину блок-участков устанавливают из условия разграничения поездов тремя блок-участками при движении их вслед с заданным интервалом времени. При трехблочном разграничении поезда движутся всегда на зеленый огонь впередистоящего светофора. Длина блок-участков зависит от скорости движения поезда на данном отрезке пути и поэтому оказывается неодинаковой на различных элементах профиля: короче на подъемах, где поезд имеет меньшую скорость, и длиннее на площадках и спусках, где развивается максимальная скорость. Длина блок-участка должна быть не менее 1000 м.

На линиях с интенсивным движением (пригородные участки крупных городов) для пропуска большого числа поездов необходимо сокращать время между их отправлением со станции. С этой целью уменьшают расстояния между смежными светофорами, чтобы ранее отправленный поезд за меньшее время прошел более короткие блок-участки и дал возможность скорее отправить следующий поезд. Для того, чтобы при уменьшении расстояния между смежными светофорами было известно о запрещающем показании на расстоянии не менее требуемого тормозного пути от него, маши-

нист предупреждается о красном сигнале светофора за два блок-участка, встречая два предупредительных светофора при приближении поезда к этому светофору. Светофор, находящийся по ходу поезда на расстоянии не менее тормозного пути от светофора с запрещающим показанием, подает предупредительный сигнал — один желтый и один зеленый огни, указывающий, что впереди свободны два, но коротких блок-участка, и к следующему светофору с желтым огнем скорость должна быть снижена до установленной. Сигнал второго светофора по ходу движения поезда — один желтый огонь — указывает, что свободен один блок-участок. Если свободны три и более блок-участков, то на светофоре горит зеленый огонь. Эта сигнализация является четырехзначной, так как в ней используются четыре сигнала: зеленый, один желтый и один зеленый, желтый и красный огни.

Проходной светофор, расположенный перед входным светофором станции, называется предвходным. На его мачте имеется оповестительная табличка с отражателями.

На входном (маршрутном, выходном, проходном) светофоре участков, оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, ограждающем на главном пути блок-участок длиной менее тормозного пути, устанавливается световой указатель белого цвета в виде двух стрел, лампы которого загораются при наличии на светофоре желтого огня. На предупредительном к нему светофоре размещают такой же указатель в виде одной стрелы, лампы которого загораются при зеленом и желтом огнях светофора. В связи с увеличением скоростей и интенсивности движения сигнализация приобретает также и скоростной характер: каждое сигнальное показание проходного светофора отражает не только число свободных блок-участков до движущегося впереди поезда, но и допустимые скорости следования поезда по лежащему впереди блок-участку, ограждаемому данным светофором, и скорость, с которой поезд может приблизиться к впереди стоящему светофору.

В комбинации огней используют непрерывно горящие и мигающие огни. Один зеленый огонь свидетельствует о возможности проследования данного светофора с установленной максимальной скоростью. Два зеленых огня разрешают проследовать светофор с уменьшенной скоростью V_1 или V_2 .

Добавление зеленой полосы к двум одновременно горящим огням сигнализирует о наличии в маршруте следования пологих крестовин стрелок и увеличивает предел скорости при проследовании данного светофора.

Указание об остановке поезда у следующего светофора (скорость V_0) дается непрерывно горящим желтым огнем, уменьшении скорости до V_1 — желтым мигающим огнем или желтым и зеленым огнями проходного светофора при четырехзначной сигнализации, а до скорости V_2 — зеленым мигающим огнем. Если на данном светофоре горят два огня, верхний из них выполняет роль указателя скорости проследования следующего светофора.

На участках, оборудованных автоблокировкой и автоматической локомотивной сигнализацией, локомотивные светофоры подают следующие сигналы: зеленый — разрешается движение, на путевом светофоре, к которому приближается поезд, горят зеленый, зеленый мигающий, желтый мигающий или один желтый и один зеленый огни; желтый — разрешается движение, на путевом светофоре, к которому приближается поезд, горят один или два желтых огня, из них верхний — мигающий, два желтых огня; желтый с красным — разрешается движение с готовностью остановиться, на путевом светофоре, к которому приближается поезд, горит красный или пригласительный огонь. В случае проезда светофора с красным или пригласительным огнем на локомотивном светофоре загорается красный огонь.

Белый огонь указывает, что локомотивные устройства включены, но показания путевых светофоров на локомотивный светофор не передаются, и машинист должен руководствоваться только показаниями путевых светофоров.

На участках, где автоматическая локомотивная сигнализация применяется как самостоятельное средство сигнализации и связи при движении поездов, локомотивные светофоры подают следующие сигналы: зеленый — разрешается движение с установленной скоростью, впереди свободны два или более блок-участков; желтый — разрешается движение с уменьшенной скоростью, впереди свободен один блок-участок; желтый с красным — разрешается движение с готовностью остановиться на блок-участке, следующий блок-участок занят.

В типовой системе числовой кодовой автоматической локомотивной сигнализации, используемой на дорогах России, а также ряда зарубежных стран, обеспечение безопасности движения основано на применении устройств периодической проверки бдительности и устройств абсолютного двухступенчатого контроля скорости при красном с желтым и красном огнях локомотивного светофора. Однако эти устройства не позволяют с помощью технических средств полностью предотвратить возможность проезда запрещающего сигнала светофора поездом, идущим с достаточно высокой скоростью $V_{\text{кж}} = 50\text{--}60$ км/ч, при периодическом нажатии кнопки бдительности.

Кроме того, применение типовых устройств АЛСН не решает в полной мере вопросы обеспечения безопасности при движении поездов по боковым некодированным эксплуатационным путям. В то же время известно, что основная часть проездов запрещающих сигналов в настоящее время приходится на выходные сигналы, а из них подавляющая часть проездов — на выходные светофоры некодированных путей.

Типовые устройства АЛСН в условиях высокой интенсивности движения, когда поезда часто следуют на желтый огонь светофора, сдерживают пропускную способность участков. Это обстоятельство связано с тем, что машинист, опасаясь экстренной остановки при проследовании сигнала с желтым огнем со скоростью выше $V_{\text{д}}$, заблаговременно снижает скорость движения при появлении на локомотивном светофоре желтого огня. При этом снижается скорость движения поездов по участку и пропускная способность линий. Указанные недостатки типовой системы АЛСН объясняются ограниченностью информации на локомотиве о расстоянии до препятствия, характеристиках поезда, пути и т.д. Отсутствие указанной информации, естественно, снижает пропускную способность линий и среднюю скорость движения поездов.

С момента создания типовой системы АЛСН до настоящего времени предлагается ряд технических решений, позволяющих улучшить ее работу. Одним из первых решений является система АЛС с контролем скорости. В этой системе каждому сигнальному показанию локомотивного светофора присваивается определенная величина максимально допустимой скорости. Превышение ее ведет

к принудительной остановке поезда, если машинистом не будут приняты меры к снижению скорости до требуемой.

Для обеспечения требований безопасности при проезде проходного сигнала с красным огнем путевые устройства АЛС дополняются защитными участками, предназначенными для исключения подачи кодовых сигналов АЛС перед путевым сигналом с красным огнем при нахождении поезда на защитном участке. В данной системе поезд ограждается двумя светофорами, сигнализирующими красным огнем до освобождения защитного участка, и одним красным — после освобождения. Дальнейшее совершенствование устройств АЛСН связано с передачей на локомотив информации о расстоянии до препятствия и формирования на основе этой информации ступенчатой программы контроля скорости. Эта система позволяет реализовать максимально допустимую скорость при движении поездов на зеленый и желтый огни путевого светофора. При движении по красному с желтым огню локомотивного светофора разрешается движение с максимальной скоростью до точки, находящейся на расстоянии (800—1000 м) от закрытого сигнала. Система путевой блокировки ПБ на основе реальной поездной ситуации формирует команду АЛС, шифратор Ш сообщает определенные признаки передаваемому в рельсовые линии сигналу, формируемому путевым передатчиком ПП. Эти сигналы воспринимаются локомотивным приемником ЛП и далее воздействуют на дешифратор Д, зажигающий на локомотивном светофоре ЛС соответствующий огонь.

Дальнейшее совершенствование устройств АЛС было связано с передачей на локомотив более полной информации, необходимой в каждой точке пути, а также с применением более современной элементной базы для создания устройств определения фактической и допустимой скоростей движения поезда и их сравнения.

Интервальное регулирование должно вестись на основе выполнения следующего неравенства:

$$L \geq S_T,$$

где L — расстояние до препятствий;

S_T — тормозной путь, величина которого является сложной функцией.

Непосредственно процесс интервального регулирования осуществляется на основе выполнения неравенства $V_{\phi} \leq V_{\text{д}}$. Таким об-

разом, если исходить из того, что на локомотиве известны характеристики поезда, то величина V_d в каждой точке пути определяется расстоянием до препятствия L и профилем пути. Препятствие, требующее ограничения скорости поезда или его остановку, совмещено с границами блок-участка.

Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) не показывает допустимую скорость, с которой можно проследовать светофор при различных сигнальных показаниях, а только предупреждает о необходимости снижения скорости. Для увеличения объема передаваемой на локомотив информации и уверенного ведения машинистом поезда с повышенной безопасностью разработана многозначная автоматическая локомотивная сигнализация типа АЛСЧ, которая принимает и расшифровывает 10 кодовых сигналов. При этом используются 5 сигнальных частот, обеспечивающих информацию о свободности участка на расстоянии менее тормозного пути при полном служебном торможении и при скоростях движения соответственно 200, 160, 120, 80 и 50 км/ч и при приеме на боковой путь в зависимости от марки крестовины стрелочного перевода. Система АЛСЧ указывает машинисту скорость, с которой поезд может следовать по впередилежащему блок-участку до смены сигнального показания.

В разрабатываемых системах интервального регулирования текущее расстояние до ближайшего сигнала определяется путем передачи на локомотив на границах каждого блок-участка информации о длине данного блок-участка $l_{бу}$, дальнейшем вычитании из записанного расстояния величины пути, пройденной поездом от начала блок-участка. Информация об усредненном профиле пути на каждом блок-участке может быть передана на границах блок-участка. При этом в конце каждого блок-участка полностью исчерпывается информация о длине и профиле пройденного блок-участка.

2.6. Системы передачи информации о длине и профиле блок-участков

Устройства передачи предназначены для преобразования информации о длине блок-участка и профиле пути в электрический сигнал и передачи этого сигнала на локомотив. К этим устройствам предъявляются следующие требования: обеспечение надежно-

сти передачи информации с требуемой точностью; защищенность от трансформации информации, приводящей к опасной ситуации; простота реализации путевых передающих и приемных устройств локомотива; стабильность работы в условиях воздействия реальных дестабилизирующих факторов.

Рассмотрим известные в настоящее время методы передачи информации о длине и профиле пути. Один из методов заключается в передаче по рельсовой линии сигналов повышенной частоты. Совместно с кодовыми сигналами системы АЛС на питающем конце рельсовой цепи передаются сигналы более высокой частоты, причем аккордная комбинация частот характеризует длину последующего блок-участка, а также усредненный профиль пути на нем. Для образования сигналов применен параллельный код из четырех различных частот.

Длина передается ступенями через 200 м, начиная с 400 м и заканчивая 2800 м. Для передачи конкретной длины блок-участка производится суммирование электрических сигналов нескольких генераторов. Отсутствие в коде какой-либо частоты или невосприятие ее локомотивными устройствами расценивается на локомотиве как информация о заниженной длине блок-участка, что не нарушает условий безопасности движения.

Профиль пути передается генераторами, частоты которых несут информацию о подъеме участка или площадке. Отсутствие в передаче этих частот расценивается как информация о спуске на блок-участке. Восприятие частотных сигналов производится приемными катушками АЛС при подходе поезда к концу блок-участка на расстояние примерно 200 м. Недостатком рассмотренного способа передачи является сложность приемо-передающей аппаратуры.

Другой способ передачи информации — это метод импульсной модуляции несущей частоты 600 кГц у каждого сигнала. Информация передается при помощи шлейфа длиной 10—12 м, уложенного внутри колеи, с использованием числового кода. Отличительной особенностью этого способа является большой объем и высокая точность передаваемой информации.

В основу способа передачи информации о длине впередилежащего блок-участка положен принцип физического моделирования длины блок-участка пропорциональными длинами модели. В ка-

честве модели использованы: путевые индукторы «ИП», специально выделенные участки рельсовых нитей или короткие шлейфы проводов.

Из практических соображений наиболее предпочтительным с эксплуатационной точки зрения является вариант моделирования с помощью участков рельсовых нитей.

Информация с пути на локомотив о длине впередилежащего блок-участка передается за время проследования приемной антенной запитываемого участка рельса, расположенного за каждым путевым сигналом. При входе антенны в зону действия этого участка рельса срабатывает приемник и, воздействуя на управляющее устройство, подключает выход датчика пути, вырабатывающего импульсы за один оборот колеса, к суммирующему входу реверсивного счетчика. Число импульсов, зафиксированных в счетчике при проследовании участка пути, пропорционально длине впередилежащего блок-участка.

Определение текущей координаты движения, т.е. расстояния, оставшегося до конца блок-участка, осуществляется локомотивным устройством после выхода антенны из зоны действия запитываемого участка рельса.

Ошибки в данной системе при определении текущего расстояния до сигнала связаны с ошибками записи информации и считывания.

Экспериментальные исследования позволили установить, что погрешность информации о длине блок-участка в реальной аппаратуре вследствие нечеткости границы активного участка не превышает ± 12 м. Величина этих ошибок распределена по нормальному закону.

Разрабатываются системы для обеспечения большей точности при записи информации о длине блок-участков.

Особенность таких способов передачи информации с пути на локомотив заключается в том, что на длину впередилежащего блок-участка и определение текущего расстояния до сигнала практически пренебрежимое влияние оказывают изменения диаметра колеса (износ бандажа). Эта особенность определяется тем, что определяющая длину блок-участка длина рельсовых нитей и сама длина блок-участка измеряются одной и той же мерой, т.е. длиной окружности колеса. Устройства передачи информации о длине и профиле блок-участка являются основной системой автоматического управления торможением.

2.7. Система автоматического управления торможением поезда (САУТ)

Система автоматического управления торможением (САУТ) предназначена для повышения безопасности движения поездов, предупреждения проездов запрещающих сигналов и улучшения использования пропускной способности линий.

САУТ реализует следующие управляющие функции:

- контроль максимально допустимой на участке скорости движения поезда, а в случае ее превышения — автоматическое служебное торможение до установленной величины;

- плавное автоматическое торможение, регулирование скорости движения поезда служебным торможением до полной остановки перед запрещающим сигналом на расстоянии 50 м до него с заданной точностью +20 м; при следовании поезда к входному сигналу с двумя желтыми огнями осуществляет контроль максимально допустимой скорости, а в конце блок-участка — плавное автоматическое снижение скорости до 50 км/ч;

- при движении поезда по некодированному станционному пути — контроль допустимой скорости движения по боковым путям, а на расстоянии необходимого тормозного пути перед маршрутным выходным сигналом, имеющим запрещающее показание, — отключение тяги и автоматическое служебное торможение до полной остановки перед сигналом.

Все указанные функции реализуются с безусловным выполнением требований безопасности движения поездов.

Система САУТ выдает машинисту следующую информацию:

- о расстоянии до сигнала, к которому приближается поезд, при движении поезда по блок-участку или по станции;

- разнице между фактической и допустимой скоростями движения;

- приеме поезда по главному или боковому пути станции при проследовании предвходного светофора, если маршрут приема подготовлен и входной светофор открыт.

В комплекс САУТ входят следующие устройства:

- система путевой блокировки и АЛС, обеспечивающие передачу на локомотив информации о показании впереди стоящего сигнала;

- система электропневматических тормозов поезда, являющегося объектом регулирования;

- локомотивные блоки, выдающие машинисту соответствующую информацию и обеспечивающие определение допустимой и фактической скоростей движения поезда и их сравнение с целью воздействия на тормозные устройства;

- путевое и станционное оборудование, обеспечивающее передачу на поезд информации о длинах блок-участков и характере маршрута приема на главный или боковой путь у предвходного и входного сигналов, а также о длине перегона при полуавтоматической блокировке.

Передача информации с пути на локомотив осуществляется в начале каждого блок-участка или перегона (при полуавтоматической блокировке) за время проследования антенной активного участка рельсовой нити с использованием принципа физического моделирования.

При полуавтоматической блокировке отмена торможения перед входным сигналом, имеющим разрешающее показание, достигается за счет кодирования участка перед этим сигналом.

Для обеспечения высокой надежности путевых устройств используется кодовое резервирование путевых генераторов с автоматическим включением резерва при помощи переключающего устройства. Переключение на резерв осуществляется в случае уменьшения выходного тока основного генератора ниже номинального значения. Обеспечение безопасности движения на локомотиве при повреждениях элементов аппаратуры обеспечивается за счет применения дублирующих полукомплектов и контрольной схемы, осуществляющей проверку взаимного соответствия этих комплектов.

Текущее расстояние до конца блок-участка соответствует значению двоичного кода в измерителях пути, которые управляют работой цифро-аналоговых преобразователей в блоках программных скоростей. Программа допустимых скоростей формируется путем преобразования двоичного кода, зафиксированного в измерителях пути, в аналоговую величину. Реальное воспроизведение расчетных допустимых траекторий движения поезда осуществляется в системе цифро-аналоговыми блоками программных скоростей, выполненных на основе цифровых управляемых проводимостей, осуществляющих нелинейное преобразование восьмизрядных двоич-

ных кодов на выходе измерителя пути в напряжение постоянного тока. Так как допустимая скорость в каждой точке пути определяется как расстоянием до впередистоящего светофора, так и показанием этого светофора, указанное преобразование осуществляется в зависимости от показания АЛСН.

Измерение фактической скорости поезда осуществляется измерителями скорости, осуществляющими преобразование частоты следования импульсов на выходе датчиков пути и скорости в пропорциональные величины напряжения постоянного тока.

Элементы сравнения осуществляют непрерывное сравнение фактических скоростей с программными.

При движении поезда по зеленому и желтому огням АЛСН, если путевой светофор не требует ограничения скорости, элементами сравнения контролируется превышение максимально допустимой скорости, а другими элементами сравнения осуществляется контроль управляющих функций при следовании поезда на запрещающий сигнал.

Если фактическая скорость превышает программную, то срабатывает первый элемент сравнения, который воздействует на блок управления тормозами, отключающий тягу и подающий питание на отпускные вентили. Далее поезд следует в режиме выбега, и если при этом скорость движения поезда превысит максимальную величину, срабатывает второй элемент сравнения, осуществляющий степень торможения электропневматическим тормозом.

После снижения скорости осуществляется отпуск тормозов. Для контроля исправности работы САУТ используется определенная последовательность срабатывания элементов сравнения, которые при зеленом и желтом огнях АЛСН сравнивают фактическую скорость движения поезда с допустимой при движении на запрещающий сигнал.

САУТ обеспечивает управление поездами не только на перегонах, но и при движении их по станциям. Длины маршрутов приема (а в ряде случаев и маршрутов отправления), которые должны быть переданы на локомотив, различны. Длина маршрута определяется длиной бесстрелочных и стрелочных путевых участков, входящих в маршрут, и длиной приемоотправочного пути. Так как информация о длине маршрута приема должна передаваться на локомотив у входного светофора, а информация о том, на какой путь прини-

мается поезд (а следовательно, и какова длина маршрута приема), имеется на посту централизации, для передачи этой информации предусмотрено специальное устройство телеуправления между постом централизации и входным светофором.

Это же устройство телеуправления обеспечивает передачу на входной сигнал информации о приеме поезда на главный или боковой путь. При помощи системы телеуправления осуществляется коммутация длины активного участка рельсовой цепи за входным светофором в зависимости от длины маршрута приема, а также подключение к рельсовой цепи путевого генератора, работающего на определенных частотах при приеме на главный боковой путь или при приеме на боковой путь.

Количество градаций длин активного участка, а следовательно, и количество управляющих команд системы телеуправления определяются количеством маршрутов приема, отличающихся друг от друга не менее чем на 10 м. Обследование ряда станций нескольких железных дорог позволило установить, что максимальное количество таких маршрутов в горловине не превышает десяти.

Устройства телеуправления должны быть устойчивы к опасным отказам. При любой возможной неисправности на локомотив не должна быть передана информация о длине, превышающей фактическую длину установленного маршрута приема или отправления.

Возбуждение соответствующего включающего реле током определенной полярности обеспечивает подключение к путевому генератору того участка рельсовой цепи, который соответствует длине маршрута приема.

При приеме поезда на боковой путь (маршрут приема на который максимален) в линейную цепь подается сигнал обратной полярности с уровнем, достаточным для срабатывания реле.

На станциях с малым числом маршрутов приема для передачи команд телеуправления могут быть использованы только полярные или только амплитудные качества тока.

Наиболее совершенной является САУТ-Ц, которая осуществляет:

- прицельную, при помощи служебного торможения, остановку поезда перед закрытым светофором на станциях или перегонах;
- ограничение скорости при движении по стрелкам, приемоотправочным путям, блок-участкам перегонов, перед тоннелями, мостами и другими опасными местами;

- оповещение машиниста (при помощи синтезатора речи) и контроль его бдительности при изменении показаний светофоров, ограничений скорости или приближении к опасному месту;
- повышение пропускной способности участков железной дороги.

Функционально система состоит из напольных, станционных и локомотивных элементов.

Напольные элементы (путевые генераторы) устанавливаются в релейных шкафах или путевых коробках на входе станции у предвходных, входных светофоров. Они управляются с поста электрической централизации и передают на локомотив информацию за счет индуктивной связи между путевым шлейфом и локомотивной антенной.

Локомотивные элементы САУТ-Ц содержат: две бортовые микропроцессорные ЭВМ1, ЭВМ2; блок диагностики системы; пульт управления; пульт индикации; два датчика для измерения пути, скорости и направления движения; блок памяти путевых параметров перегонов; микропроцессорный синтезатор речи; антенну для приема сигналов путевых устройств.

При отправлении поезда со станции локомотивные устройства получают от программируемых путевых генераторов информацию о номере перегона, согласно которому блок памяти путевых параметров передает в ЭВМ информацию о длинах и уклонах блокучастков, ограничениях скорости на перегоне и переездах. Бортовые ЭВМ1, ЭВМ2 работают параллельно и рассчитывают программные траектории движения поезда в зависимости от показаний АЛС, текущего расстояния до запрещающего сигнала и фактической эффективности тормозных средств поезда. Результаты расчетов непрерывно сравниваются с фактической скоростью движения поезда, измеряемой с помощью датчиков, устанавливаемых на колесных парах локомотива. В случае, когда фактическая скорость поезда достигнет своего программного значения, производится предварительное отключение тяги с последующим служебным торможением.

При приеме поезда на станцию локомотивные устройства получают от путевых генераторов информацию о длине маршрута приема и допускаемых скоростях движения по стрелкам и приемоотправочным путям станции.

Пульт индикации САУТ-Ц выдает машинисту информацию о расстоянии до светофора и разности между программной и фактической скоростями.

Рассмотрим в несколько упрощенном, для наглядности изложения, виде процессы функционального воздействия устройств САУТ на тяговые и тормозные средства движущегося поезда.

Имеются траектории, отображающие движение поезда по перегону и станции. Одной линией показана программная траектория, формируемая локомотивными устройствами САУТ, а другой — фактическая траектория движения поезда. Пусть поезд принимается с перегона по входному светофору на 1-й путь с остановкой (к выходному светофору). Программная траектория определяет следующие скорости движения поезда в точках пути: максимально допустимую скорость на перегоне; максимально допускаемую скорость проследования первой стрелки станции; скорость, с которой требуется проследовать входной светофор, чтобы применением служебного торможения обеспечить ограничение скорости на первой стрелке.

Предположим, что в силу сложившейся поездной ситуации после проезда предупредительного светофора машинист начинает увеличивать фактическую скорость $V_{\text{ф}}$ и на ординате входного светофора соблюдается условие $V_{\text{ф}} < V_{\text{пр}}$ (программная скорость). Примем далее, что скорость поезда после проезда светофора продолжает увеличиваться, что потенциально может вызвать увеличение фактической скорости свыше программной. В этом случае алгоритм работы аппаратуры САУТ имеет следующий вид. Когда фактическая скорость достигнет значения $(V_{\text{пр}} - 2)$ км/ч, исполнительными устройствами САУТ отключается тяга локомотива. Если далее, например, на выбеге скорость поезда продолжает увеличиваться и начинает превышать программную, то при $V_{\text{ф}} = (V_{\text{пр}} + 2)$ км/ч исполнительными устройствами САУТ включается служебное торможение. Практически могут иметь место случаи, когда после включения служебного торможения фактическая скорость поезда не приводится к программной. Тогда по достижении скорости $V_{\text{ф}} = (V_{\text{пр}} + 6)$ км/ч включается экстренное торможение.

После проезда первой стрелки, в соответствии с программной траекторией движения, поезд должен остановиться в точке прицельного торможения. Любая измерительно-управляющая система, в том

числе и САУТ, имеет определенные погрешности вычислений и соответствующих исполнительных воздействий. Поэтому невозможно произвести остановку поезда в какой-либо одной заранее заданной точке перед светофором с абсолютной точностью. Диапазон расстояний определяет погрешность системы или область допустимого изменения положения точки прицельной остановки поезда. Для исключения проезда запрещающего сигнала правая граница области точки прицеливания не должна пересекать ординату изолирующих стыков светофора.

Таким образом, основное функциональное назначение устройств САУТ заключается в формировании программной траектории движения поезда, слежении за фактической скоростью и воздействии на тяговые и тормозные средства поезда, если $V_{\text{ф}} \geq V_{\text{пр}}$. В случае, когда фактическая скорость движения поезда ниже программной, устройства САУТ не влияют на процесс ведения поезда. Если остановка поезда или реализация ограничений скорости выполняются не машинистом, а автоматически — устройствами САУТ, то это не фиксируется ни в каких регистрирующих приборах. Это исключает негативное психологическое влияние работы устройств САУТ на машиниста.

2.8. Системы электрической централизации

Телеуправление стрелками и сигналами является техническим средством, предназначенным для централизованного управления ими. Оно органически связано с устройствами блокировки, организующими движение поездов на межстанционных перегонах.

Эксплуатационные условия предусматривают, что на станциях при нормальном положении, т.е. при отсутствии передвижений, станционные сигнальные приборы находятся в следующих положениях: светофоры закрыты, а стрелки свободны от замыкания и могут переводиться. При центральном управлении стрелками и сигналами разрешающее показание на соответствующем сигнальном приборе может быть получено только после установки в надлежащее положение соответствующих стрелок, замыкание которых обеспечивается на период открытого положения сигнала и следования поезда по маршруту. Подобные зависимости обязательны как при механических системах централизации, у которых для

перевода стрелок и сигналов используется мускульная сила человека, так и при силовых, где для этой цели применяются соответствующие источники энергии.

К силовым системам относятся электрическая, электропневматическая и гидравлическая централизации. При этих системах функции человека ограничиваются только управлением централизованными объектами, т.е. подачей управляющих команд в приводы и механизмы, которые работают от соответствующего вида энергии.

В настоящее время электрическая централизация является основным видом силовой централизации. Она устраняет необходимость в двух источниках энергии и в двух канализационных сетях — электрической и гидравлической или электрической и пневматической, необходимых соответственно в гидравлической и электропневматической системах. Современные системы электрической централизации позволяют решать любую эксплуатационную задачу по организации движения в разнообразных условиях станций, различного типа узлов, предузловых развязок, сортировочных горок и целых участков. Эти системы обеспечивают высокую технико-экономическую и эксплуатационную эффективность, которая необходима при скоростях, весе поездов и напряженности движения современного железнодорожного транспорта. Развитие техники, автоматики и электроприборостроения создает все предпосылки для дальнейшего совершенствования электрической централизации.

В соответствии с Правилами технической эксплуатации железных дорог электрическая централизация, кроме зависимостей между стрелками и сигналами, должна обеспечивать:

- невозможность перевода занятой составом стрелки независимо от ее замыкания в маршруте;
- появление запрещающего показания на светофоре при взрезе входящей в маршрут стрелки;
- исключение открытия светофора при занятости входящих в маршрут путей, а также стрелочных и путевых участков;
- непрерывную текущую информацию на аппарате управления о занятости путей и стрелок и о положении последних;
- возможность производить маневровые передвижения по маневровым светофорам.

В комплекс технических средств электрической централизации входят рельсовые цепи путевых и стрелочных участков, которыми создается непрерывный контроль состояния путей и стрелок.

Исполнение заданной команды по переводу стрелки возможно только при одновременном наличии двух условий:

а) отсутствия установленного маршрута, в состав которого входит данная стрелка;

б) отсутствия на стрелке подвижного состава.

Для открытия светофора необходимо:

– надлежащее положение входящих в маршрут стрелок и контроль их исправности;

– отсутствие ранее установленных враждебных маршрутов;

– наличие контроля свободного состояния стрелочных и путевых участков маршрута, а также приемного пути для маршрутов приема или перегона для маршрутов отправления.

Открытие светофора сопровождается:

– исключением установки враждебных маршрутов и запрещающими показаниями на светофорах, их ограждающих;

– невозможностью перевода стрелок, входящих в устанавливаемый маршрут (замыкание стрелок);

– сохранением замыкания стрелок и исключением враждебных маршрутов до проследования поезда по установленному маршруту или до отмены последнего.

Электрическая централизация обеспечивает безопасность движения поездов и исключает исполнение ошибочных команд, угрожающих аварийными последствиями. Быстродействие электрических систем обуславливает большую пропускную способность станций, а также высокую культуру и производительность труда работников движения.

2.9. Перспективные разработки, направленные на повышение безопасности движения поездов на станциях

С повышением уровня организации профилактической работы на станциях возрастает обеспеченность безопасной деятельности с поездами.

Все мероприятия профилактической работы, в конечном счете, призваны обеспечить высокий уровень технологической дисциплины работников, строгое выполнение ими требований нормативных актов, ПТЭ, ИДП, ИСИ, других инструкций и технико-распорядительных актов станций, которые в совокупности составляют правила безопасности движения (ПБД).

Принято считать, что на тех участках, где нет случаев брака (травматизма) или их меньше, чем на других участках, ревизоры по безопасности движения (ДНЧ) работают лучше. Нельзя отрицать логической обоснованности такой оценки. Вместе с тем, такая оценка не всегда справедлива и даже не всегда объективна в плане благополучного положения с безопасностью. Оценка выполнения ДНЧ своей основной обязанности требует глубокого анализа всех сторон его деятельности с учетом особенностей ревизорского участка. Можно сделать вывод, что актуальной задачей повышения уровня организации профилактической работы на станции является усиление работы ревизорского аппарата.

Ревизорская работа делится на несколько направлений:

- контроль за обеспечением безопасности движения: ревизии, проверки, контрольные мероприятия;
- расследование нарушений безопасности движения;
- анализ состояния безопасности;
- планирование ревизорской работы;
- выработка управляющих воздействий, которые могут быть разовыми, целевыми и постоянно действующими, т.е. затрагивающими изменение в системе управления.

Для облегчения работы ревизоров в условиях постоянного дефицита времени необходимо автоматизировать деятельность ревизорского аппарата и стандартизировать порядок оценки состояния безопасности движения. Следует создать автоматизированный учет результатов работы и подготовки отчетных материалов. Для анализа данных по безопасности движения в службах необходимо брать информацию из АСУ соответствующих хозяйств. Например, источником данных по службе перевозок должны являться прогнозы, составляемые ревизорами движения по станциям своих участков и прилагаемые к месячным отчетам о своей работе. Необходим переход на новую методику организации профилактической работы с использованием современных информационных технологий и возможностей вычислительной техники, а также средств телекоммуникаций связи.

При рассмотрении вопросов безопасности движения нельзя оставлять без внимания и финансовую сторону. Мероприятия по организации безопасности движения не являются непосредственным источником материального производства, отвлекают значительную

часть денежных инвестиций, увеличивая себестоимость продукции. Однако именно размеры вложений в безопасность транспортного процесса и определяют ее уровень. Каждому значению издержек обеспечения безопасности движения (БД) соответствует определенный уровень транспортного риска, под которым понимают опасность для жизни и здоровья людей при перевозках.

Транспортный риск, в свою очередь, вызывает определенные нарушения безопасности движения. Когда затраты на мероприятия по обеспечению безопасности равны нулю, они уже не влияют на уровень безопасности. Организационно-технические мероприятия будут тем эффективнее противостоять риску на железнодорожном транспорте, чем больше в них вложено сил и средств. При высоком уровне безопасности ущерб близок к нулю, но кривая издержек обеспечения безопасности возрастает очень круто, что означает проблематичность достижения абсолютной безопасности даже при использовании имеющихся ресурсов.

В современных условиях возникла серьезная проблема оценки эффективности затрат, направляемых на предотвращение браков в работе, решение которой позволит установить разумные пропорции при выделении средств на финансирование мероприятий в данной области, т.е. определение первоочередных мероприятий по предотвращению БД с точки зрения технологической и экономической эффективности.

По каждому проводимому мероприятию следует определить эффект, который можно получить, и необходимые для этого затраты. Эта задача не может решаться в условиях неограниченных экономических ресурсов.

До настоящего времени приоритетность того или иного направления в области обеспечения безопасности движения устанавливается в основном экспертным путем. При этом на практике нередко случаи, когда существенным импульсом для реализации мероприятий по обеспечению безопасности движения являются отдельные крушения поездов с катастрофическими последствиями. Нужно иметь в виду, что принятие каждого недостаточно обоснованного решения приводит к отвлечению дополнительных финансовых, материальных и трудовых ресурсов на его реализацию. Тем самым создается нехватка последних в смежных направлениях обеспечения безопасности движения.

Среди основных направлений профилактической работы решающее значение имеет повседневный контроль за выполнением ПБД сменными работниками. Он не может быть подменен никакими другими мероприятиями. В то же время, он является слабым местом в деятельности руководителей станций и ревизорского аппарата. При проведении внезапных проверок несения службы сменными работниками начальники станций и их заместители (ДС, ДСЗ, ДСГ) часто подменяют вскрытие нарушений ПБД, создающих непосредственную угрозу безопасности движения, другими замечаниями, всячески скрывая истинный характер нарушений, сглаживают их опасный характер с целью избежать критики вышестоящего руководства за неблагоприятное положение на станции.

Ревизоры не предъявляют достаточных требований к ДС в этом вопросе, мирятся с крайне низким качеством и неэффективностью проводимых ими внезапных проверок.

Все это приводит к тому, что случаи нарушения безопасности (в том числе даже крушения и аварии) возникают как бы внезапно, непредсказуемо, и только на оперативных разборах выясняется, что случай произошел в результате систематически допускаемых нарушений ПБД, которые никем не вскрывались и не пресекались.

Анализ состояния безопасности движения в хозяйстве перевозок на всех уровнях проводится на основании статистической отчетности о состоявшихся нарушениях безопасности движения (крушениях, авариях, случаях брака) на сети железных дорог. Профилактика случаев брака в работе требует достаточной информационной базы для прогнозирования случаев брака на станциях, отделениях дорог и в целом на сети.

В целях повышения качества работы ДНЧ разработана новая Технология оценки уровня состояния безопасности движения на станции на основе комплексного анализа ее инфраструктуры и качества выполнения технологических операций станционными работниками (рис. 2.9).

Целью оценки уровня опасности возникновения конкретных видов брака на станции является своевременное принятие целенаправленных профилактических мер по их предотвращению:

- существующая методика организации профилактической работы;
- предлагаемая методика организации профилактической работы на станциях.

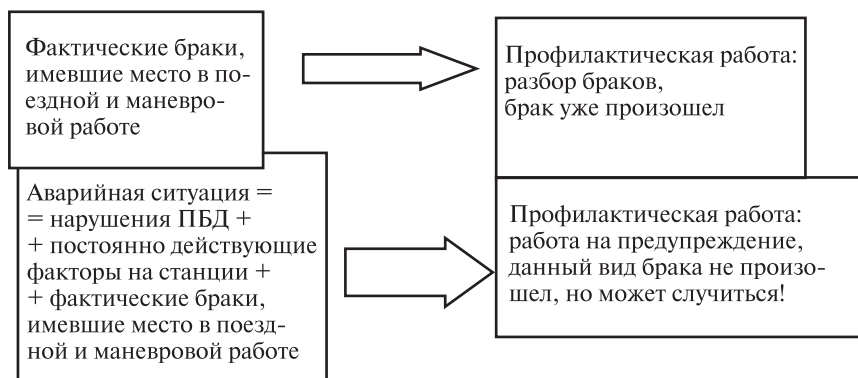


Рис. 2.9. Технология оценки уровня состояния безопасности движения на станции на основе комплексного анализа ее инфраструктуры и качества выполнения технологических операций станционными работниками

Под уровнем опасности понимается качественная оценка возможности совершения конкретного вида брака. Возможные случаи неисправности путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети рассматриваются только как факторы, влияющие на уровень опасности случаев брака по хозяйству перевозок (из-за неправильных действий движущихся в условиях нарушения нормальной работы устройств СЦБ, связи, производства работ на объектах хозяйства пути и электроснабжения). В качестве критериев для оценки степени такого влияния принимаются данные о результатах комиссионных месячных осмотров, своевременности устранения выявляемых неисправностей и количестве фактических отказов устройств за период, предшествующий прогнозируемому.

Под термином «аварийная ситуация» в собственном смысле слова следует понимать не сам случай брака как свершившийся факт, а возникновение ситуации, при которой конкретный случай брака становится непосредственно возможным, хотя и не неизбежным. Например, при противошерстном движении подвижного состава по нецентрализованной (или выключенной) стрелке, запертой на неисправную закладку. В данном конкретном случае сход может и не произойти, но это уже аварийная ситуация, которая должна быть устранена для предотвращения схода при последующих передвижениях подвижного состава по этой стрелке. Или если ДСП

после выдачи распоряжения о прекращении маневров перед приемом поезда не убедится в фактическом его выполнении (согласно п. 9.1 ИДП), маневровый состав (или отцепившиеся от него вагоны) не обязательно выйдет на маршрут приема поезда, но может и выйти с последующим столкновением, т.е. аварийная ситуация налицо. Иными словами, любое нарушение требований нормативных актов по безопасности движения (Правил безопасности движения) работниками хозяйства перевозок создает аварийную ситуацию.

Необходимо направлять прогнозирование не на аварийные ситуации как таковые, а на конкретные виды брака в поездной и маневровой работе, вытекающие из этих ситуаций. Сами эти ситуации (т.е. нарушения ПБД) являются как бы исходным материалом для прогнозирования конкретных видов брака. Так, отсутствие составителя в установленном месте при движении маневрового состава вагонами вперед является основанием для прогнозирования столкновения и (или) схода вагонов при маневрах.

Плановая профилактическая работа по обеспечению безопасности движения на станциях в соответствии с действующими положениями и приказами должна проводиться систематически, независимо от каких-либо прогнозов. Задача и значение прогнозирования состоят в том, что на его основе должны вноситься определенные коррективы в эту работу в плане усиления отдельных ее направлений и аспектов в целях предотвращения именно конкретных, прогнозируемых видов брака (например, ухода вагонов, столкновения маневровых составов с поездами и др.). Поскольку прогнозируемые виды брака наиболее вероятны при существующей обстановке на станции, то работа по их предотвращению повышает вероятность полного отсутствия случаев брака на этой станции в ближайшем будущем периоде времени.

Разрабатываются новые направления исследований о производстве безопасных маневров на станциях, о существенном влиянии на безопасность движения новых информационных технологий (использование экспертных систем, компьютерных тренажеров), уточняется влияние состояния вагонного парка на безопасность движения поездов, совершенствуются основные системообразующие факторы обеспечения безопасности движения в хозяйстве перевозок.

Для формирования объективной оценки о состоянии безопасности движения на станции и выработки предупреждающих профилактических мероприятий ВНИИАС совместно со специалистами МГУПСа разработал Паспорт безопасности станции (ПБС).

ПБС — это электронно-технологический инструмент ревизора движения, позволяющий выявлять «узкие» места на станции по безопасности движения на основе комплексной оценки состояния технических средств инфраструктуры и персонала станции с последующей выработкой профилактических мероприятий.

Структурно ПБС представляет собой матрицу, где по горизонтали представлены выделенные случаи брака, а по вертикали — факторы, влияющие на них. В свою очередь, все факторы подразделяются на три группы:

1) тополого-технологические и климатические факторы, учитывающие особенности путевого развития, технического оснащения станции и прилегающих перегонов, технологию работы и местные климатические условия. Эти факторы представляют некую группу, которую в текущем периоде времени изменить невозможно. Эта группа факторов занимает в таблице 24 позиции (графы).

2) вторая группа факторов — количество нарушений нормальной работы устройств СЦБ (из-за неисправности). Для установления степени влияния этого фактора на выделенные случаи брака используются учетные данные не менее чем за квартал. В отличие от предыдущей группы факторов данная группа является управляемой, т.е. в результате принимаемых мер количество отказов устройств СЦБ в последующем квартале на конкретной станции может значительно сократиться, что должно учитываться при оценке уровня состояния безопасности движения для каждой станции на предстоящий месяц. Эта группа факторов занимает в таблице 21 позицию.

3) третья группа факторов — количество случаев брака определенного вида, допущенных на станции за 6 месяцев, предшествующих прогнозируемому периоду (месяцу); количество нарушений правил безопасности движения (ПБД), выявленных ревизорскими проверками за предыдущий месяц; наличие вскрытых недостатков в работе ДС, непосредственно угрожающих нарушениями ПБД со стороны работников (неудовлетворительное качество обучения и контроля в процессе внезапных проверок). Указанные

факторы объединены в одну группу, включающую семь позиций, и являются переменными.

С помощью метода экспертных оценок определена значимость факторов, влияющих на различные виды брака в поездной и маневровой работе на станциях. Для этого потребовалось каждому фактору присвоить свой удельный вес влияния — ранг. Наиболее точный ранг может дать только статистика. Анализ базы данных МАСУ БД, показал, что имеющаяся статистика не содержит детальной классификации браков и факторов, влияющих на них. Кроме того, информация вводится вручную и подвержена при вводе влиянию «человеческого фактора», т.е. брак может быть квалифицирован не объективно, а в зависимости от представлений того, кто его вводил.

Поэтому наиболее объективную оценку возможно получить, прибегнув к помощи специалистов-экспертов — ревизоров движения на основе обработки результатов заполнения ими ПБС.

Для решения поставленной задачи используется метод экспертного оценивания (метод Дельфи) — метод быстрого поиска решений, основанный на их генерации в процессе «мозговой атаки», проводимой группой специалистов, и отбора лучшего решения, исходя из экспертных оценок. Дельфийский метод используется для экспертного прогнозирования путем организации системы сбора и математической обработки экспертных оценок.

В результате обработки и анализа экспертных оценок посредством определения индекса прогнозируемой опасности по каждому виду брака для станции была установлена значимость факторов, влияющих на различные виды брака в поездной и маневровой работе на станциях.

Поскольку электронным Паспортом безопасности станции прогноз выдается по итогам текущего месяца, т.е. в конце месяца, указанные стандартные меры автоматически включаются в план мероприятий на следующий месяц. Осуществление этих мер во всех случаях обязательно, так как они являются главным методом предотвращения случаев брака по вине работников хозяйства перевозок.

Основные задачи железнодорожного транспорта — удовлетворение потребностей в перевозках пассажиров, грузов, багажа и гру-

зобагажа решаются при постоянном соблюдении главного условия — обеспечении безопасности движения поездов.

В системе организации перевозок на железных дорогах обеспечение безопасности движения поездов и маневровой работы является неотъемлемой частью технологии и служит показателем качества ее разработки и выполнения.

Безопасность технологических операций, реализуемых в перевозочном процессе, достигается упреждением возникновения опасных производственных факторов, среди которых в качестве основных (системообразующих) можно выделить следующие:

- качество нормативных, технологических и распорядительных документов, регламентирующих обеспечение безопасности технологических операций;
- состояние технических средств, используемых при выполнении технологических операций;
- качество подготовки и профессионального отбора обслуживающего и управляющего персонала.

В перевозочном процессе в отличие от других производственных процессов на железнодорожном транспорте особенно велика роль третьего фактора. Практически во всех элементах технологического цикла перевозок оперативный персонал остается одним из непосредственных и решающих звеньев. От него требуется постоянное внимание, способность воспринимать и удерживать в памяти большой объем информации, быстро и правильно принимать решения, сохранять самообладание и выдержку в экстремальных ситуациях. Для этого работники, связанные с движением поездов и маневровой работой, должны иметь профессиональную подготовку, включающую, кроме досконального знания инструкций и правил, наличие практических знаний и умений, которые можно приобрести только с производственным опытом.

2.10. Элементная база технических средств обеспечения безопасности движения

Принципы и методы конструирования безопасных элементов ТСО БД. К техническим средствам обеспечения безопасности движения предъявляются очень высокие требования по надежности и поэтому они должны проектироваться с учетом возможных

повреждений в схемах, отклонений параметров по различным причинам. Для выполнения этих требований необходимо в ТСО БД использовать высоконадежную элементную базу, а схемы должны строиться по специальным правилам. В настоящее время основной элементной базой ТСО БД являются электромагнитные реле специальной конструкции, которые практически не могут стать причинами опасных ситуаций в схемах ТСО БД. Такие элементы являются безопасными.

Под безопасным элементом ТСО БД понимается элемент, у которого изменения параметров, влияющих на изменение технологического процесса, не превышают с заданной вероятностью установленных предельных значений.

Создать такие элементы, вероятности всех возможных изменений параметров которых были бы одинаковыми, не представляется возможным. Можно говорить о создании безопасных элементов, у которых запасом прочности гарантируется исключение отклонения параметров в ту или иную сторону.

Такие элементы получили название элементов с несимметричными отказами из-за несимметричности значений вероятностей их различных отказов. Степень безопасности элемента необходимо устанавливать на основе анализа механизма, определяющего соотношение между запасом прочности элемента и вероятностью возникновения конкретного отказа.

Решение о безопасности того или иного элемента обычно принимается на основе статистических данных, получаемых в результате длительной эксплуатации большого числа элементов. Например, короткое замыкание ограничивающего дросселя на передающем конце кодовой рельсовой линии является опасным отказом, в то время как обрыв его обмотки переводит систему только в защитное состояние вследствие полного прекращения передачи в линию контрольного сигнала.

Дроссель является безопасным, если запас его электрической механической прочности достаточен для того, чтобы с заданной вероятностью исключить уменьшение его сопротивления сверх установленного предела, в том числе и для исключения короткого замыкания обмотки.

В результате длительной эксплуатации систем автоблокировки установлено, что вероятность короткого замыкания ограничиваю-

щего дросселя типа РОБС-ЗА весьма мала. Поэтому он считается безопасным элементом относительно коротких замыканий отдельных витков или всей обмотки дросселя. Необходимый запас прочности обеспечивается созданием необходимого запаса прочности изоляции проводников обмотки.

Примером элемента с несимметричными отказами является металлооксидный резистор на стеклянной основе. Установлено, что вероятность существенного уменьшения его сопротивления также пренебрежимо мала.

Безопасными также считаются постоянные проволочные эмалированные трубчатые резисторы типа ПЭ-15.

К безопасным относятся регулируемые и нерегулируемые проволочные резисторы типов 7156—7157, наматываемые оксидированной константановой проволокой на фарфоровые изоляторы. Изоляция всех токоведущих частей относительно корпуса выдерживает в течение 1 мин напряжение 1500 В переменного тока частотой 50 Гц.

В результате изучения особенностей конструкций и физических свойств конденсаторов с металлическими лентами в качестве обкладок и бумажным диэлектриком между ними, свернутыми в рулон, принимается, что вероятность увеличения емкости до бесконечности в результате пробоя изоляции весьма мала. Пробой диэлектрика принимается маловероятным, потому что конденсаторы данного типа перед использованием испытываются при напряжении, во много раз превышающим рабочее. При тщательном контроле свойств конденсаторов при их производстве допускаются только отказы в виде увеличения сопротивления контактов. На этом основании считается, что бумажные конденсаторы являются безопасными элементами с несимметричными отказами.

Другим примером элемента с несимметричными отказами являются реле специальной конструкции. Фронтные контакты реле должны быть замкнуты только при протекании тока через обмотку и разомкнуты при его отсутствии. Однако фронтные контакты могут быть замкнутыми и при отсутствии тока в обмотке. Безопасность реле обеспечивается: несвариваемостью контактов в результате применения для их изготовления разнородных материалов, например, серебра и угля с примесью серебра; исключением магнитного прилипания якоря к сердечнику в результате создания

воздушного зазора, величина которого гарантируется двумя антимагнитными штифтами (рабочим и контрольным), укрепленными на якоре реле; изготовлением магнитопровода из материала с малым остаточным намагничиванием. Несимметричность отказов реле заключается в том, что вероятность размыкания контактов намного выше вероятности замыкания контактов при отсутствии тока в обмотке. У таких реле конструктивными способами исключается механическое заклинивание якоря в осях его вращения. При обесточивании обмотки такие реле отпускают якорь под действием собственного веса, а не в результате действия пружины, которая может сломаться. Технологический процесс производства безопасных реле должен быть безопасным: материалы контактов должны быть нужного состава, антимагнитные штифты должны иметь необходимую длину.

Следовательно, имеется возможность создания безопасных функциональных узлов из безопасных элементов с несимметричными отказами. При этом необходимо иметь достоверную информацию о возможных отказах элементов, вероятностях их возникновения и методах синтеза безопасных функциональных узлов, состоящих из безопасных элементов с несимметричными отказами.

Синтез безопасных схем из элементов абсолютно безопасных, т.е. безопасных относительно всех видов отказов, не отличается от синтеза обычных устройств из обычных элементов. Прочностными методами удастся обеспечить безопасность элементов только относительно отдельных видов отказов, реле являются безопасными только относительно замыкания фронтных контактов. Для создания безопасных схем на базе элементов с несимметричными отказами необходимо использовать специальные правила и методы.

Изложим правило построения безопасных цепей формирования команд управления скоростью в системах автоблокировки. Командами, определяющими скорость движения поезда по участку, являются оптические сигналы напольного светофора. В трехзначной автоблокировке напольный светофор имеет три сигнальных показаний — зеленый, желтый и красный.

Правило построения безопасных цепей управления огнями светофора будет формулироваться таким образом: цепи питания ламп светофора, разрешающих движение с максимальной скоростью,

должны формироваться фронтовыми контактами реле, безопасными относительно замыкания этих контактов; число фронтовых контактов в цепи ламп светофора, разрешающих движение с меньшими скоростями, снижается по мере уменьшения допустимой скорости движения. Схема включения ламп светофора составляется с учетом рассмотренного выше правила.

Цепи управления реле составляются так, что лампа зеленого огня, разрешающего проследовать напольный светофор с максимальной скоростью, включена через их фронтовые контакты. Если откажет одно реле или его цепь питания, что приведет к размыканию фронтового контакта и замыканию тылового, то загорится лампа желтого огня, что ограничит скорость движения поезда. Аналогичный отказ другого реле приведет к загоранию лампы красного огня.

Итак, правило составления безопасных устройств направлено на то, чтобы опасными были только те отказы, относительно которых элементы являются безопасными, или иначе — в правильно составленной схеме опасными отказами являются только маловероятные отказы.

Схемы устройств с достаточно простой структурой обычно синтезируют эвристическим методом. Сначала составляют один из вариантов схемы, а затем проверяют на опасность ее отказа. В конечном счете необходимо добиться такого положения, когда все опасные отказы оказываются маловероятными из-за наличия у элементов необходимого запаса прочности относительно этих отказов. Опытные разработчики владеют навыками составления безопасных схем управления лампами светофора, двигателями стрелочного электропривода, элементами устройств индикации, цепями подключения источников электропитания и т.д.

Анализ надежности принимаемых инженерных решений безопасности необходимо проводить с учетом возможных неисправностей технического и механического характера, а также неправильных действий оператора на пульте и обслуживающего персонала при ремонтных и профилактических работах.

Надежность работы микроэлектронных систем. Невысокое быстродействие релейных систем железнодорожной автоматики (СЖАТ), большая материалоемкость и значительный расход дефицитных ме-

таллов, относительно невысокая надежность обуславливают существенные трудности ведения в таких системах информационной и структурной избыточности, что необходимо для создания необслуживаемых систем.

Решение данного вопроса возможно при применении бесконтактных систем. Первые работы по применению в СЖАТ полупроводниковой техники начались в 50-х гг. прошлого столетия. Были разработаны с применением транзисторов и внедрены системы диспетчерской централизации ЧДЦ (1961 г.) и «Нева» (1967 г.), а также бесконтактный маршрутный набор на транзисторных элементах (1967 г.). Бесконтактная техника использовалась сначала для решения задач, не связанных непосредственно с обеспечением безопасности движения поездов.

С начала 1980-х гг. начинаются работы по использованию микроэлектронной, микропроцессорной и компьютерной техники для построения новых СЖАТ: микропроцессорных и компьютерных ДЦ, ЭЦ, многозначной АЛС, микропроцессорных комплексов горочной автоматики и др.

Разработка специальных методов обеспечения безопасности микроэлектронных и микропроцессорных СЖАТ и методов доказательства безопасности технических средств активно ведется в Петербургском и Московском государственных университетах путей сообщения.

В табл. 2.1 приведены некоторые статистические данные ЦСС ОАО «РЖД» по уровню безотказности отдельных блоков бесконтактных ТСО БД.

Таблица 2.1

Параметры потока отказов бесконтактной аппаратуры

Наименование прибора	$\omega \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$
Аппаратура ДЦ системы «Луч»	
Блок счетных триггеров типа СТ	4,54
Генератор типа ЦГ-Л	3,00
Усилитель типа ЛУ-Л	8,52
Фильтр типа ФАЛ	1,14
Аппаратура ДЦ системы «Нева»	
Блок групповой триггерный типа БТГР	2,85
Генератор типа ЛГ-11 Нева	3,18

Наименование прибора	$\omega \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$
Дешифратор контрольного поста типа ЦДШ-3	16,60
Усилитель типа ЦУ-11Нева	6,10
Фильтр типа ФА	0,19
Аппаратура ДК системы ЧДК	
Генератор камертонный типа ГК-5	2,61
Генератор тактовый типа ГТ2-16	5,68
Распределитель типа РДК-2	2,00
Приемник диспетчерского контроля типа ПК5	0,55

Следует отметить, что усложнение схем при переходе с релейной на бесконтактную транзисторную элементную базу часто приводит к тому, что электронная аппаратура по безотказности оказывается не лучше, чем комбинированные блоки, в которых остается часть электромагнитных реле. Переход на транзисторную технику в тональных рельсовых цепях (ТРЦ) без изолирующих стыков для автоблокировки привел, к сожалению, к снижению в 1,2 раза средней наработки на отказ аппаратуры по сравнению с аппаратурой числовой кодовой АБ.

Переход на микропроцессорную технику позволил существенно повысить безотказность аппаратуры ТСО БД. Средняя наработка на защитный отказ (по данным МИИТа) аппаратуры микропроцессорной системы автоблокировки с РЦ без изолирующих стыков типа АБ-ЕЗ составляет $5 \cdot 10^5$ ч, что в 2,27 раза больше по сравнению с аппаратурой числовой кодовой АБ и в 2,77 раза больше по сравнению с АБ с тональными рельсовыми цепями без изолирующих стыков.

Безопасность и общая безотказность систем микропроцессорной централизации (МПЦ) более высока, чем у релейных систем. Так, для японской системы SMILE интенсивность опасных отказов находится в пределах $1,6 \cdot 10^{-10} - 5,8 \cdot 10^{-12} \text{ ч}^{-1}$, а защитных — в пределах $1 \cdot 10^{-7} - 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ ч}^{-1}$, что меньше на два порядка, чем у существующих релейных систем. Время наработки на опасный отказ английской системы SSI — $4 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$ лет. Срок службы МПЦ не меньше, чем у релейных систем. Срок службы системы ELECTRA австрийской фирмы «Alcatel» не менее 25 лет. Время

ремонта МПЦ составляет 0,2—12 ч при коэффициенте готовности не менее 0,9999.

Одна из особенностей систем управления и контроля, построенных с использованием элементной базы микроэлектроники, заключается в том, что интенсивность кратковременных самоустраивающихся отказов (сбоев) на 1—2 порядка выше интенсивности устойчивых отказов. Интенсивность сбойных ошибок существенно зависит от содержания выполняемых алгоритмов и возрастает с увеличением скорости выполнения операций и команд.

Сбойные ошибки в микроэлектронных дискретных устройствах появляются вследствие критических состояний сигналов или от внутренних помех в кристаллах микросхем. Для борьбы с критическими состояниями используют системы специальных синхронизирующих сигналов или различные методы временной расстановки сигналов с помощью устройств задержки. Разработан также математический аппарат для анализа различных видов состязаний в комбинационных и последовательностных схемах, который позволяет разработчикам уже на этапе проектирования принять необходимые меры для обеспечения устойчивой работы дискретных устройств.

Оценка надежности работы полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. В микроэлектронной и микропроцессорной аппаратуре СЖАТ основной вклад в суммарную интенсивность отказов вносят интегральные микросхемы. Например, в блоках и модулях микропроцессорных АБ на микросхемы с их пайкой приходится от 80 до 97 % от общей интенсивности отказов, а на полупроводниковые приборы — до 2—3 %.

Количественные данные по интенсивности отказов изделий электронной техники определяются по результатам производственных испытаний на заводах-изготовителях, а также испытаний и эксплуатации изделий потребителями.

В табл. 2.2 приведены усредненные значения интенсивностей отказов λ_0 по видам рассматриваемых изделий.

Для расчета по справочным данным ожидаемой интенсивности отказов в конкретных условиях эксплуатации используют поправочные коэффициенты, подставляемые в формулу

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_0 \prod_I K_I. \quad (2.1)$$

Таблица 2.2

Интенсивность отказов интегральных микросхем и полупроводниковых приборов при нормальном режиме эксплуатации

Элемент	Интенсивность отказов, $\lambda_0 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$		
	минимальное значение	среднее значение	максимальное значение
Однокристалльные ЭВМ и микропроцессоры	—	—	1,00
Интегральные схемы:			
гибридные	0,40	0,75	1,00
полупроводниковые	0,10	0,45	0,80
Транзисторы кремниевые:			
биполярные	—	0,29	—
полевые	—	0,30	—
Диоды и диодные сборки	0,05	0,26	0,70
Стабилитроны	—	0,07	—
Тиристоры	—	0,45	—
Диоды излучающие	0,10	0,19	0,58
Оптопары	0,15	0,38	1,00
Микросхемы оптоэлектронные	—	0,22	—

Для диодов и биполярных транзисторов эта формула имеет вид:

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda_0 K_{\text{р}} K_{\text{ф}} K_{\text{дн}} K_{S_1} K_{\text{э}}, \quad (2.2)$$

где $K_{\text{р}}$ — коэффициент режима, зависящий от электрической нагрузки (тока) и (или) температуры окружающей среды;

$K_{\text{ф}}$ — коэффициент, учитывающий функциональное назначение прибора;

$K_{\text{дн}}$ — коэффициент, зависящий от величины максимально допустимой по ТУ нагрузки по мощности рассеяния (току);

K_{S_1} — коэффициент, зависящий от величины отношения рабочего напряжения к максимально допустимому по ТУ;

$K_{\text{э}}$ — коэффициент, зависящий от условий эксплуатации.

Коэффициент $K_{\text{э}}$ принимается равным единице для рассматриваемых изделий при использовании их в стационарной аппаратуре, применяемой в лабораторных условиях, и равным 2,5 для подвижной аппаратуры. В переносной аппаратуре этот коэффициент равен 1,7 для интегральных микросхем и 1,5 для полупроводнико-

вых приборов. Численные значения остальных коэффициентов из формулы (2.2) выбираются по таблицам из справочников.

Для полевых транзисторов не учитываются коэффициенты $K_{дн}$ и K_{S1} , а для тиристоров — $K_{ф}$ и K_{S1} . Для стабилитронов и оптоэлектронных полупроводниковых приборов учитываются только K_p и K_z .

Если интегральные микросхемы эксплуатируются в облегченных режимах или проводятся специальные мероприятия по обеспечению надежности аппаратуры (входной контроль, дополнительные отбраковочные испытания плат, узлов, блоков и т.д.) для определения эксплуатационной интенсивности отказов λ_z , то дополнительно используется поправочный коэффициент $K_{попр}$, выбираемый из следующих диапазонов его значения:

0,2—0,4 — при эксплуатации микросхем в облегченных режимах;

0,4—0,7 — при проведении комплекса дополнительных мероприятий;

0,1—0,3 — при совместном использовании указанных мер.

При расчете суммарной интенсивности отказов аппаратуры применяют дополнительно два коэффициента: $K_{ам}$ — коэффициент, учитывающий наличие амортизации аппаратуры, и $K_{к.обсл}$ — коэффициент качества обслуживания аппаратуры.

Для аппаратуры ТСО БД принимается $K_{ам} = 0,85$ и $K_{к.обсл} = 0,5$.

У полупроводниковых приборов кроме отказов типа «обрыв», «короткое замыкание», «пробой» возможны и параметрические отказы, связанные со старением аппаратуры (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Виды отказов полупроводниковых приборов (в %)

Группа изделий	Обрыв	Короткое замыкание	Пробой	Параметрические отказы
Диоды	15	15	5	65
Транзисторы, транзисторные сборки	15	10	5	70
Тиристоры	20	—	—	80
Оптоэлектронные приборы	50	—	—	50

Внешние воздействия на микросхемы и полупроводниковые приборы приводят к различным деградационным процессам, создающим предпосылки для появления отказов (табл. 2.4).

Таблица 2.4

**Влияние внешних неблагоприятных воздействий на возникновение
деградационных процессов и типичных отказов микросхем**

Вид внешнего воздействия	Вызываемый (ускоряемый) деградационный процесс	Пробой перехода	Ухудшение электрических характеристик	Потеря герметичности	Обрыв и короткое замыкание	Появление нестабильности	Коррозия выводов и корпуса	Повреждение лакового по- крытия
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Повышенная температура	Высыхание и деформация защитных покрытий. Выделение газов. Расплавление. Растрескивание кристаллов. Миграция захваченных примесей, влаги и газов. Ионизация примесей. Изменение электрических характеристик. Увеличение размеров	+	+	+	+	—	—	—
Пониженная температура	Конденсация влаги. Растрескивание кристаллов. Изменение электрических характеристик. Сокращение размеров	+	+	+	+	—	—	—
Повышенная относительная влажность	Адсорбация и абсорбация влаги. Химические реакции с участием влаги. Электролиз. Коррозия	—	+	—	—	+	+	+
Термоудары	Механические напряжения в местах спаев. Растрескивание кристаллов. Растрескивание и деформация покрытий. Изменение размеров	—	+	+	+	—	—	—
Пониженное давление	Ухудшение теплоотдачи. Уменьшение пробивного напряжения	+	—	+	+	—	—	+
Механические воздействия (вибрации, удары, постоянные ускорения)	Механические напряжения. Усталость	—	+	+	+	—	—	—

Термические отказы рассматриваемых изделий являются следствием электрических перегрузок проводников, действия внешних тепловых полей и термических пробоев диэлектриков и полупроводников.

Допускаемые значения механических воздействий на интегральные микросхемы и полупроводниковые приборы в 1,5—2 раза выше, чем для аппаратуры СЖАТ. Из-за ограничения по нижнему значению рабочей температуры -45°C микропроцессоры и однокристалльные ЭВМ могут использоваться только в аппаратуре ТСО БД климатического исполнения, предназначенной для эксплуатации в районах с умеренным климатом. Основными причинами отказов полупроводниковых приборов и интегральных схем являются: дефекты металлизации — 26 % и внутренних выводов — 23 %; дефекты в сборке корпуса — 17% и изменение электрических характеристик — 12 %; поверхностные нарушения и несовмещения — по 7 %; дефекты окисла и негерметичность — по 4 %.

Увеличение размеров, сокращение размеров — это изменение (увеличение или сокращение) линейных размеров металлических деталей микросхем вследствие линейного расширения или сокращения этих деталей (соответственно) в зависимости от температуры.

Из-за роста сопротивления контактов снижается быстродействие интегральной микросхемы, увеличивается напряжение насыщения транзисторов в импульсном режиме. Внезапные отказы возникают при обрывах контактов от механических нагрузок и повышенной хрупкости контактных соединений.

Повышение быстродействия цифровых схем и дискретных устройств приводит к увеличению интенсивности их сбоев и, как следствие, — к сбойным ошибкам. Последние вызывают потерю или искажение результатов выполнения предусмотренного алгоритма.

Оценка надежности работы компонентов электронных схем. Рассмотрим надежность работы конденсаторов, резисторов, трансформаторов, коммутационных и установочных изделий, низкочастотных соединителей, используемых в электронной и микроэлектронной аппаратуре. В табл. 2.5 приведены усредненные значения интенсивностей отказов по указанным видам изделий.

Таблица 2.5

Интенсивность отказов компонентов электронных схем

Элемент	Интенсивность отказов $\lambda_0 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$		
	минимальное значение	среднее значение	максимальное значение
Конденсаторы:			
керамические	0,001	0,01	0,02
бумажные	0,007	0,02	0,05
слюдяные	—	0,01	—
окисдно-электролитические	0,05	0,07	0,13
подстроечные	0,01	0,015	0,02
Резисторы:			
постоянные непроволочные	—	0,01	—
постоянные проволочные	—	0,02	—
металлофольговые	—	0,02	—
переменные непроволочные	—	0,01	—
переменные проволочные	—	0,03	—
Терморезисторы	—	0,003	—
Трансформаторы:			
силовые (питания)	—	1,7	—
межкаскадные	—	0,11	—
Предохранители плавкие	—	0,16	—
Переключатели, тумблеры	0,06	0,17/КГ	1,0
Контакты магнитоуправляемые	0,0002	0,005	0,03
Соединители штепсельные:			
цилиндрические	0,0013	0,0032/Ш	0,0067
прямоугольные	0,0009	0,008/Ш	0,022
Соединение пайкой	—	0,001	—
Провода соединительные	0,0008	0,015	0,012
Кабели	0,0002	0,0475	0,22

Примечание. Ш — на штырек; КГ — на контактную группу. Для магнитоуправляемых контактов интенсивность отказов определена в расчете на одно срабатывание.

При расчетах для всех указанных изделий используется коэффициент K_p , а коэффициент K_z применяется для конденсаторов, резисторов, тумблеров и штепсельных соединителей.

Для компонентов электронных схем дополнительно используются коэффициенты формулы (2.1):

K_t — коэффициент режима для конденсаторов и предохранителей, зависящий от температуры окружающей среды;

K_c — коэффициент, зависящий от величины номинальной емкости конденсатора;

$K_{ПС}$ — коэффициент, определяемый величиной последовательного активного сопротивления в схеме между конденсатором и источником питания;

K_R — коэффициент, зависящий от величины номинального сопротивления резистора;

K_M — коэффициент, определяемый величиной номинальной мощности резистора;

$K_{КС}$ — коэффициент, определяемый количеством сочленений-расчленений соединителя;

$K_{КК}$ — коэффициент, зависящий от количества контактов коммутационного изделия или соединителя.

Значения коэффициента K_3 приведены в табл. 2.6. Значения других коэффициентов определяются по таблицам справочника.

Таблица 2.6

Величины коэффициента K_3 , определяемые по группам аппаратуры

Тип изделий	Аппаратура		
	Стационарная в лабораторных условиях	Переносная	Подвижная
Конденсаторы, резисторы, предохранители, переключатели, тумблеры	1,0	2,0	2,5
Соединители низкочастотные	1,0	1,5	2,5
Трансформаторы	1,0	1,5	2,0
Контакты магнитоуправляемые	0,4	0,8	1,0

В аппаратуре микроэлектронных систем автоблокировки на отказы резисторов приходится до 8 %, на отказы конденсаторов — до 4 % и на отказы трансформаторов при их наличии — до 2 % от общей интенсивности отказов блока или модуля. На элементы вместе с микросхемами и полупроводниковыми приборами приходится до 95—99,9 % отказов в зависимости от их общей интенсивности.

Деградационные процессы в конденсаторах приводят к появлению как внезапных, так и постепенных (параметрических) отказов (табл. 2.7).

Таблица 2.7

**Процентное распределение по видам отказов
низковольтных конденсаторов**

Группа изделий	Короткое замыкание	Обрыв	Параметрические отказы
Конденсаторы постоянной емкости:			
керамические	60	5	35
оксидно-электролитические	36	36	28
оксидно-полупроводниковые	26	5	69
с органическим синтетическим диэлектриком	55	5	40
бумажные	45	45	10
Конденсаторы подстроечные с твердым диэлектриком	82	6	12

Конденсаторы керамические монолитные относятся к группе наиболее массовых низковольтных конденсаторов (К10-17, К10-28, К10-50 и др.). Основными причинами их отказов являются: пробой вследствие микротрещин и расслоений пакета, повышенной пористости керамики, загрязнений на поверхности и посторонних включений в керамике, миграции серебра в керамику, некачественного глазурирования и т.п. — 27 %; снижение сопротивления изоляции из-за дефектов керамики и покрытий, а также поверхностных загрязнений — 45 %; некачественная пайка контактного узла и нарушение режимов сжигания серебра, приводящие к потере емкости — 4 %.

Основной вид отказов алюминиевых оксидно-электролитических конденсаторов (до 30 %) — снижение емкости и рост $\operatorname{tg} \delta$ вследствие потери электролита, обусловленной повышенным газовыделением из-за роста тока утечки и развития коррозионных процессов на анодных пластинах и выводах, а также некачественным исполнением узлов уплотнения, недопропиткой секций электролитом. Второй по значимости причиной отказов (26 %) является коррозия анодного вывода анодной фольги.

У резисторов от 10 до 25 % отказов приходится на обрывы, остальные — на параметрические отказы. Основные причины отказов наименее надежных — проволочных резисторов — приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Отказы в работе проволочных резисторов

Вид дефекта или причина отказа	Частота отказов, %
Обрыв резисторной проволоки (коррозия, механические повреждения)	40—70
Обрыв проволоки в контактном узле (некачественная пайка)	15—20
«Уход» сопротивления за допустимые нормы	2—5
Нарушение контакта токосъемника со средним выводом	10—5
Перетирание резисторной проволоки подвижным контактом	5
Загрязнение участка контактирования резистора и контактной пружины	8
Износ контактной пружины	2
Обгорание контактной пружины (перегрузка)	5
Дефекты производства (перекосы, дефекты сборки)	3
Плохая герметизация	5
Некачественная приклейка резистора к подложке	4
Другие дефекты	1

В трансформаторах и дросселях отказы происходят из-за пробоя изоляции на корпус или между обмотками, обрыва проводников в обмотке, замыкания между витками обмотки, нарушения контактов и соединений, недопустимого снижения сопротивления изоляции вследствие ее старения или чрезмерного увлажнения, нарушения межлистовой изоляции магнитопроводов.

Витковое короткое замыкание обмотки приводит к чрезмерному нагреву трансформатора или дросселя, а нарушение межлистовой изоляции сердечников магнитопровода — к недопустимому повышению температуры отдельных участков и всего магнитопровода в целом, повышенному нагреву обмоток, выгоранию части магнитопровода (пожар в стали).

Надежность работы программного обеспечения. Работоспособность микропроцессорных и компьютерных систем ТСО БД возможна только при одновременной устойчивой работе аппаратуры и программных средств.

В настоящее время затраты на разработку программного обеспечения достигают 90 % общих затрат. Поэтому программное обеспечение превращается в самостоятельное промышленное изделие, оказывающее огромное влияние на трудоемкость, стоимость, работоспособность микропроцессорных ТСО БД.

При разработке программ важной является проблема обеспечения их надежности.

Для ТСО БД рассматриваются следующие составляющие надежности программного обеспечения — корректность, устойчивость, безопасность и недоступность.

Корректность — свойство программы удовлетворять ее функциональным спецификациям. Корректность требует правильного вычисления выходных данных в области изменения входных, удовлетворяющих спецификациям.

Устойчивость — свойство программы быть нечувствительной к ошибкам, отказам аппаратуры и некорректным входным данным. Это свойство соответствует *отказоустойчивости* аппаратуры.

Безопасность — свойство программы вычислять правильные или защитные выходные данные при наличии ошибок или появлении отказов аппаратуры и некорректных входных данных. Под защитными выходными данными понимают неправильные результаты при реализации программ, которые не переводят управляющую систему в опасное состояние.

Недоступность — свойство программного обеспечения исключать возможность обращения одного пользователя к данным и программам, которые являются собственностью другого пользователя. Недоступность достигается изоляцией данных и программ разных пользователей друг от друга и от операционной системы, а также применением ключевых слов, кодов и др.

Надежность программного обеспечения — это свойство сохранять корректность, устойчивость, безопасность и недоступность в течение определенного периода времени при данных условиях эксплуатации и технического обслуживания.

Интенсивность ошибок программного обеспечения лежит в пределах от 0,25 до 10 на 1000 команд, т.е. в системах, содержащих 500 000 команд, следует ожидать от 125 до 5000 ошибок.

Ошибки программного обеспечения делятся на программные, алгоритмические и системные.

Программные ошибки вызываются неправильной записью команд на языке программирования и ошибками при трансляции. Их количество зависит от квалификации программистов, степени автоматизации программирования, глубины и качества тестирования. На начальных этапах разработки программные ошибки составля-

ют одну треть всех ошибок, но эти ошибки сравнительно легко обнаруживаются.

Алгоритмические ошибки возникают из-за неправильной постановки задачи или из-за некорректной формулировки алгоритма ее решения. Их обнаружить сложнее, чем программные.

Труднее всего обнаружить *системные* ошибки, которые связаны с неправильным воздействием комплексов программ между собой и внешними объектами.

В жизненном цикле программного обеспечения выделяют шесть этапов: анализ требований к системе, определение спецификаций, проектирование, программирование, тестирование, эксплуатация и сопровождение. Наибольшее число ошибок допускается при проектировании (60 %) и программировании (40 %). Однако при тестировании и сопровождении могут быть внесены новые ошибки. Исправление одной программной, алгоритмической или системной ошибки требует корректировки в среднем соответственно 6, 14 и 25 команд. С течением времени жизненного цикла программного обеспечения материальные затраты на исправление ошибок возрастают, а вероятность правильного исправления уменьшается.

Испытания программы на надежность и испытание изделий на надежность их программного обеспечения — обязательные этапы при проверке надежности работы систем. Испытания на надежность программ проводят с помощью специальных программ (тестирование) и специальных (имитационных) стендов. Затем проверяется надежность изделий при совместной работе программы и изделия. При этом тестирование требует до 50—60 % всех затрат труда на программирование.

В безотказных системах часто применяют двухвариантное программирование с контролем совпадения результатов или разрабатывают для таких систем самопроверяемые программы.

Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ

3.1. Системы автоматизации работы сортировочных горок

Формирование поездов и переработка составов, которая включает в себя операции надвига и роспуска, осаживание вагонов на путях сортировочного парка и передача горочных локомотивов в парк приема производятся на сортировочных горках.

Сортировочная горка состоит из подъемной части, горба горки, скоростного и тормозного уклонов, уклона стрелочной зоны и путей подгорочного парка. При надвиге на горку состав расцепляют на отдельные отцепы, которые, миновав горб горки, скатываются по спускной части. Переводом стрелок отцепы направляют на разные пути подгорочного парка. По скорости скатывания отцепы делят на хорошие (тяжелые груженые вагоны) и плохие (порожние вагоны) бегуны.

Высоту горки рассчитывают для плохих бегунов, которые с учетом всех сил сопротивления и неблагоприятных климатических условий, скатываясь с горки, выходят за пределы стрелочной зоны на 100 м от предельного столбика самого дальнего и трудного по сопротивлению пути. Хорошие бегуны, обладая лучшими ходовыми свойствами, скатываются с горки, развивая значительно большие скорости, чем плохие. Если хороший бегун скатывается за плохим, то может нагнать плохой раньше, чем тот пройдет стрелку, разделяющую маршруты их следования. С учетом этого интервал скатывания отцепов с горки должен быть таким, чтобы отцепы проходили разделительные стрелки и направлялись на соответствующие пути подгорочного парка не нагоняя друг друга.

Для создания интервала между отцепами в конце наклонной части устанавливают интервальную тормозную позицию ИП вагонов замедлителей. Вагоны, скатывающиеся с горки, должны под-

ходить к вагонам на путях подгорочного парка со скоростью, не превышающей 5 км/ч, чтобы не было «боя» вагонов. Поэтому на тормозном уклоне размещают позицию ПТП замедлителей целевого торможения. Для более точного целевого торможения устанавливают позицию ПТП замедлителей.

Для сигнализации разрешения роспуска перед горбом горки устанавливают основной горочный светофор, а по каждому пути надвига — повторители горочного светофора. Для разрешения передвижений в сторону горба горки с путей подгорочного парка устанавливают маневровые горочные светофоры.

Среднесуточная переработка вагонов на сортировочной горке большой мощности достигает 7000 вагонов, что обуславливает высокую степень интенсификации работы техники и людей. Поэтому только с помощью механизации и автоматизации вагонов можно освоить такой большой объем работы.

Современный комплекс устройств механизации и автоматизации сортировки вагонов включает в себя горочную автоматическую централизацию (ГАЦ), обеспечивающую перевод стрелок по маршрутам скатывания отцепов; систему автоматического регулирования скорости скатывания отцепов (АРС), управляющую вагонными замедлителями; систему автоматического задания скорости роспуска составов (АЗСР), управляющую показаниями горочных сигналов и автоматической локомотивной сигнализацией или непосредственно воздействующую на устройства управления горочным локомотивом с помощью системы телеуправления (ТГЛ).

Расформирование и формирование поездов на сортировочных станциях относится к ответственным технологическим процессам. Нарушение штатных режимов управления технологическим процессом может привести к технологической чрезвычайной ситуации (ТЧС), приводящей к существенным материальным потерям, связанным с порчей вагонного парка, грузов, технических средств; угрозе жизни и здоровью человека, окружающей среде, ущербу имущества населения.

Влияние человеческого фактора на возникновение опасных ситуаций в процессе реализации технологических операций роспуска вагонов весьма существенно.

Методы технического обслуживания напольных и постовых устройств, базирующихся на регламентных работах, предусмотренных

картами технического обслуживания, весьма консервативны и во многом их следует считать неэффективными.

Возникновение нештатных ситуаций в процессе отпуска вагонов практически всегда приводит к опасным ситуациям, поскольку остановить свободно скатывающийся отцеп с вершины горки и тем самым предотвратить опасную ситуацию, как правило, невозможно.

Предотвращение подавляющего большинства опасных внезапных отказов технических средств возможно при введении контрольной диагностики технических средств с документированием этих данных.

Современные управляющие вычислительные комплексы (УВК) систем автоматизации сортировочных процессов позволяют реализовать функции сбора информации о функционировании технических средств, ее анализа и прогнозирование предотказных ситуаций, т.е. осуществить объективное диагностирование.

Документирование данных диагностики позволяет объективно оценивать причины возникновения ситуации и устанавливать ее истинные причины.

Полный охват средствами дистанционной диагностики технических средств позволяет перейти к эффективным методам технического обслуживания устройств, существенному уменьшению влияния человеческого фактора.

Данные диагностики нацеливают работников эксплуатации на необходимость оперативного вмешательства в те средства, которые в этом нуждаются в данный момент. Проведение работ по тем же каналам дистанционной диагностики регистрируют и документируют в УВК средствами объективного контроля в виде восстановленного параметра функционирования технического средства. Резко уменьшается число случаев необъективной оценки и недостоверных записей в журнале проведенных регламентных работ.

Вместе с тем, резко возрастает роль разработчиков аппаратных, программных и алгоритмических средств в установлении критериев функциональных параметров диагностирования.

Контролируемый параметр технического средства должен отражать его истинное функциональное состояние. В противном случае данные диагностики могут создавать ложное представление об истинном состоянии объекта и дезориентировать работников эксплуатации в обслуживании техники.

Параметры диагностики вновь разрабатываемых технических средств должны быть записаны в технических заданиях на разработку, методика их контроля — в руководстве по эксплуатации.

На системном уровне автоматизации технологических процессов роспуска вагонов предусматривается также еще один контур обеспечения безопасности роспуска на алгоритмическом уровне. Он реализует реконфигурированные алгоритмы управления в случае возникновения нештатных ситуаций в процессе роспуска. Такие алгоритмы базируются на реализации информационной избыточности и позволяют парировать опасные последствия рисков аварийных ситуаций.

3.2. Актуальные проблемы повышения безопасности роспуска составов на сортировочных горках

Проблема безопасности движения поездов актуальна и для процесса расформирования составов на сортировочных горках, который в полной мере относится к ответственным технологическим процессам. Однако этот процесс имеет свои специфические особенности, определяемые технологией роспуска составов и техническими средствами, применяемыми для ее реализации.

Автоматизированная система расформирования составов на сортировочных горках включает в себя подсистемы управления скоростью надвига и роспуска составов, маршрутами скатывания отцепов и регулирования скорости движения отцепов по спускной части горки и сортировочным путям. Поэтому безопасность процесса роспуска вагона должна быть обеспечена с момента надвига его на горку и до остановки на сортировочном пути.

Отличительные особенности горочных устройств от других устройств СЖАТ состоят в том, что основная часть устройств СЖАТ является специальными средствами, в которых обеспечивается перевод опасного отказа в защитный. В горочных устройствах основной особенностью является непрерывность процесса управления расформированием и не всегда есть возможность перевода возникшего опасного отказа в защитный. Так, движение отцепов происходит, как правило, по незамкнутым маршрутам, стрелки переводятся непосредственно перед проходом вагона и при возникновении опасной ситуации (например, остановки стрелки в среднем положении) произойдет нарушение безопасности движения — сход ва-

гона. Перевод данного опасного отказа в защитный отказ представляется весьма проблематичным. Другой пример. Как определить понятие защитного отказа для замедлителя? Постоянно заторможенное или постоянно отторможенное состояния замедлителя являются одинаково опасными для процесса управления скоростью скатывания отцепов. Поэтому для замедлителя наиболее важным фактором является обеспечение непрерывности его управления.

Расчеты, проведенные по статистическим данным работы сортировочных горок в конце 80—начале 90-х гг. прошлого столетия, показывают, что уровень безопасности функционирования горочных устройств в то время не превышал 10^{-6} на один распушенный вагон. Следовательно, для горки с переработкой около 2500 вагонов в сутки интенсивность опасных отказов горочных устройств составлял не менее 10^{-4} 1/ч. Для сравнения — требования по безопасности для систем ЭЦ на станциях с количеством стрелок более 22 составляют величину $7 \cdot 10^{-9}$ 1/ч. Это означает, что устройства ЭЦ функционируют в 14 000 раз безопаснее, чем горочные устройства. Проблема повышения безопасности отпуска актуальна и в настоящее время.

Решение задачи повышения безопасности функционирования горочных устройств разделяется на три основных направления:

- 1) разработка нового поколения напольных горочных устройств — стрелочных приводов, замедлителей и аппаратуры управления;
- 2) диагностика состояния аппаратуры горочных устройств, в том числе предотказная;
- 3) разработка алгоритмических и схемных решений для парирования последствий опасных ситуаций, вызванных опасными отказами.

По этим направлениям научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими институтами железнодорожного транспорта проводятся углубленные исследования, разрабатываются и внедряются новые технические средства и технологии.

В области создания новых напольных горочных устройств за последние несколько лет создан целый ряд замедлителей для горочных и парковых тормозных позиций — балочные замедлители клещевидно-нажимного типа КЗ и КНЗ, пружинно-гидравлические замедлители ПГЗ, призванные заменить замедлители предыдущего поколения — КВ, КНП, ВЗП, ВЗПГ, РНЗ. Разработана и внедря-

ется новая быстродействующая управляющая аппаратура замедлителей ВУПЗМ вместо ВУПЗ-72. Применение замедлителей нажимного типа обеспечивает повышение безопасности процесса торможения вагонов за счет того, что усилие нажатия тормозных шин на колесные пары вагона прямо пропорционально уровню давления воздуха в тормозной магистрали замедлителя. Поэтому обеспечивается возможность плавного вытормаживания вагонов различными ступенями торможения в зависимости от весовых категорий с исключением выжимания колесных пар вагонов из замедлителей.

Создан новый стрелочный электропривод, близится к завершению разработка интеллектуального блока управления стрелками.

В области разработки безопасных алгоритмических и схемных решений Ростовским филиалом ВНИИАС созданы высоконадежные комплексы горочной автоматики — микропроцессорной горочной централизации ГАЦ МН, управления скоростями скатывания отцепов и прицельным торможением УУПТ, диагностический комплекс станционных устройств КДК СУ со встроенными средствами диагностики напольных устройств и самодиагностики управляющего вычислительного комплекса (УВК). Для обеспечения безопасности управления в ГАЦ МН и УУПТ был использован УВК с нагруженным резервом.

Аппаратура УВК построена на базе IBM-совместимых промышленных компьютеров из состава комплекта микропроцессорных средств для индустриальных, бортовых и встроенных систем управления, контроля и сбора данных. Такие компьютеры имеют повышенную надежность, предназначены для круглосуточной работы в условиях запыленности, больших перепадов температуры, вибрации и других неблагоприятных факторов.

Программное обеспечение подсистем горочной автоматики работает под управлением операционной системы реального времени LINUX, которая обеспечивает многозадачный режим с поддержкой приоритетов.

В прикладном программном обеспечении ГАЦ МН и УУПТ применены алгоритмы, позволяющие по данным функциональной диагностики, в том числе предотказной, исключать из контура управления отказавшие или нестабильно работающие напольные устройства путем внутренней реконфигурации подсистем.

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

Для повышения безопасности автоматизированного регулирования скоростей скатывания отцепов на замедлителях первой, второй и третьей тормозных позиций в подсистеме УУПТ ведется непрерывная модель движения отцепов на спускной части горки и на путях сортировочного парка в зоне действия аппаратуры контроля заполнения путей (КЗП). Вес вагона измеряется весомерными устройствами измерительных участков, находящихся на каждом пути скатывания сразу за горбом горки. Текущие скорости отцепов на тормозных позициях измеряются при помощи скоростемеров РИС-ВЗМ, между тормозными позициями скорости рассчитываются по модели с учетом веса и характеристик отцепов и корректируются в момент прохождения ими датчиков счета осей. По данным модели размещения и движения отцепов на путях подгорочного парка непрерывно ведется измерение динамического профиля каждого пути. Информация о профиле путей подгорочного парка используется для расчета скоростей выхода отцепов из парковой тормозной позиции, исходя из необходимости обеспечения безопасной скорости соударения отцепов 5 км/ч.

Для учета влияния климатических факторов на процесс скатывания отцепов — температуры воздуха, скорости и направления ветра, наличия и типа осадков, на горке установлена метеостанция, которая передает параметры внешней среды непосредственно в управляющий комплекс.

Кроме прямого измерения параметров отцепов производится непрерывный расчет ходовых свойств каждого отцепа по результатам его движения по контрольным участкам горки. Ходовые свойства отцепов используются при расчете их скоростей выхода из тормозных позиций.

Для реализации безопасных режимов торможения отцепов различных весовых категорий в подсистеме УУПТ ведется модель

размещения осей вагонов в пределах тормозных шин замедлителей. При этом у каждой оси вагона имеется вес, измеренный весомерным устройством, что позволяет вести торможение вагона с обеспечением допустимого усилия нажатия в зависимости от весовых категорий осей, находящихся в данный момент в замедлителе.

В процессе эксплуатации происходит неизбежный процесс изменения параметров замедлителей и их управляющей аппаратуры — изменяется раствор шин замедлителя, изменяются параметры настройки регуляторов давления, что приводит к изменению мощностных и временных характеристик замедлителя. Поэтому в подсистеме УУПТ реализован алгоритм адаптивного управления замедлителями, при котором производится непрерывная оценка состояния замедлителей по результатам каждого его включения. При этом рассчитывается время затормаживания и оттормаживания замедлителя, измеряется удельное замедление отцепы после проведенного торможения по каждой ступени нажатия.

Примененные в подсистеме УУПТ методы адаптивного торможения позволяют обеспечить энергосбережение, сохранность вагонов и грузов, увеличить срок эксплуатации тормозных средств, повысить уровень безопасности функционирования горочных устройств.

Следующее направление повышения безопасности функционирования горочных устройств — диагностика их состояния — реализуется контрольно-диагностическим комплексом станционных устройств КДС СУ.

КДК СУ производит:

- оценку состояния технических средств УВК и напольных устройств по совокупности признаков по запросам управляющих подсистем;
- обнаружение отказов устройств, формирование сообщений управляющим подсистемам, оперативному и эксплуатационному персоналу;
- автоматизацию измерений, синхронную обработку и регистрацию контролируемых параметров;
- формирование динамических и диагностических протоколов, архивирование и выдачу диагностической информации.

Подсистемы автоматизации горочных процессов и новые напольные устройства реализованы в настоящее время на крупных сортировочных горках сети железных дорог России.

3.3. Технические средства обеспечения безопасности движения на переездах

Общие сведения об организации переездной сигнализации. Железнодорожные переезды — пересечения автомобильных дорог с железнодорожными путями на одном уровне — оборудуются необходимыми устройствами, обеспечивающими безопасность движения, улучшающими условия пропуска поездов и транспортных средств.

Переезды — объекты повышенной опасности, требующие от участников дорожного движения и работников железных дорог строгого выполнения Правил дорожного движения Российской Федерации, Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ), Правил пользования автомобильными дорогами Российской Федерации и Инструкции по эксплуатации железнодорожных переездов ОАО «РЖД».

Все организации и лица, пользующиеся переездами, обязаны руководствоваться одним из главных условий обеспечения безопасности движения, а именно — железнодорожный транспорт имеет преимущество в движении перед всеми остальными видами транспорта. Действие инструкции распространяется на все эксплуатируемые и вновь проектируемые переезды. Более того, положения инструкций рекомендуются для применения на переездах железнодорожных подъездных путей предприятий и организаций, не входящих в систему ОАО «РЖД».

Путепроводы являются наиболее надежными и безопасными сооружениями, но на их строительство требуются большие затраты. Поэтому в ближайшее время основным видом пересечений на железных дорогах нашей страны останутся переезды.

Техническая сторона безопасности движения на переездах обеспечивается за счет устройства и оборудования их по типовым проектам в зависимости от категории, условий работы и постоянного содержания в исправном состоянии. Высокая надежность работы имеющихся устройств и оборудования в большинстве случаев гарантирует безопасность движения. Однако эта гарантия резко снижается, если обслуживающий персонал допускает нарушения требований ПТЭ и инструкций, или если отсутствует контроль за работой переезда со стороны руководителей дистанций пути.

Анализ показывает, что основными причинами браков, аварий и крушений на переездах являются:

- нарушения правил проезда через переезды водителями автомобильного транспорта — 86 %;
- нарушения правил эксплуатации переездов — 8 %;
- внезапные возникновения неисправностей в автотранспорте при нахождении его в пределах проезжей части переезда и прочие причины — 3 %;
- неисправности устройств переезда и автоматики — 2 %.

Количество наездов на неохраняемых переездах больше, чем на охраняемых. Из общего количества причин наездов на переездах технические неисправности составляют незначительную часть. Однако анализ показывает, что в предупреждении наездов особенно важны действия дежурных по переезду.

Эти субъективные действия не являются надежными затворами, которые могли бы во всех случаях предотвратить возможность возникновения браков и аварий на переездах. Поэтому технические устройства на переездах как объективные защитные средства должны в полном объеме обеспечивать безопасность движения.

По месту расположения переезды подразделяются следующим образом:

общего пользования — на пересечениях железнодорожных путей общего пользования с автомобильными дорогами и улицами;

необщего пользования — на пересечениях железнодорожных путей с автомобильными дорогами отдельных предприятий или организаций (независимо от форм собственности). Устройство, оборудование, содержание и обслуживание переездов необщего пользования выполняются за счет средств предприятий, организаций или органов управления автомобильными дорогами и организаций, содержащих автомобильные дороги, пользующихся этими переездами.

Порядок содержания и обслуживания переездов общего и необщего пользования устанавливается начальником железной дороги.

Пересечения железнодорожных путей в границах территории предприятий (складов, депо, элеваторов и т.п.) автомобильными дорогами, предназначенными для обеспечения технологического процесса работы данного предприятия, относятся к технологическим проездам и учету как переезды не подлежат.

Все пересечения железнодорожной линии с автомобильными дорогами в одном уровне должны, как правило, устраиваться в прямых участках пути и под прямым углом. Это требование вытекает

из условия обеспечения взаимной хорошей видимости как со стороны приближающегося поезда, так и со стороны автотранспорта.

Известно, что зрительный анализатор является основным источником информации (эта информация составляет 70 % всей информации, которую получает человек). В процессе движения, когда остальные ощущения, и прежде всего слуховые, снижаются, машинист поезда и водитель автотранспорта практически получают только зрительную (97—99 %) информацию.

Всякое уменьшение видимости на участках приближения к переезду, как со стороны железнодорожного пути, так и со стороны автодороги влечет за собой пропорциональное уменьшение информации об окружающей обстановке.

При плохой видимости работники железнодорожного транспорта и водители автотранспорта могут оказаться иногда беспомощными в обеспечении безопасности движения, если к тому же водитель автотранспорта не будет следовать на этом участке, соблюдая особые меры предосторожности.

Резко снижается видимость и при расположении переездов на кривых участках пути или автодороги, особенно в выемках. Если переезд расположен за пределами выемки, то видимость его будет со стороны выемки тем лучше, чем далее он расположен от нее. Влияние места расположения переезда на видимость его со стороны приближающегося поезда определяется в зависимости от расстояния S_1 , т.е. от удаления переезда от начала выемки, и от радиуса кривой R . Зависимость расстояния видимости S от значений S_1 и R представлена на рис. 3.1.

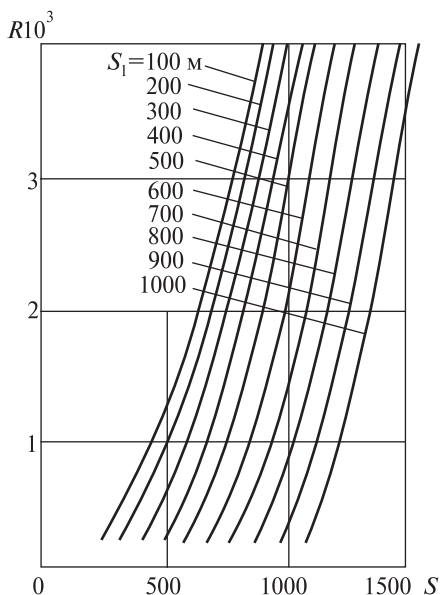


Рис. 3.1. Зависимость расстояния видимости S при полосе отвода $B=25$ м и различных значениях S_1

При малых значениях радиусов R расстояние S в значительной степени определяется расстоянием S_1 . При больших значениях R величина S_1 играет значительно меньшую роль. Поэтому, пользуясь графиком, можно заранее установить месторасположение переезда относительно выемки при различном плане и профиле линии, при ширине полосы отвода $B = 25$ м.

Большое влияние на условия движения автотранспорта по переезду оказывает также ширина проезжей части, которая во всех случаях должна быть равной ширине проезжей части дороги, но не менее 6 м. Типовым проектом для сооружаемых переездов ширина проезжей части предусмотрена 7,5 м независимо от категории переезда.

Практика эксплуатации переездов с широкой проезжей частью показывает, что есть случаи объезда водителями автотранспорта шлагбаумов с выездом на проезжую часть встречного направления. Исключить объезд шлагбаумов возможно применением ограждающих устройств (брусья, высокие бордюры и др.). Полное перекрытие проезжей части шлагбаумом может исключить возможность выезда автотранспорта на закрытый переезд.

Условия безопасного движения автотранспорта по переезду в значительной степени определяются конструкцией и применяемым материалом для покрытия участка дороги в пределах переезда.

Они должны иметь типовой железобетонный или деревянный настил. Деревянный настил переезда в плановом порядке должен заменяться на настил из железобетонных плит. На переездах I и II категорий, на других особо деятельных переездах и на переездах, расположенных на участках пути с железобетонными шпалами, настил должен устраиваться из железобетонных плит. Стандартизация типов настила позволяет значительно улучшить состояние проезжей части на переездах, в то же время их конструкции должны быть дифференцированы в зависимости от интенсивности движения на железных и автомобильных дорогах.

На особо интенсивных переездах с большим движением по железнодорожному пути и автодороге, когда все виды ремонта осложнены, наиболее целесообразным решением следует считать применение монолитного железобетонного покрытия.

Покрытие воспринимает непосредственное воздействие колес и атмосферных факторов и защищает нижележащие слои. Оно долж-

но быть прочным, износоустойчивым, водонепроницаемым, нехрупким и иметь высокий коэффициент сцепления с автомобильными шинами. Влияние состояния покрытий на безопасность движения исключительно велико, так как от него зависит тормозной путь автомобиля. Тормозной путь автомобиля S_T (в м) можно определить при одновременном торможении всех колес по формуле

$$S_T = \frac{v_0^2}{2g\varphi}, \quad (3.1)$$

где v_0 — скорость движения автомобиля в момент начала торможения, м/с;

g — ускорение силы тяжести 9,81 м/с²;

φ — коэффициент сцепления шин с покрытием.

Значение φ меняется в зависимости от вида и состояния дорожного покрытия, типа автомобиля и давления воздуха в камерах шин. Тормозной путь увеличивается во столько раз, во сколько ухудшается сцепление шин с дорогой. Поэтому очень важно состояние дорожного покрытия как в пределах переезда, так и на подходах к нему. Обычно понятие «скользкая дорога» ассоциируется со льдом и снегом, хотя и в теплое время года дорога может быть скользкой. Так, асфальт в начале дождя, когда еще не смылись, но уже успели раствориться пыль и грязь, покрывается великолепной смазкой. Мокрая булыжная мостовая остается скользкой все время. Поэтому очень важно, чтобы был обеспечен хороший отвод воды от переезда и проезжей части дороги.

Однако тормозной путь составляет лишь часть расстояния, необходимого для полной остановки автомобиля. Действительно, расстояние, на котором остановится автомобиль, с учетом всех влияющих факторов на длину торможения, называют опасной зоной торможения. При расчете полной длины L опасной зоны необходимо учитывать опасную зону торможения, расстояние от входного до выходного слагбаумов, длину автотранспорта. Она зависит от скорости движения автотранспорта в начале опасной зоны, времени реакции водителя (0,5—1 с), коэффициента эксплуатационных условий торможения (для грузовых автомобилей с полной нагрузкой равен 1,2—2,0), коэффициента сцепления шин с покрытием, наличия подъема или уклона дороги.

В табл. 3.1 приведены длины участков опасной зоны торможения до входного слагбаума при средних значениях времени реак-

ции водителя (0,75 с), продольном уклоне дороги 0,05 ‰, среднем коэффициенте эксплуатационных условий торможения (1.4). Из табл. 3.1 видно, какую большую роль для обеспечения безопасности движения на переездах играет правильный выбор покрытия подходов к ним и состояние проезжей части дороги. Длина опасной зоны торможения может достигать до 150 м.

Таблица 3.1

Определение длины опасной зоны

Вид покрытия	Состояние покрытия	Коэффициент сцепления	Длина опасной зоны торможения, м, при скоростях движения автомобиля, км/ч					
			5	15	25	30	40	60
Цементобетон	Сухое	0,7	6,2	9,7	14,7	17,6	24,5	44,4
	Влажное	0,35	6,4	11,1	18,7	23,3	34,5	67,6
Асфальт	Сухое	0,6	6,2	9,9	15,4	18,6	26,3	48,8
	Влажное	0,25	6,5	12,2	21,7	27,4	41,8	81,5
Грунт	Сухое	0,5	6,3	10,3	18,4	19,9	28,7	54,2
	Влажное	0,3	6,4	11,6	20,0	25,1	37,6	74,1
Снег	—	0,2	6,6	13,0	24,0	30,7	47,6	98,0
Лед	—	0,1	6,9	16,4	33,2	43,8	70,5	151,0

В табл. 3.2 приведена нормируемая длина участков приближения к переездам длиной 22 м с автоматической переездной сигнализацией, откуда видно, что эта длина при больших скоростях движения поездов в ряде случаев менее длины тормозного пути поезда. Следовательно, в целях повышения безопасности движения поездов и автотранспорта на переездах необходимо тщательно обосновывать время, потребное для освобождения переезда от транспорта.

Поезд состоит из 50 четырехосных груженых вагонов с 90 % тормозных осей и локомотива ТЭЗ; вес состава 3500 т, расчет с учетом 10 с на принятие мер по предупреждению аварий (включение заградительного светофора, установка факела-свечи и т.д.)

В табл. 3.3 приведены расстояния торможения S_T , проходимые условным грузовым поездом с локомотивом ТЭЗ, в зависимости от уклонов и скоростей движения (скорости 100 и 120 км/ч даны на перспективу).

Таблица 3.2

Нормируемая длина участков приближения к переездам

Скорость движе- ния поезда, км/ч	Тормозной путь условного грузового поезда, м				Нормируемая длина участ- ков прибли- жения	Требуемая длина участ- ков прибли- жения
	расчетный при		с учетом дополнитель- ных факторов при			
	$i_n = -5 \text{ ‰}$	$i_{\text{п}} = 0$	$i_{\text{п}} = -5 \text{ ‰}$	$i_{\text{п}} = 0$		
15	47	43	89	85	150	220
25	99	90	168	159	210	365
40	219	197	329	307	335	580
70	678	594	872	788	583	1020
80	964	785	1125	1005	667	1160
100	1431	1264	1709	1542	833	1460
120	2207	1881	2541	2215	1000	1750

Примечание. i_n — уклон пути.

Таблица 3.3

Определение расстояния торможения поезда

Уклон пути, ‰	S_T , м, при скорости движения, км/ч				
	40	70	80	100	120
–15	384	1113	1473	2339	3610
–10	355	976	1272	1972	2975
–5	329	872	1125	1709	2541
0	307	788	1005	1542	2215
5	287	715	905	1357	1961
10	265	648	822	1218	1749
15	248	593	771	1104	1567

Из этой таблицы видно, что при больших уклонах пути расстояние торможения значительно увеличивается и в ряде случаев может превышать длины участков приближения, приведенные в табл. 3.2. При скоростях движения поездов более 100 км/ч расчетное расстояние участков приближения с учетом всех основных факторов все же менее тормозного расстояния. Поэтому на скоростных участках оправданным будет закрытие переезда за 5—10 мин до пропуска скоростного поезда.

Железнодорожные переезды оборудуются устройствами сигнализации, служащими для своевременного предупреждения води-

телей безрельсовых транспортных средств на подходах к переезду о приближении к нему поезда. Кроме того, средства переездной сигнализации должны допускать возможность подачи сигнала остановки в случае аварийной ситуации на переезде.

Ограждение переездов со стороны автомобильных дорог осуществляется подачей в момент приближения поезда к переезду оптических и акустических сигналов, дополняемых в ряде случаев механическим ограждением — шлагбаумом. В зависимости от условий работы переезд оборудуется одним из следующих устройств: автоматической светофорной сигнализацией; автоматической светофорной сигнализацией с автоматическими шлагбаумами; автоматической оповестительной сигнализацией с неавтоматическими шлагбаумами. Неавтоматические шлагбаумы имеют механические приводы ручного управления или электрические с дистанционным управлением.

При автоматической светофорной сигнализации переезд ограждается специальными светофорами, которые устанавливаются перед переездом на обочине дороги с правой стороны по движению транспортных средств (рис. 3.2).

Красные огни светофоров направлены в сторону автомобильной дороги, при отсутствии поездов на участках приближения не горят.

Водители транспортных средств могут двигаться через переезд, соблюдая Правила дорожного движения.

Когда к переезду приближается поезд, огни переездных светофоров начинают гореть попеременно красным мигающим светом, что для водителей транспортных средств означает сигнал «стой» — движение через переезд запрещено. Одновременно с горением мигающих красных огней светофоров звонят электрические звонки,

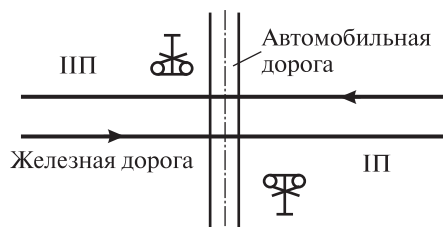


Рис. 3.2. Переезд со светофорной сигнализацией

установленные на мачтах переездных светофоров. После прохождения поезда через переезд огни светофоров гаснут, а звонки выключаются — запрещение для движения транспортных средств через переезд снято.

Красный мигающий огонь на переездном светофоре явля-

ется сигналом особой опасности, проезжать его при любых условиях недопустимо.

Выезд на переезд возможен при отсутствии мигающих красных сигналов на светофоре и требует от водителей транспортных средств особой бдительности. Они должны до въезда на переезд визуально убедиться в отсутствии приближающихся к переезду поездов. В связи с этим требуется хорошая видимость железнодорожных путей в обе стороны от переезда. Видимость считается удовлетворительной, если с транспортного средства, находящегося на расстоянии 50 м и менее от железнодорожного пути, приближающийся с любой стороны поезд виден не менее чем за 400 м, а машинисту переезд виден на расстоянии не менее 1000 м.

При автоматической светофорной сигнализации с автоматическими шлагбаумами (рис. 3.3) в дополнение к переездным светофорам движение автотранспорту преграждается брусом шлагбаума. Если поездов нет, брус шлагбаума находится в вертикальном положении и не препятствует движению транспортных средств через переезд. В горизонтальном (заградительном) положении брус шлагбаума располагается на высоте 1—1,25 м от поверхности дороги.

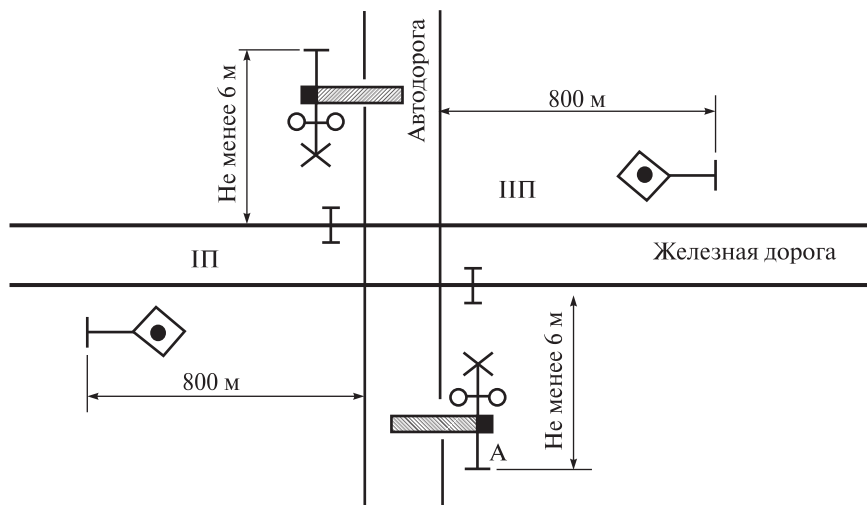


Рис. 3.3. Установка автоматических шлагбаумов

Брус шлагбаума перекрывает только половину проезжей части дороги, оставляя другую половину открытой для движения и не препятствуя освобождению переезда транспортными средствами встречного направления. Неперекрытая шлагбаумом проезжая часть дороги должна быть шириной не менее 3 м.

Для исключения движения через переезд в объезд заградительных брусьев шлагбаумов на проезжей части дороги должны применяться разделительные брусья или должна быть нанесена осевая линия, запрещающая выезд на левую сторону дороги. Осевая линия наносится белой краской на расстоянии не менее 20 м перед шлагбаумом.

В тех случаях, когда брус шлагбаума не может перекрыть полностью полосу дороги, предназначенную для движения транспортных средств одного направления, предусматривается островная установка дополнительных шлагбаумов, с помощью которых достигается полное ограждение переезда.

Заградительный брус для лучшей видимости окрашен красными и белыми полосами и, кроме того, снабжен тремя электрическими фонарями с красными огнями, направленными в сторону автомобильной дороги.

Фонари размещены у конца, в середине и в основании бруса. Концевой фонарь двусторонний. Белый его огонь, направленный в сторону железнодорожного пути, предотвращает в ночное время наезд транспортными средствами, выезжающими с переезда, на заградительный брус. Этот фонарь при горизонтальном положении бруса горит немигающим огнем. Остальные два горят мигающими огнями.

Брус шлагбаума при приближении к переезду поезда опускается не сразу после начала работы сигнализации, а по истечении некоторого времени (5—10 с), достаточного для проезда за шлагбаум экипажа, если в момент включения сигнализации он находился близко от шлагбаума и водитель мог не увидеть красных огней светофора.

При горизонтальном положении заградительного бруса продолжают гореть огни на переездном светофоре и брус, а электрический звонок выключается. После проследования переезда поездом брус шлагбаума поднимается в вертикальное положение, огни на

брусе и светофоре гаснут. Автоматические шлагбаумы в дополнение к устройствам, обеспечивающим их автоматическую работу при движении поезда, оборудуются приборами (в том числе кнопками) неавтоматического управления. Кнопки размещаются на щитке управления, место установки которого (обычно наружная стена здания переездного поста) выбирается так, чтобы дежурный по переезду, находясь у щитка, мог хорошо просматривать пути подхода поездов и транспортных средств.

На щитке управления шлагбаумом устанавливаются:

- кнопка закрытия шлагбаума, двухпозиционная, с фиксацией положения;
- кнопка открытия шлагбаума, двухпозиционная, без фиксации положения.

Кроме того, на щитке размещаются: кнопка включения заградительной сигнализации, двухпозиционная, с фиксацией положения, нормально опломбированная; лампочки, контролирующие появление поездов на подходах к переезду, с указанием направления движения поезда; лампочки, контролирующие исправность сигнальных ламп и электрических цепей заградительных светофоров.

Нажатием кнопки «Закрытие шлагбаума» дежурный по переезду, при необходимости, может включить переездную сигнализацию, работа которой в этом случае происходит так же, как и при подходе поезда к переезду. После нажатия кнопки загораются огни на переездных светофорах и заградительных брусьях и включается электрический звонок. Через 5—10 с начинают опускаться заградительные брусья. Когда они примут горизонтальное положение, выключится звонок. После возвращения (вытягивания) кнопки «Закрытие шлагбаума» в нормальное положение брусья шлагбаума поднимаются в вертикальное положение и красные огни светофоров на брусьях гаснут.

В случае повреждения системы автоматического управления (например, рельсовых цепей) шлагбаумы остаются в заграждающем положении. В этом случае при отсутствии поездов на подходе дежурный по переезду может пропустить автотранспорт через переезд. Для этого он должен нажать кнопку «Открытие шлагбаума». Брусья шлагбаумов поднимутся в вертикальное положение, погаснут красные огни на светофорах и брусьях. Кнопку «Откры-

тие шлагбаума» необходимо удерживать нажатой до тех пор, пока транспорт проследует шлагбаум. С отпусканием кнопки шлагбаумы возвращаются в заграждающее положение.

Автошлагбаумы выпускают с заградительным брусом длиной 4 или 6 м, вследствие чего они перекрывают, как правило, половину дороги, поэтому их часто называют полушлагбаумами. Перекрытие половины дороги, как это говорилось выше, позволяет транспортным средствам беспрепятственно выехать с переезда, если за время нахождения их на переезде приближающийся поезд вступил на участок приближения, включилась автоматическая сигнализация и опустили брусья шлагбаумов.

Ранее на железных дорогах применялись шлагбаумы, перекрывающие всю проезжую часть дороги. В настоящее время, согласно типовым проектным решениям, применяются в основном полушлагбаумы.

Однако полушлагбаумы имеют и определенный недостаток. Некоторые водители автотранспорта на малодейственных автомобильных дорогах, когда нет достаточного надзора за движением транспортных средств, пренебрегают опасностью и, объезжая заградительные брусья полушлагбаумов, выезжают на переезд.

На узких малодейственных дорогах (особенно полевых) автотранспорт движется, как правило, по середине дороги и отклоняется вправо только для пропуска встречного транспорта, при обгоне или объезде различных препятствий часто заезжает и на левую сторону дороги. Это создает психологические предпосылки и для объезда шлагбаума, перекрывающего половину дороги. Кроме того, на переездах двухпутных железных дорог при приближении двух встречных поездов к переезду, когда один поезд освободил переезд, а другой только вступил на участок извещения, неопытные водители автотранспорта продолжающую работать сигнализацию воспринимают как ее повреждение и выезжают на переезд.

Эти обстоятельства заставляют перекрывать такие автодороги на переездах шлагбаумами полностью. Перекрытие всей проезжей части дороги может осуществляться и полушлагбаумами, устанавливаемыми с правой и левой сторон дороги перед переездом. Для создания наиболее благоприятных условий выхода автотранспорта с переезда возможно при приближении поезда первыми закрывать шлагбаумы по входу, а затем по выходу автотранспорта с переезда.

Переездные светофоры и автоматические полушлагбаумы должны устанавливаться перед переездом на обочине с правой стороны (по движению автотранспорта) на расстоянии не менее 6 м от ближайшего рельса. При этом следует учитывать, что место установки сигнала должно обеспечивать хорошую видимость его со стороны автотранспорта, а не увеличивать длину переезда (расстояние между сигналами, ограждающими переезд с обеих сторон), так как с увеличением длины переезда увеличивается время его занятия транспортом и снижается его пропускная способность.

В отличие от переездных светофоров и полушлагбаумов шлагбаумы с брусом, перекрывающим всю дорогу, устанавливаются на расстоянии не менее 8,5 м от крайнего рельса, что позволяет экипажам, оказавшимся на переезде между закрытыми шлагбаумами, отъехать от железнодорожного пути на безопасное расстояние.

В этих случаях пропуск через переезд тракторов и автомашин с прицепами регулируется местными инструкциями, а для того, чтобы такие автопоезда не могли оказаться на переезде между закрытыми шлагбаумами, применяются дополнительные устройства для поддержания шлагбаумов в открытом состоянии.

Переездные сигналы и автошлагбаумы, ограждающие переезд, дополняют автодорожными знаками. Перед переездом без шлагбаумов должны устанавливаться два предупреждающих знака «Железнодорожный переезд без шлагбаума». Первый знак устанавливается на расстоянии 100—500 м, а второй — 150—300 м от крайнего рельса пересекаемого железнодорожного пути.

Перед переездами, оборудованными шлагбаумами, на тех же расстояниях устанавливаются два предупредительных знака «Железнодорожный переезд со шлагбаумом» (рис. 3.4). Если переезд оборудован автошлагбаумами, то, кроме указанных знаков, перед переездом на расстоянии 50 м от крайнего рельса должны устанавливать предупредительные знаки «Внимание! Автоматический шлагбаум».

Оповестительная сигнализация, автоматическая или неавтоматическая, не являясь средством ограждения переезда, служит для подачи дежурному по переезду звукового и светового сигналов о приближении поезда. При оповестительной сигнализации снаружи помещения дежурного по переезду устанавливают щиток сигнализации, на котором имеются: лампочки оповещения о приближении поезда (четного или нечетного); лампочки, контролирующие

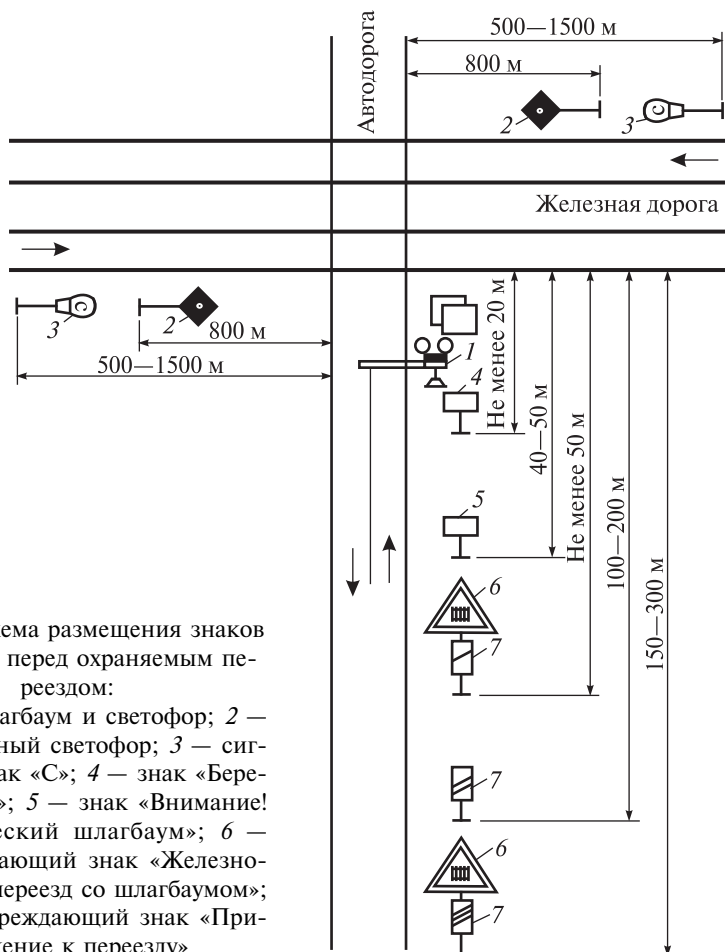


Рис. 3.4. Схема размещения знаков и табличек перед охраняемым переездом:

1 — автошлагбаум и светофор; 2 — заградительный светофор; 3 — сигнальный знак «С»; 4 — знак «Берегись поезда»; 5 — знак «Внимание! Автоматический шлагбаум»; 6 — предупреждающий знак «Железнодорожный переезд со шлагбаумом»; 7 — предупреждающий знак «Приближение к переезду»

исправность ламп и электрических цепей заградительных светофоров; электрический звонок, оповещающий о приближении поездов; кнопка выключения заградительной сигнализации, двухпозиционная, с фиксацией положения, нормально опломбированная. Кроме того, снаружи помещения дежурного по переезду устанавливают дополнительный электрический звонок, оповещающий о приближении поезда.

На переездах, оборудованных оповестительной сигнализацией, в качестве средств ограждения используются электрические или ме-

ханизированные шлагбаумы, управляемые дежурным по переезду. После получения сигнала о подходе поезда дежурный по переезду останавливает движение автотранспорта и закрывает шлагбаум.

Кнопкой «Выключение звонка» дежурный по переезду пользуется для выключения звонка при повреждении устройств оповещения, когда звонки непрерывно звонят при отсутствии поездов на подходах к переезду. Для выключения звонков дежурный по переезду делает запись в книге приема и сдачи дежурства и осмотра устройств, снимает пломбу и нажимает кнопку, звонки выключаются, а лампочки оповещения продолжают гореть.

Схема размещения знаков и табличек на охраняемом переезде представлена на рис. 3.4.

Электрические шлагбаумы подобны автоматическим шлагбаумам. Но в отличие от них имеют только ручное управление. Нормальное положение таких шлагбаумов закрытое. В отдельных случаях на переездах с особо интенсивным движением автотранспорта начальником отделения железной дороги может быть установлено открытое нормальное положение неавтоматических шлагбаумов.

Заградительная сигнализация применяется для подачи поезду сигнала остановки в случае аварийной ситуации на переезде. Заградительной сигнализацией оборудуются охраняемые переезды.

В качестве заградительных сигналов могут использоваться специально устанавливаемые заградительные светофоры, а также светофоры автоматической и полуавтоматической блокировки и станционные светофоры, если они удалены от переезда не более чем на 800 м и с места их установки виден переезд.

Специальные заградительные светофоры, как правило, мачтовые, имеют отличную от обычных светофоров форму, с нормально не горящими сигнальными (красными) огнями. Применять в качестве заградительных карликовые светофоры допускается только с разрешения ОАО «РЖД».

На однопутных участках заградительные сигналы устанавливают для поездов обоих направлений. При этом не рекомендуется использовать в качестве заградительных проходные светофоры автоблокировки, так как огни этих светофоров горят только при установленном направлении движения по перегону и не дают возможности оградить в случае необходимости переезд от поезда, движущегося в неустановленном направлении. На двухпутных участках

заградительные сигналы устанавливают, как правило, только для поездов, следующих в правильном направлении. И только на пригородных участках при размерах движения свыше 100 пар поездов в сутки и участках, оборудованных двусторонней путевой блокировкой, устанавливают заградительные сигналы для поездов, следующих по неправильному пути.

Автоблокировка на двухпутных участках допускает организацию двустороннего движения по одному перегонному пути при капитальном ремонте другого, поэтому при строительстве автоблокировки рекомендуется в схемах предусматривать возможность установки заградительных сигналов с обеих сторон по каждому пути.

Заградительные светофоры устанавливают с правой стороны по движению поезда на расстоянии не ближе 15 м и не далее 800 м от переезда. Место установки светофора выбирается так, чтобы обеспечивалась видимость от светофора на расстоянии не менее тормозного пути, необходимого для данного места при экстренном торможении и максимально реализуемой скорости. На участках без автоблокировки, если сигнал не виден на требуемом расстоянии, необходимо устанавливать, кроме основного, предупредительный светофор такого же типа. Сигнальные огни предупредительных светофоров, так же как и основных заградительных, нормально погашены. При включении заградительного сигнала на предупредительном к нему загорается желтый огонь.

С места установки заградительного светофора должен быть виден переезд. Соблюдение такого условия позволяет машинисту поезда, остановившегося перед запрещающим сигналом, видеть остановку на переезде и установить безопасную скорость дальнейшего следования поезда.

Красные огни заградительных светофоров включаются дежурным по переезду нажатием установленной на щитке кнопки «Включение заградительных» и выключаются при возвращении (вытягивании) кнопки в нормальное положение. При включении заградительных сигналов на щитке загораются контрольные лампочки, сигнализирующие об исправной работе заградительных светофоров. Если контрольная лампочка при включении заградительного сигнала не загорается, значит светофор неисправен и дежурный по переезду должен принять дополнительные меры для ограждения переезда со стороны неисправного светофора.

На участках, оборудованных автоблокировкой, при включении заградительной сигнализации перекрываются на запрещающее показание ближайшие к переезду сигналы автоблокировки и прекращается подача кодов АЛС в рельсовые цепи перед переездом.

Показание локомотивного сигнала при включении заградительной сигнализации зависит от места нахождения поезда. Если поезд в момент включения сигнализации находится уже на участке между проходным светофором и переездом, то на локомотивном сигнале вместо желтого или зеленого огня появится белый, а вместо красного огня с желтым — красный. Если поезд еще находится на участке перед проходным светофором, то на локомотивном сигнале будет гореть красный огонь с желтым. Смена сигнальных показаний на локомотивном светофоре обращает внимание машиниста на необходимость вести поезд с особой осторожностью и готовностью остановиться.

Тип переездной сигнализации выбирается в зависимости от категории переезда, скоростей и интенсивности движения поездов и транспортных средств. Интенсивность движения на переезде определяется в поезде-экипажах: произведении числа поездов на число транспортных средств, проходящих через переезд в сутки.

Согласно новой Инструкции по эксплуатации железнодорожных переездов категории переездов определяются по табл. 3.4.

Таблица 3.4

Категории переездов

Интенсивность движения по главному пути (суммарно в двух направлениях), поездов/сут	Интенсивность движения транспортных средств (суммарная в двух направлениях), авт/сут				
	До 200 включительно	201—1000	1001—3000	3001—7000	Более 7000
До 16 включительно, а также по всем станционным и подъездным путям	IV	IV	IV	III	II
17—100	IV	IV	III	I	I
101—200	IV	III	II	I	I
Более 200	III	II	II	I	I

К категории I относятся также переезды, расположенные на пересечении железных дорог, где осуществляется движение поездов

со скоростью более 140 км/ч независимо от интенсивности движения транспортных средств на автомобильной дороге.

Все остальные переезды (не охваченные табл. 3.4) относятся к IV категории.

Переезды делятся на регулируемые и нерегулируемые.

К *регулируемым* относятся переезды, оборудованные устройствами переездной сигнализации, извещающей водителей транспортных средств о подходе к переезду поезда (подвижного состава), или обслуживаемые дежурными работниками, а также другими работниками железной дороги, которым поручено осуществлять регулирование движения поездов (подвижного состава) и транспортных средств на переезде.

Указанные работники могут быть допущены к выполнению обязанностей дежурного по переезду в соответствии с порядком, установленным Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации.

К *нерегулируемым* относятся переезды, не оборудованные устройствами переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурными по переезду и другими работниками, которым поручено осуществлять регулирование движения поездов (подвижного состава) и транспортных средств на переезде.

Возможность безопасного проезда через такие переезды определяется водителем транспортного средства в соответствии с Правилами дорожного движения Российской Федерации.

Оборудование действующих переездов устройствами переездной сигнализации осуществляется железными дорогами в соответствии с годовыми и перспективными планами. Обслуживание переездов, оборудованных переездной сигнализацией, дежурным работником устанавливается только на следующих переездах:

- расположенных на участках с движением поездов со скоростью более 140 км/ч;
- расположенных на пересечениях главных путей с автомобильными дорогами, по которым осуществляется трамвайное или троллейбусное движение;
- I категории;
- II категории, расположенных на участках с интенсивностью движения более 16 поездов/сут и не оборудованных автоматической светофорной сигнализацией с бело-лунным мигающим сиг-

налом (огнем) и автоматическим контролем неисправности устройств переездной сигнализации у дежурного по станции (поездного диспетчера).

Обслуживание переездов, не оборудованных переездной сигнализацией, дежурным устанавливается только на следующих переездах:

- при пересечении автомобильной дорогой трех и более главных железнодорожных путей;

- если переезд II категории имеет неудовлетворительные условия видимости, а на участках с интенсивностью движения более 16 поездов/сут — независимо от условий видимости. В соответствии с ГОСТ Р 50597-93 на переездах без дежурного водителям транспортных средств, находящихся на удалении не более 50 м от ближнего рельса, должна быть обеспечена видимость приближающегося с любой стороны поезда в соответствии с нормами, указанными в табл. 3.5;

- если переезд III категории имеет неудовлетворительные условия видимости и расположен на участке с интенсивностью движения более 16 поездов/сут, а при расположении на участках с интенсивностью движения более 200 поездов/сут — независимо от условий видимости.

Обслуживание остальных переездов дежурным не обязательно. Не допускается на сети железных дорог общего пользования открывать вновь переезды:

- I, II и III категорий;
- на участках со скоростями движения поездов более 120 км/ч;
- IV категории при пересечении трех и более главных железнодорожных путей, при пересечениях путей в выемках и других местах, где не обеспечены условия видимости, приведенные в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Нормы обеспечения видимости поезда, приближающего к переезду

Максимальная скорость движения поезда, установленная на подходах к переезду, км/ч	121— 140	81— 120	41— 80	26— 40	25 и менее
Расстояние видимости, м, не менее	500	400	250	150	100

При проектировании вновь строящихся и реконструируемых автомобильных дорог общего пользования и подъездных дорог промышленных предприятий на переездах должна быть обеспечена

видимость, при которой водитель автомобиля, находящегося от переезда на расстоянии не менее расстояния видимости для остановки автомобиля (согласно СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги»), мог видеть приближающийся к переезду поезд не менее чем за 400 м, а машинист приближающегося поезда мог видеть середину переезда на расстоянии не менее 1000 м.

Условия оборудования переездов устройствами переездной сигнализации в зависимости от их категории приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Условия оборудования переездов устройствами сигнализации в зависимости от их категории

Наименование переезда	Тип переездной сигнализации	Тип заградительной сигнализации
Неохраняемый	Автоматическая светофорная	Заградительная сигнализация не устанавливается
Охраняемый	Оповестительная с неавтоматическими шлагбаумами (электрическими или механизированными)	Для ограждения переездов должны использоваться светофоры (входные, выходные, предупредительные, предвходные, маневровые, маршрутные), расположенные на расстоянии не более 800 м от переезда (при условии видимости переезда с места установки). При невозможности использования указанных светофоров устанавливаются специальные заградительные светофоры. Кроме того, предусматривается перекрытие входных и выходных светофоров на запрещающие показания
Охраняемый	Автоматическая светофорная с автоматическими шлагбаумами	Для ограждения переездов должны использоваться проходные светофоры автоблокировки, расположенные на расстоянии не более 800 м от переезда (при условии видимости переезда с места их установки). При невозможности использования светофоров автоблокировки устанавливаются специальные заградительные светофоры. Кроме того, предусматривается перекрытие ближайших к переезду светофоров автоблокировки на запрещающее показание

Из табл. 3.6 следует, что автоматическая сигнализация с пере-
ездными светофорами без автошлагбаумов применяется на неохран-
яемых переездах и с автошлагбаумами — на охраняемых переез-
дах. Использование автошлагбаумов на неохраняемых переездах для
усиления заградительных устройств и повышения этим безопасно-
сти движения поездов и автотранспорта не рекомендуется, так как
это приводит к обратным результатам. Шлагбаумы на неохраняе-
мых переездах чаще ломаются автотранспортом и длительное вре-
мя остаются в бездействии. Недисциплинированные водители мо-
гут считать путь свободным и выехать на переезд даже при крас-
ных мигающих огнях светофора.

На охраняемых переездах дисциплина движения автотранспорта
и соответственно уровень безопасности значительно выше. Кроме
того, при проезде автомобиля через переезд в момент включения
сигнализации дежурный по переезду имеет возможность задержать
опускание шлагбаума, нажав на щитке управления кнопку «Под-
держание». В этом случае шлагбаум остается в вертикальном по-
ложении до отпущения кнопки. Необходимость задержать опуска-
ние шлагбаума нажатием кнопки может выявиться во многих слу-
чаях. Это в первую очередь относится к предусмотренному Прави-
лами дорожного движения пропуску через переезд (с разрешения
начальника дистанции пути):

- транспортных средств и других самоходных машин и механиз-
мов, ширина которых более 5 м или высота от поверхности доро-
ги более 4,5 м (с грузом или без груза); автопоездов, длина кото-
рых превышает с одним прицепом (полуприцепом) 20 м, а с дву-
мя и более прицепами — 24 м;

- специальных транспортных средств, перевозящих особо тяже-
лые грузы (крупное оборудование, мостовые фермы и т.п.);

- тихоходных машин и механизмов (катков и т.п.), скорость
движения которых менее 5 км/ч, а также транспортных саней-во-
локуш.

В этих случаях движение транспортных средств производится
под наблюдением дорожного мастера или бригадира пути, а на элек-
трифицированных участках при высоте перевозимого груза *более*
4,5 м — и в присутствии представителя участка энергоснабжения.

Для наблюдения за движением по переезду транспортных средств
переезды оборудуются электрическим освещением.

Электрическое освещение должны иметь все переезды I и II категорий, а также переезды III и IV категорий, расположенные на участках, оборудованных продольными линиями электроснабжения, автоблокировкой, или имеющие вблизи другие постоянные источники электроснабжения. В необходимых случаях переезды оборудуются прожекторными установками.

Переезды, обслуживаемые дежурным персоналом, должны иметь прямую телефонную связь с ближайшей станцией или постом, а на участках, оборудованных диспетчерской централизацией, — с поездным диспетчером. Вместо проводной может применяться радиосвязь.

Автоматическая переездная сигнализация появилась на наших железных дорогах одновременно с автоблокировкой. Ее устройство рассматривалось как обязательное и сравнительно недорогое дополнение к автоблокировке, повышающее безопасность движения поездов и автотранспорта в зоне переезда при одновременном сокращении штата дежурных на малодеятельных переездах. Такое положение существует и в настоящее время. В связи с этим при строительстве автоблокировки или диспетчерской централизации все существующие на участке переезды оборудуются тем или иным комплексом устройств автоматической переездной сигнализации (согласно табл. 3.6).

На станциях, а иногда и на перегонах бывает по несколько (2—3) переездов, расположенных на небольшом (в пределах 1—2 км) расстоянии друг от друга. В таких случаях устройство переездной сигнализации осложняется, так как на станциях приходится учитывать движение поездов по многим приемоотправочным путям, маневровую работу и др. На перегонах электрические схемы близко расположенных друг от друга переездов взаимно переплетаются, что вносит немалые осложнения. При такой ситуации бывает целесообразнее закрыть малодеятельные переезды, оставить один переезд, но оборудовать его более совершенной сигнализацией или даже осуществить развязку в разных уровнях. В настоящее время один переезд приходится на 4 км эксплуатационной длины железных дорог. На обслуживании переездов занято около 50 000 человек — дежурных. Это заставляет стремиться к сокращению числа переездов, замене их пересечениями железных и автомобильных дорог в разных уровнях.

Основные требования к пересечениям железных дорог другими железными дорогами, трамвайными путями, троллейбусными линиями, автомобильными дорогами и городскими улицами определены строительными нормами и правилами (СНиП), а также инструкцией, утвержденной ОАО «РЖД».

Открытие на действующих переездах трамвайного и троллейбусного движения не допускается. Открытие на действующих переездах автобусного движения допускается, как исключение, в каждом отдельном случае с разрешения начальника дороги.

Действующими нормами предусматривается проектирование пересечений новых железнодорожных линий и подъездных путей с улицами общегородского значения и скоростными автомобильными дорогами, а также с автомобильными дорогами I—II и III категорий в разных уровнях.

Технические требования к устройству переездной сигнализации. Автоматическая светофорная сигнализация (без автошлагбаумов или с автошлагбаумами) должна запрещать въезд транспортным средствам на переезд при вступлении поезда на участок приближения.

Расчетная длина участка приближения определяется применительно к местным условиям, типу переездной сигнализации и максимальной скорости движения поездов. При изменении скорости движения поездов длину участков приближения к переездам нужно пересчитывать.

Для автоматического включения переездной сигнализации необходимо применять только рельсовые цепи, обеспечивающие достаточно надежный и непрерывный контроль состояния участков приближения.

Сигнализация должна выключаться сразу же после освобождения поездом переезда, поэтому включающая сигнализацию рельсовая цепь должна оканчиваться непосредственно у переезда. На участках с автоблокировкой для исключения коротких рельсовых цепей, ухудшающих работу автоматической локомотивной сигнализации, допускается для выключения переездной сигнализации использовать изолирующие стыки в рельсовых цепях у сигнальных установок при условии, что они расположены не далее 150 м за переездом и не далее 40 м перед переездом по ходу поезда. В последнем случае в схеме сигнализации рекомендуется предусмат-

ривать задержку открытия переезда, компенсирующую время движения поезда от изолирующих стыков до переезда.

На станциях разбивку стрелочных и путевых участков на изолированные секции нужно производить с учетом возможности использования станционных рельсовых цепей для управления переездной сигнализацией.

Время от начала действия переездной сигнализации до вступления поезда на переезд t_c должно обеспечивать полное освобождение переезда транспортными средствами, вступившими на переезд в момент включения переездной сигнализации и не воспринявшими запрещающее показание переездного светофора, с учетом гарантийного запаса времени $t_r = 10$ с. Необходимое время извещения равно:

$$t_c = t_1 + t_2 + t_r,$$

где t_1 — время проследования переезда транспортным средством, вступившим за переездный сигнал в момент включения переездной сигнализации, с;

$t_2 = 4$ с — время срабатывания приборов цепей извещения и управления сигнализацией.

Время t_1 проследования переезда автотранспортом с учетом требований Правил дорожного движения и Инструкции определяется по формуле

$$t_1 = (l_{\text{п}} + l_{\text{м}} + l_0) / v_{\text{м}},$$

где $l_{\text{п}}$ — длина переезда, м;

$l_{\text{м}} = 24$ м — расчетная длина автомобиля;

$l_0 = 5$ м — расстояние от места остановки автомобиля до переездного сигнала;

$v_{\text{м}} = 1,4$ м/с, или 5 км/ч — расчетная скорость движения автомобиля через переезд.

Длина участка приближения (в метрах) будет равна:

$$L = 0,28 v_{\text{п}} t_c = 0,28 v_{\text{п}} (t_1 + t_2 + t_r),$$

где $v_{\text{п}}$ — максимальная скорость движения поездов, установленная на данном участке, км/ч;

0,28 — коэффициент перевода скорости из км/ч в м/с.

При светофорной сигнализации без автошлагбаумов или с полушлагбаумами за длину переезда принимается расстояние от переездного светофора (или полушлагбаума), наиболее удаленного от крайнего рельса, до противоположного крайнего рельса плюс 2,5 м (2,5 м — расстояние, необходимое для безопасной остановки ав-

томобиля после проследования переезда). Длина участка приближения при этом равна:

$$L = 0,28v_{\Pi}(l_{\Pi} + 24 + 5)/(1,4 + 4 + 10) \approx 0,28v_{\Pi}(0,72l_{\Pi} + 35).$$

Если автоматические шлагбаумы перекрывают полностью проезжую часть дороги, длина переезда определяется расстоянием между шлагбаумами. Закрытие шлагбаумов должно начинаться после освобождения транспортными средствами переезда по всей его длине и прохода ими за второй (выходной) шлагбаум, на что требуется дополнительное время (10 с). Для этого случая принимается:

$$L = 0,28v_{\Pi}(0,72l_{\Pi} + 45).$$

Расчетные длины участков приближения приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Расчетные длины участков приближения для светофорной сигнализации и автоматических полушлагбаумов

Длина переезда, м	Время извещения, с	Расчетная длина участка приближения, м, при скорости движения поезда, км/ч						
		40	60	70	80	90	100	120
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10,0	42	467	700	817	933	1050	1167	1400
11,5	43	478	717	836	956	1075	1194	1433
13,0	44	489	733	856	978	1100	1222	1467
14,5	45	500	750	875	1000	1125	1250	1500
16,0	46	511	766	894	1022	1150	1278	1533
17,0	47	522	783	914	1044	1175	1306	1567
18,5	48	533	800	933	1066	1200	1333	1600
20,0	49	544	816	952	1089	1225	1361	1633
21,5	50	556	833	972	1111	1250	1389	1667
23,0	51	567	850	991	1133	1275	1417	1700
24,0	52	578	866	1011	1156	1300	1444	1733
25,5	53	589	893	1030	1178	1325	1472	1767
27,0	54	600	900	1050	1200	1350	1500	1800
28,5	55	611	916	1069	1222	1375	1528	1833
30,0	56	622	933	1089	1244	1400	1555	1867
31,0	57	633	950	1108	1267	1425	1583	1900
32,5	58	644	966	1127	1289	1450	1611	1933
34,0	59	655	983	1147	1311	1475	1639	1967

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35,5	60	667	1000	1166	1333	1500	1666	2000
37,0	61	678	1016	1186	1356	1525	1694	2033
38,0	62	689	1033	1205	1378	1550	1722	2067
39,5	63	700	1050	1225	1400	1575	1750	2100
41,0	64	711	1066	1244	1422	1600	1777	2133
42,5	65	722	1083	1264	1444	1625	1805	2167
44,0	66	733	1100	1283	1467	1650	1833	2200

При оповестительной сигнализации с электрическими, механическими шлагбаумами или полушлагбаумами необходимое время извещения нужно увеличивать на время восприятия оповещения дежурным по переезду. Это время в расчетах принимается за 10 с. Тогда:

при шлагбаумах $L = 0,28v_{\text{п}}(0,72l_{\text{п}} + 45)$;

при полушлагбаумах $L = 0,28v_{\text{п}}(0,72l_{\text{п}} + 55)$.

В расчете длины участков приближения можно пользоваться справочными таблицами, в которых выведена зависимость длины участка приближения от ширины переезда и расчетной скорости движения поезда. В табл. 3.8 приведены расчетные длины участков приближения для переездов с оповестительной сигнализацией и электрическими полушлагбаумами.

Таблица 3.8

Расчетные длины участков приближения для переездов с оповестительной сигнализацией и электрическими полушлагбаумами

Длина переезда, м	Время извещения, с	Расчетная длина участка приближения, м, при скорости движения поезда, км/ч				
		40	60	70	80	120
1	2	3	4	5	6	7
10,0	52	578	866	1011	1156	1733
11,5	53	589	883	1020	1178	1767
13,0	54	600	900	1050	1200	1800
14,5	55	611	916	1069	1222	1833
16,0	56	622	933	1089	1244	1867
17,0	57	633	950	1108	1267	1900
18,5	58	644	956	1127	1289	1933
20,0	59	655	983	1147	1311	1967

1	2	3	4	5	6	7
21,5	60	667	1000	1166	1333	2000
23,0	61	678	1016	1185	1356	2033
24,0	62	689	1033	1205	1378	2067
25,5	63	700	1050	1225	1400	2100
27,0	64	711	1066	1244	1422	2133
28,5	65	722	1083	1269	1444	2167
30,0	66	733	1100	1283	1467	2200
31,0	67	744	1116	1302	1489	2233
32,5	68	755	1133	1322	1511	2367
34,0	69	767	1150	1342	1533	2300
35,5	70	778	1166	1361	1556	2333
37,0	71	789	1183	1381	1578	2367
39,5	72	811	1216	1419	1622	2433
41,0	73	822	1230	1439	1632	2467
42,5	74	833	1250	1458	1644	2500

На сети дорог принято минимально допустимое время извещения:

- при автоматической светофорной сигнализации без шлагбаумов и с полушлагбаумами $t_{\min} = 40$ с;

- при автошлагбаумах, перекрывающих полностью проезжую часть дороги, а также при оповестительной сигнализации $t_{\min} = 50$ с.

Фактическое время извещения должно быть больше или равно расчетному времени, но при всех условиях не меньше минимально допустимого.

Эксплуатационные требования к схемам переездной сигнализации.

Схемы переездной сигнализации должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к исполнительным схемам устройств СЦБ, и строиться на базе использования реле I класса надежности.

Цепи с воздушными или кабельными соединениями должны быть двухпроводными, иметь двухполюсную коммутацию и защиту от влияния линий электропередач и грозových разрядов.

Повреждения отдельных приборов или соединительных проводов схемы не должны вызывать опасных для движения поездов и безрельсового транспорта положений. Следует стремиться к тому, чтобы каждое повреждение, нарушающее нормальную работу уст-

ройств, вызывало включение переездной сигнализации. Кроме того, нужно учитывать возможность одновременного появления двух повреждений, если одно из них не контролируется и не проявляется в нормальной работе. Для включения сигнализации применяют рельсовые цепи, схемы которых должны соответствовать утвержденным нормам.

На участках, оборудованных автоблокировкой, схемы переездной сигнализации должны обеспечивать:

- нормальную работу устройств автоблокировки и автоматической локомотивной сигнализации;
- на участках с двусторонним движением — включение сигнализации при подходе поезда независимо от установленного направления движения;
- на участках со специализированными и под определенное направление движения путями — включение сигнализации при подходе поезда, следующего в установленном направлении;
- включение красного сигнала на проходном светофоре, ограждающем блок-участок с переездом, при включении заградительной сигнализации и прекращение подачи кодов автоматической локомотивной сигнализации в рельсовую цепь перед переездом со стороны движения поезда;
- передачу по системе диспетчерского контроля с переезда на ближайшую станцию извещения об исправности ламп переездных светофоров, о наличии питания переменным током по основному и резервному фидерам, а также контроль положения переездной сигнализации (переезд открыт для движения транспортных средств или закрыт).

При автоблокировке с рельсовыми цепями переменного тока питание аппаратуры автоблокировки, размещаемой на переезде, осуществляется от отдельных выпрямителей; использование аккумуляторной батареи переездной сигнализации для питания приборов автоблокировки не допускается.

Схемы включения переездных светофоров, управления автошлагбаумом и контроля его положения должны быть двухпроводными с двухполюсным размыканием. Схемы включения переездных светофоров должны обеспечивать горение как минимум одной лампы на каждом светофоре в случае повреждения приборов, создающих мигающий режим работы огней светофоров.

Переездная сигнализация должна включаться, как правило, при занятии поездом расчетного участка приближения. На участках с автоблокировкой во избежание устройства дополнительных рельсовых цепей допускается участок приближения к переезду брать больше расчетного, предусматривая при этом схему задержки времени включения сигнализации, компенсирующего избыточную длину участка приближения. За расчетное время следует принимать максимально возможное время задержки при наибольших допусках по напряжению питания и параметрам примененной аппаратуры. Это время должно быть меньше или равно времени, необходимому для компенсации избыточной длины участка приближения.

Схемы переездной сигнализации не должны допускать выключения сигнализации в случае кратковременной (до 3 с) потери шунта при движении поезда и включения сигнализации от кратковременного (до 3 с) ложного извещения о подходе поезда.

На щитке переездной сигнализации (при оповестительной сигнализации) должно указываться направление движения приближающегося поезда, а для переездов, пересекающих приемо-отправочные пути, также предусматриваться отдельный контроль занятия каждого приемо-отправочного пути. Схемы оповестительной сигнализации должны давать возможность выключения акустического сигнала о подходе поезда с обязательным его включением при приближении к переезду следующего поезда.

На щитке управления переездной сигнализацией должны контролироваться исправность и фактическое горение ламп заградительных светофоров.

При использовании в схемах временных параметров необходимое расчетное время срабатывания прибора следует принимать с коэффициентом 1,5 (при номинальном напряжении источника питания и условии, что прибор находился под током не менее 3 с). В отдельных случаях соответствие получающегося замедления условий работы схемы проверяется опытным путем.

Рабочее напряжение всех конденсаторов и полупроводниковых приборов должно быть не менее чем на 20 % выше максимально возможного напряжения в схеме. При этом в цепях переменного тока следует учитывать амплитудное значение подводимого напряжения. Номинальная мощность применяемых резисторов должна быть на 20 % выше максимально возможной мощности, выделяе-

мой на них при работе. Максимальный ток не должен превышать допустимую нагрузку на контакты, используемые в схеме.

Питание ламп переездных светофоров и шлагбаумов, как правило, следует осуществлять по смешанной системе: при наличии напряжения в сети переменного тока — от трансформатора, а при его отсутствии — от аккумуляторных батарей.

По назначению схемы переездной сигнализации подразделяются на следующие: автоматической переездной светофорной сигнализации, автоматических шлагбаумов, оповестительной сигнализации с электрическими или механическими шлагбаумами. Каждый тип электрических схем имеет несколько разновидностей, обусловленных зависимостью устройств переездной сигнализации от систем и средств регулирования движения поезда на участке и устройств СЦБ на станции, а также от взаимного расположения переезда и сигнальных приборов СЦБ.

Поскольку схемы увязки переездной сигнализации с действующими устройствами СЦБ для переездов, расположенных на перегоне, значительно отличаются от схем увязки со станционными устройствами, типизация схем выполнена отдельно для перегонных и станционных переездов. При этом к станционным переездам отнесены переезды, не только расположенные в пределах станций, но и находящиеся на участках приближения к станциям, когда в участок приближения входят станционные пути, стрелочные участки и т.п. В таких случаях схемы строят с учетом особенностей станционных устройств СЦБ.

Типизацией предусматривается, кроме того, деление схем на отдельные виды в зависимости от характера (однопутный, двухпутный) и системы автоблокировки (проводная постоянного тока, кодовая переменного тока частотой 50 или 25 Гц).

Схемы переездной сигнализации состоят их схем включения светофоров, звонков и автошлагбаумов, зависящих только от типа переездной сигнализации (светофорная сигнализация, авто- или электрошлагбаумы), а также схем управления переездной сигнализацией, зависящих от вида устройств автоматики на участке и места расположения переезда. Схемы управления переездной сигнализацией должны, как правило, обеспечивать автоматическую работу сигнализации в зависимости от подхода поездов к переезду. В строящихся устройствах переездной сигнализации в основ-

ном используются малогабаритные штепсельные реле. И лишь при отсутствии реле с требуемыми характеристиками в малогабаритном исполнении применяют реле других видов.

Для создания условий промышленного изготовления и монтажа релейных шкафов, а также сокращения объема проектных работ и улучшения условий эксплуатации устройств переездной сигнализации электрические схемы (принципиальные и монтажные) типизированы. Условные буквенные обозначения приборов, проводов приняты в типовых схемах без индексов четного и нечетного направлений, что позволяет для этих направлений применять одни и те же схемы. Типовые, принципиальные и монтажные схемы имеются для всех возможных случаев расположения переездных устройств по отношению к перегонным сигнальным установкам автоблокировки типовых систем на однопутных и двухпутных перегонах. Тип переездных установок определяется:

- объемом устройств сигнализации — без автошлагбаумов (ПС) и с автошлагбаумами (ПШ);
- числом и направлением участков извещения (ПА1Б2, в направлении А — один участок, а направлении Б — два участка);
- совмещением переездных устройств с сигналами автоблокировки — проектируется индивидуально на основе типовых схем.

Для каждой переездной установки техническая документация состоит из следующих типовых схем:

- управления устройствами переездной сигнализации (типов ПА1Б, ПА1Б2 и т.д.). Эти схемы являются общими для устройств без автошлагбаумов и с автошлагбаумами;
- включения светофорной сигнализации без автошлагбаумов (тип С);
- включения сигнализации и автошлагбаумов (тип Ш);
- включения щитка управления автошлагбаумами (тип Ш).

Схемы включения рельсовых цепей без автошлагбаумов и с автошлагбаумами ввиду большого разнообразия проектируются индивидуально на основе типовых решений.

Перспективные системы автоматической переездной сигнализации на железных дорогах. Статистика последних лет аварий на железнодорожных переездах страны свидетельствует о том, что существенного уменьшения их числа не происходит. С одной стороны, это объясняется относительно большим количеством переездов (на же-

лезных дорогах Российской Федерации их около 20 000), а с другой — снижением водительской дисциплины.

Кардинальным решением проблемы снижения аварийности на переездах является организация развязок в разных уровнях. Однако такой путь решения может быть реализован лишь в течение 30—40 ближайших лет и, кроме того, требует существенных капитальных вложений. Интерес представляет другой, менее капиталоемкий, путь решения данной задачи.

Анализ применяемых в настоящее время технологий и технических средств, призванных обеспечивать безопасность движения на переездах, позволяет сделать вывод, что комплексы технических средств железнодорожной автоматики и основные принципы, заложенные в схемные решения, разработаны более четырех с половиной десятилетий назад и обладают существенными недостатками. Главными из них, как для переездов с дежурным работником (охраняемых), так и без дежурного (неохраняемых) являются ограниченность числа пользователей существующей информационной среды автоматической переездной сигнализации (АПС), а именно, исключение из их числа локомотивных бригад и локомотивов, и наличие «человеческого фактора». Важнейшим аспектом данной проблемы является отсутствие источника и пользователей такой информацией, как фактическое состояние технических средств переездной автоматики в момент нахождения поезда на участке приближения к переезду. Другими словами: машинист приближающегося к переезду поезда не знает, например, включилась ли оповестительная сигнализация, закрылись ли автошлагбаумы на переезде с дежурным работником, а при наличии УЗП, — поднялись ли все крышки-барьеры. Наличие подобной информации для машиниста позволило бы ему вести поезд со скоростью, соответствующей сложившейся обстановке на переезде.

При этом если на переездах с дежурным работником в случае возникновения препятствия на переезде существует какая-то вероятность его своевременного обнаружения и предотвращения наезда, то на переездах без дежурного работника она ничтожна мала.

Даже неглубокий анализ существующих организационно-технических мероприятий для второго участника движения — автотранспорта позволяет с уверенностью сказать, что для водителей автотранспорта возможности увеличения информированности, а следовательно, предотвращения ДТП на переездах, далеко не исчерпаны.

Наибольший эффект при решении задач по повышению безопасности движения может быть достигнут разработкой и внедрением консолидированного комплекса мероприятий для всех участников движения на переездах.

Суть комплексного подхода заключается в разработке и внедрении организационно-технических решений, направленных на повышение безопасности движения на переездах, как для железнодорожного транспорта, так и для автомобильного.

Внедрение и реализация названных предложений позволят повысить безопасность движения и надежность работы устройств переездной сигнализации, а также создадут условия для снятия охраны на переездах. Но это не значит, что всеми перечисленными техническими средствами нужно оборудовать каждый переезд. Нужен взвешенный подход в каждом конкретном случае. Поэтому предлагается разработать концепцию создания комплексной системы и программу ее реализации.

Проблемы существующих систем автоматической переездной сигнализации (АПС) заключаются в следующем.

1. Преждевременное закрытие переездов из-за жесткой установки момента закрытия переезда по точке нахождения приближающегося поезда. При этом не учитывается реальная скорость движения поезда. Это особенно актуально в следующих двух случаях:

- при одновременном наличии на участках категорий поездов с разными скоростями движения (скоростных, пассажирских, пригородных и грузовых);

- при наличии маневровых передвижений на переезде. Скорость маневрового состава может быть очень незначительна, он может остановиться или даже, так и не вступив на переезд, поехать в противоположную сторону.

2. Отсутствие контроля за реальным освобождением переезда автотранспортом после закрытия переезда.

В зависимости от типа АПС необходим либо контроль постоянный, в том числе и при открытом переезде, либо контроль только после закрытия.

3. Отсутствие автоматизации обработки аварийных ситуаций на переезде.

Поскольку число разнообразных аварийных ситуаций на переезде велико, то процесс контроля отсутствия аварийных ситуаций в автоматическом режиме затруднен. Комплексный подход вклю-

чает: максимальную автоматизацию в сочетании с подключением к принятию решений дежурных по станциям и машиниста. На наиболее ответственных переездах сохраняется постоянное дежурство работников.

4. Отсутствие полной телеметрической диагностики аппаратуры АПС.

Введение диагностики необходимо по двум основным причинам: для снижения затрат на эксплуатацию АПС путем максимального исключения периодического регламентного обслуживания устройств и для повышения безопасности движения, так как отказ аппаратуры АПС во время приближения поезда резко увеличивает риск возникновения аварии.

К основным направлениям развития систем АПС можно отнести следующие:

- переход на микроконтроллерную элементную базу в устройствах управления;
- блочно-модульный принцип построения как устройств управления, так и всей аппаратуры АПС;
- включение системы АПС в комплекс многоуровневой системы обеспечения безопасности движения;
- создание интеллектуальных систем диагностики технических средств АПС и включение их в телеметрические системы;
- применение как автоматизированных, так и телеметрических средств контроля состояния переезда.

В настоящее время в рамках разработки многоуровневой системы обеспечения безопасности движения проводится разработка микропроцессорной системы АПС, которая позволит решить многие из поставленных выше задач.

Глава 4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

4.1. Автоматизированная система обнаружения вагонов с отрицательной (неудовлетворительной) динамикой (АСООД)

Система АСООД ориентирована на выявление повышенных колебаний кузовов вагонов на подходе состава к станции при скорости движения 60—80 км/ч.

Обнаруживаемая частота колебаний кузова: минимальная — 0,5 Гц, максимальная — 12 Гц.

Амплитуда горизонтальных поперечных колебаний — более 200 мм.

Срок хранения видеоинформации в цифровом регистраторе — 48 ч.

Объем базы данных на вагоны — 10 млн вагонов.

Интервал рабочих температур для датчиков — от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Максимальное расстояние между блоком датчиков и пунктом первичной обработки информации — 100 м.

Средства контроля автоматизированной системы обнаружения отрицательной динамики включают в себя перегонное и станционное оборудование, связанное между собой кабельными или оптическими линиями связи.

Перегонное оборудование в свою очередь подразделяется на наружное и постовое. В состав *наружного* оборудования АСООД, установленного на опоре, входят:

- комплект микроволновых датчиков движения;
- видеокамера контроля колебаний кузова;
- блоки лазерных маркеров;
- видеокамера обзора и запуска системы;
- видеокамера обзора и выключения системы.

Видеокамеры и датчики монтируются в термостатических боксах, обеспечивающих стабильную работу устройств при температуре окружающего воздуха от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Первичная обработка информации, поступающей от датчиков и видеокамер, производится на перегонном постовом оборудовании.

Хранение информации, поступающей от пункта первичной обработки, производится на сервере базы данных, совмещенном с АРМом оператора ПТО.

Видеокамеры включения и выключения черно-белого изображения, предназначенные для обзора, монтируются в термокожухе, их питание осуществляется от источника питания напряжением 12 В. Видеокамеры оснащены объективами с автоматической регулировкой диафрагмы в зависимости от уровня освещенности.

Видеокамеры запуска и остановки системы смонтированы на верхней площадке системы «САКМА», в термостатированном боксе. Управление обзора выбрано таким образом, чтобы локомотив, находящийся на расстоянии 200 м от видеокамеры, был в центре экрана.

Для контроля колебаний кузова вагона используется видеокамера цветного изображения с чувствительностью 1,0 люкс, которая смонтирована в термостатированном боксе.

Лазерный маркер представляет собой полупроводниковый лазер второго класса с объективом, помещенным в минитермобокс. Лазерные маркеры располагаются с двух сторон от видеокамеры, расхождение лучей от лазерных маркеров не должно превышать 1 см.

Микроволновой датчик движения представляет собой комплекс, состоящий из передатчика импульсного высокочастотного сигнала малой мощности и приемника, настроенного на заданную частоту передачи.

Направление зоны контроля выбирается под углом $25\text{--}30^{\circ}$ к железнодорожному полотну.

Цифровой регистратор представляет собой специализированный компьютер для ввода, хранения и передачи по компьютерной локальной сети видеоизображений.

Цифровой регистратор позволяет обращаться к данным, хранящимся в цифровом формате, с удаленного компьютера по локальной сети.

Блок коммутации видеосигналов имеет 4 входа и 1 выход видеосигнала с управлением от внешнего устройства или с клавиатуры и позволяет осуществлять следующие виды коммутации:

- включить одну из четырех видеокамер;
- коммутировать на выходе сигналы поочередно через заданный интервал от всех четырех видеокамер;
- включить одновременную трансляцию четырех видеокамер (при этом формат изображения состоит из кадра, поделенного на 4 зоны).

С выхода блока коммутации сигнал от четырех видеокамер в одном кадре поступает на цифровой регистратор, а от камеры контроля колебаний через видеокарту ввода — в системный блок ПК.

Видеокамера контроля колебаний кузова и лазерные маркеры монтируются на поперечном ригеле из перфощвеллера между опорами системы «САКМА» вдоль железнодорожного полотна. Крепление перфощвеллера производится в месте соединения хомута, обхватывающего опору. Высота установки ригеля 2,8 м от уровня подошвы рельса железнодорожного полотна. Видеокамера устанавливается по центру ригеля и должна быть направлена перпендикулярно к плоскости борта вагона.

Сигналы от видеокамер по высокочастотному кабелю поступают на пункт первичной обработки информации в помещение перегонного диагностического пункта.

Порядок работы системы АСООД заключается в следующем.

В исходном состоянии система находится в режиме ожидания и с периодом 5 мин производит тестирование составных элементов установки. При обнаружении детектором движения через видеокамеру, расположенную на ригеле и направленную навстречу поезду (в ночное время его прожектора), производится предварительный запуск системы. При этом включаются лазерные маркеры, активизируется датчик движения. Когда расстояние до локомотива составит 3—5 м, датчик движения через блок запуска подает команду на ПК для начала обработки и регистрируется время захода поезда. Компьютер комплекса под управлением программы записи производит регистрацию каждого кадра и измеряет расстояние до борта кузова вагона. Запись информации об измерениях записывается в файл на жесткий диск ПК. Через 5 с после про-

хождения последнего вагона состава выключается детектор тревоги, записывается в ПК время ухода поезда с поста контроля. Подтверждение этого фиксируется видеокамерой выключения системы, на этом запись информации прекращается.

По окончании прохода поезда производится анализ измерений, записанных в файл. Алгоритм программы позволяет произвести обработку данных таким образом, чтобы неровности борта вагона (узлы крепления, ребра жесткости, раздвижные двери, выступающие конструкции) не влияли на измерения параметров.

Программой фиксируются данные по каждому вагону и представляются в следующем виде: номер перегона; порядковый номер поезда с начала суток; число вагонов в поезде; время захода поезда; время ухода поезда; порядковый номер вагона; амплитуда колебаний вагона; среднеквадратичное отклонение; параметры оборудования (результаты тестирования); уровень тревоги.

Получаемая диаграмма колебаний вагона представлена на рис. 4.1.

Сервер, получив данные и записав их в базу, формирует сообщение на АРМ оператора ПТО. В процессе формирования производится анализ данных и в соответствии с условиями и границами допусков, введенными при настройке комплекса, записывает в базу данных уровень тревоги. Значения уровней тревоги формируются следующим образом:

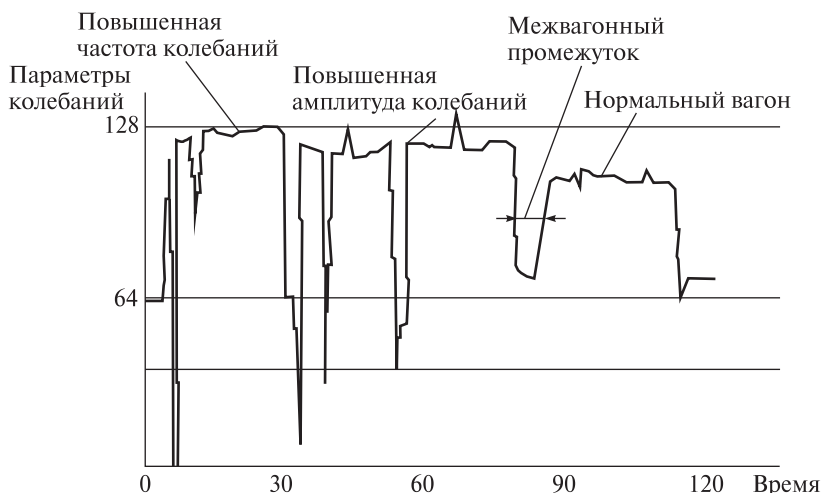


Рис. 4.1. Диаграмма колебаний вагонов

- 0 — нет тревоги, канал связи в норме;
- 1 — уровень колебаний выше границ допуска, среднеквадратичное отклонение в пределах нормы, необходим внимательный осмотр вагона;
- 2 — амплитуда колебаний в пределах нормы, повышенная вибрация кузова вагона, вагон неисправен;
- 3 — колебания кузова выше границ допуска, повышенная вибрация кузова вагона, требуется ремонт;
- 4 — неисправность оборудования диагностики — причина в графе «уровень тревоги» по таблице ошибок программного обеспечения.

Сформированный в таком формате блок через сервер АСУ-ОЦ поступает на АРМ оператора ПТО. Все сигналы от датчиков блока коммутации, цифрового регистратора поступают на блок управления запуском системы.

4.2. Система автоматического контроля механизма автосцепных устройств грузовых вагонов (САКМА)

Во время эксплуатации корпус и механизм автосцепки изнашиваются и повреждаются (рис. 4.2).

Трещины 1 в углах зева корпуса, в углах окон для замка и замкодержателя 7 и 8 образуются среди прочих причин и в результате существенного влияния концентрации напряжений в зонах перехода от одной поверхности к другой.

В контуре зацепления интенсивно изнашиваются тяговые и ударные поверхности малого и большого зубьев 2 и ударная поверхность зева корпуса.

Основной причиной неравномерности износа контура зацепления является провисание автосцепок. Кроме износа, провисание автосцепок увеличивает эксцентриситет сил, действующих на ав-

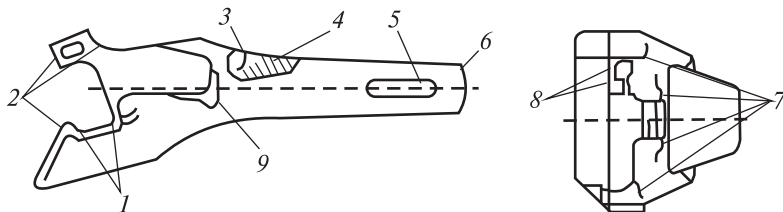


Рис. 4.2. Износы и повреждения корпуса автосцепки

тосцепку, что вызывает местные перенапряжения и появление трещин на ударной стенке зева корпуса, а также в зоне перехода от головы к хвостовику.

Износ поверхности упора 9 возникает от взаимодействия с выступающей частью розетки.

Износы 4 поверхностей корпуса автосцепки в зоне перехода от головы к хвостовику образуются от взаимодействия с поверхностями окон в розетке и вертикальном листе концевой балки рамы. Это взаимодействие происходит в случае отклонения оси корпуса автосцепки в вертикальной или горизонтальной плоскостях.

При достижении определенной величины износа прочность стенок становится недостаточной, возможны появление изгиба хвостовика в горизонтальной плоскости и образование трещин 3. От продольных сжимающих и растягивающих сил возникают износы и трещины по поверхности 5 и 6.

Аналогично происходит процесс изгиба хвостовика в вертикальной плоскости, когда поезд проходит различные переломы профиля пути. Особенно это относится к проходу вагонами горбов сортировочных горок.

Основными причинами, по которым происходят саморасцепы вагонов в поезде, являются:

- излом направляющего зуба и предохранителя от саморасцепа;
- износ замков, поверхностей контура зацепления, перемычки между направляющим зубом и сигнальным отростком;
- полуутопленное состояние замков;
- трещины в большом и малом зубе, приводящие в режиме тяги к уширению зева;
- уширение зева.

Система САКМА (рис. 4.3) предназначена для повышения безопасности движения поездов, повышения качества и снижения трудоемкости технического обслуживания грузовых вагонов на ПТО за счет автоматического выявления на ходу поезда неисправностей автосцепных устройств.

Наиболее рациональными местами установки САКМА являются:

- участки вытяжки поездов из парка формирования в парк отправления;
- участки после «горки» и входы станции.

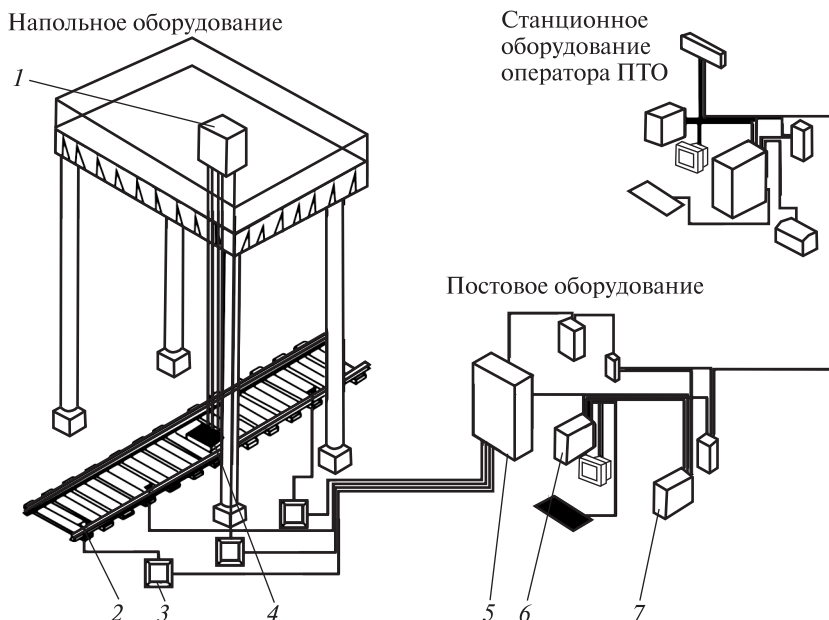


Рис. 4.3. Структурная схема системы САКМА:

1 — блок лазерных излучателей; 2 — датчик счета осей; 3 — путевые муфты; 4 — напольная камера; 5 — стойка сопряжения с компьютером; 6 — системный блок питания; 7 — блок бесперебойного питания

Система САКМА рассчитана на непрерывную круглосуточную работу. Выходные данные системы хранятся в винчестере компьютера и по команде оператора ПТО могут распечатываться на бумаге.

Скорость движения поездов на контролируемом участке: до 200 км/ч.

Предельная дальность передачи информации от напольного оборудования до помещения на перегоне, где установлена стойка сопряжения, 30 м.

В зависимости от варианта исполнения система САКМА может осуществлять одновременно контроль проходящих составов по одному, двум или трем путям.

В системе предусмотрен самоконтроль технического состояния оптического канала.

Блок лазерных излучателей (БЛИ) предназначен для сканирования на ходу поезда лазерными лучами контролируемой зоны поверхностей замков сцепленных автосцепок с целью определения величины зазоров между замком и ударной поверхностью зева смежных автосцепок. Устанавливается на ригельную поперечину над колеей железной дороги (для каждого пути устанавливается один блок с двумя лазерами).

Напольная камера НК, размещаемая в межшпальном колодце колеи железной дороги для каждого пути, предназначена для приема с использованием фотоприемной матрицы лазерного излучения, проходящего через контролируемую полость между замком и ударной поверхностью смежной автосцепки, и преобразования принимаемого лазерного излучения в электрические сигналы, характеризующие величину контролируемого зазора.

Постовое оборудование, размещаемое в специальном помещении, включает:

- стойку сопряжения;
- компьютер;
- блок МСЮЕМ, установленный в непосредственной близости от компьютера, предназначенный для передачи по двухпроводным линиям связи выходной информации с компьютера на перронном посту на компьютер оператора ПТО вагонов.

Оборудование, устанавливаемое на посту оператора ПТО:

- компьютер;
- принтер;
- блок МСЮЕМ;
- блок бесперебойного питания (ББП).

Для настройки системы используется специальный стенд. Конструктивно стенд выполнен в виде модуля, основанием которого является пластина из органического стекла.

По принципу действия САКМА представляет собой оптико-электронную систему, базирующуюся на оптическом методе контроля геометрических размеров зазора между замком и ударной поверхностью зева смежной автосцепки.

При появлении поезда на участке приближения к контролируемой системой зоне, сигнал от датчика поступает в блок автоматического управления электрическим приводом заслонки — БУК. Заслонка открывает входное окно напольной камеры для приема

лазерного излучения, проходящего через полость между замком и ударной поверхностью зева смежной автосцепки.

С этого момента начинается отбор информации о параметрах контролируемого зазора. Лазерное излучение, проходящее через зазор между замком и ударной поверхностью зева автосцепки, поступает на фотоприемную матрицу — ФМ, установленную в напольной камере. Оптические сигналы с использованием субблока преобразователей П и элементов опторазвязки ОПТ, установленных в стойке сопряжения ССК, преобразовываются в электрические сигналы нормированной величины (+5 В). Указанные сигналы по кабельной линии поступают в компьютер обработки информации, установленный в помещении поста на перегоне.

Если величина контролируемого зазора превышает 25 мм, то в этом случае физические номера таких вагонов на мониторе выделяются красным цветом, а вагоны с выделенными автосцепными устройствами должны проверяться в расцепленном состоянии согласно существующей технологии.

После прохода поездом контролируемого участка на компьютер оператора ПТО передается информация, где указываются:

- номер пути, по которому прошел поезд;
- величина контролируемых зазоров автосцепных устройств, превысивших допустимый уровень;
- порядковые номера вагонов с неисправными автосцепками;
- дата и время прохождения поезда по контролируемому участку;
- количество проследовавших подвижных единиц.

После прохода поездом контролируемого участка с временной задержкой, примерно 3 мин, выдается сигнал на закрытие заслонкой входного окна напольной камеры, и система переходит в режим ожидания следующего поезда. Система САКМА рассчитана на непрерывную круглосуточную работу, а выходные данные хранятся на винчестере компьютера и по команде оператора ПТО могут распечатываться на бумаге.

4.3. Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ)

АСКО ПВ предназначена:

- для визуального контроля и регистрации состояния вагонов и грузов (на открытом подвижном составе) на ходу поезда;

- автоматического контроля (в процессе движения) габаритности грузовых вагонов по 9 зонам;

- улучшения условий труда и повышения техники безопасности работников, занятых коммерческим осмотром вагонов.

Система, общий вид которой представлен на рис. 4.4, размещается на пункте коммерческого осмотра и прилегающей к нему территории и обеспечивает:

- видеоконтроль состояния вагонов и грузов поездов, проходящих в зоне наблюдения, формируемый тремя телевизионными камерами;

- отображение видеоинформации на экране автоматизированного рабочего места АРМОПКО;

- регистрацию событий, происходящих в секторах обзора телевизионных камер с возможностью последующего просмотра записанной информации на экране монитора;

- создание видеоархивов;

- контроль негабаритности подвижного состава с помощью девяти ДНГ, двух ДСВ и одного ДНС;

- световую индикацию срабатывания каждого ДНГ и ДСВ;

- звуковую сигнализацию при срабатывании любого ДНГ;

- контроль состояния кабельных линий связи;

- контроль работоспособности датчиков.

Принятые сокращения:

АРМОПКО — автоматизированное рабочее место оператора пункта коммерческого осмотра;

БИ — блок излучателя;

БФ — блок фотоприемника;

ДНГ — датчик негабаритности груза;

ДНС — датчик начала состава;

ДСВ — датчик счета вагонов;

КЛС — кабельные линии связи;

ЭГВ — электронные габаритные ворота.

Система формирует информацию о состоянии контролируемого состава и состоит из телевизионных камер и ЭГВ, включающих в себя ДНГ, ДНС, ДСВ и рабочее место оператора на автоматизированном рабочем месте АРМОПКО. На несущей конструкции ЭГВ установлены 3 телекамеры: ТК1 — для контроля левого борта вагона, ТК2 — для контроля крыши вагона, ТК3 — для контроля право-

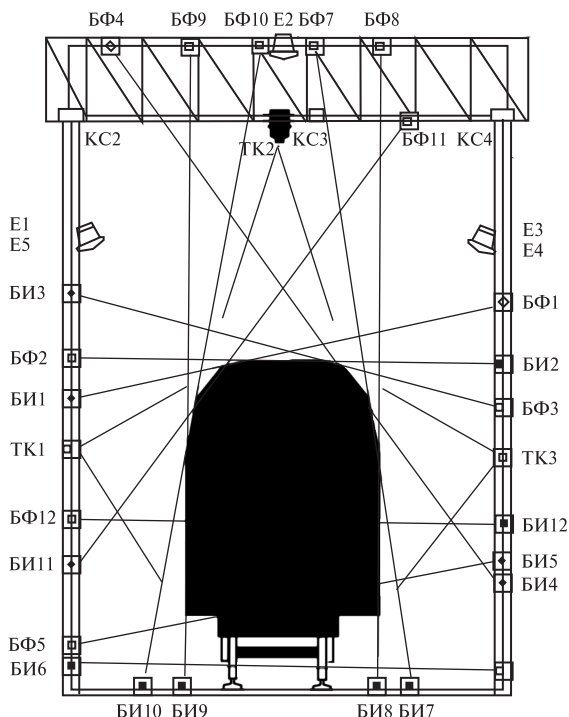


Рис. 4.4. Контроль габарита подвижного состава системой АСКОПВ

го борта вагона, а также 12 датчиков: № 12 — ДНС, № 1 и № 3 — ДСВ, № 2 и № 4 — № 11 — ДНГ, формирующих ЭГВ контролируемого пути. Каждый из датчиков ДНС, ДСВ или ДНГ представляет собой двухпозиционное устройство, состоящее из блока излучателя БИ и блока фотоприемника БФ.

Видеосигналы от телевизионных камер ТК1—ТК3 поступают на входы передатчиков видеосигнала по оптической линии связи и с выходов этих передатчиков по оптоволоконному кабелю они поступают на входы приемников. С выходов приемников сигналы поступают на видеовходы специализированного системного блока РС1 автоматизированного рабочего места АРМОПКО.

При входе состава в зону контроля локомотив пересекает луч ДНС. При этом начинается процесс записи информации на жесткий диск РС1 АРМОПКО, а на мониторе МОН1 АРМОПКО отобра-

ражается информация от телевизионных камер и от ДГВ. Информация на экране МОН1 отображается в режиме «ПОЛИЭКРАН» (в режиме одновременного отображения четырех изображений): в первом, втором и третьем секторах отображается информация от телевизионных камер ТК1-ТК3 соответственно, а в четвертом секторе отображаются ЭГВ с информацией по каждой зоне негабаритности (отображается состояние ДНГ). При пересечении лучей ДНГ загорается соответствующий индикатор «ГАБАРИТ» блока БИС1, а на мониторе МОН1 выделяются красным цветом соответствующие зоны негабаритности. При этом на РС1 формируется протокол осмотра состава.

Счет вагонов происходит по заданному алгоритму при пересечении лучей блока излучателя БИ и блока фотоприемника БФ ДСВ.

Оператор АРМОПКО может, при необходимости, использовать режим воспроизведения информации только от одной выбранной телевизионной камеры, нажатием клавиши произвести маркировку кадра изображения вагона с замеченной неисправностью.

В случае выявления кадра с неисправным вагоном оператор включает режим «СТОП-КАДР» и, при необходимости, печатает сформированное изображение (твердую копию) на принтере ПР1. В режиме «СТОП-КАДР» оператор может увеличить масштаб изображения для детального просмотра.

По окончании контроля состава данные из РС 1 передаются в локальную сеть для записи информации на файл-сервере видеоархива РС2 (поставляется заказчиком). РС1 выдает информацию о состоянии состава также на АРМ ПС оператора ПКО (АРМ1) в виде справки.

4.4. Тенденции повышения безопасности движения в системе технической эксплуатации подвижного состава

Состояние локомотивного и моторвагонного парка ОАО «РЖД» характеризуется его изношенностью, переработкой нормативного ресурса, использованием устаревших технических решений (коллекторные тяговые электродвигатели, контакторное регулирование, пусковые реостаты, на большинстве локомотивов моторно-осевые подшипники скольжения). Электрическое торможение обычно работает в ограниченном диапазоне скоростей. На электропоездах ЭР2

и ЭР9 всех серий и на ряде серий локомотивов оно полностью отсутствует, что существенно понижает уровень безопасности движения.

Это ведет к значительным дополнительным затратам на техническое обслуживание тягового подвижного состава — доля указанных затрат составляет не менее 65 % от текущих расходов по депо. Но даже столь высокий уровень затрат не гарантирует приемлемый уровень эксплуатационной надежности. В том числе не исключаются опасные отказы, приводящие к сходам с рельсов, пожарам, проездам запрещающих сигналов.

Необходимо полностью пересмотреть концепцию обновления парка как путем капитальных ремонтов КРП, так и за счет заказа новых локомотивов и моторвагонных поездов. При этом должны быть использованы новые технические решения, исключено контакторно-реостатное регулирование, введена полная автоматизация управления для режимов тяги и торможения. Использование этих решений позволяет как минимум вдвое увеличить межремонтные пробеги при одновременном повышении вероятности безотказной работы и полном исключении опасных отказов.

Отмечая отставание в техническом уровне отечественного тягового подвижного состава, например, по сравнению с Евросоюзом, нужно, тем не менее, указать на более высокие показатели использования отечественного подвижного состава, особенно в грузовом движении. Весовые нормы в ОАО «РЖД» в 3,5—4 раза выше, чем на железных дорогах Евросоюза. Это ведет к предельным режимам использования тягового оборудования, усложнению условий работ локомотивных бригад, ухудшению продольной динамики состава и к возможности появления сверхнормативных продольных и поперечных усилий, что опасно по причине возможности схода с рельсов и разрыва сцепок. В Стратегической программе развития железнодорожного транспорта предусмотрено дальнейшее повышение весовых норм на ряде грузонапряженных направлений состава до 100 вагонов.

Поэтому необходимо выполнить комплексное исследование по разработке методов безопасного вождения поездов повышенной массы и длины, обратив при этом особое внимание на использование распределенной локомотивной тяги и на применение средств автоведения. Они должны исключить появление в поезде сверхнор-

мативных продольных и поперечных усилий, которые обычно и являются причиной схода колесных пар вагонов с рельсов,

Самые тяжелые крушения происходят при отказе пневматического тормоза. Полностью исключить такие ситуации пока не удастся. Поэтому нужно усовершенствовать электрический тормоз тягового подвижного состава, придав ему свойства тормоза безопасности и обеспечив возможность совместной работы с пневматическим тормозом с сохранением полной тормозной силы вплоть до остановки поезда.

Особой задачей является повышение квалификации персонала, связанного с техническим обслуживанием и эксплуатацией подвижного состава. Сейчас в депо начинают массово использовать новые технологии ремонта и восстановления, сложные средства технической диагностики и послеремонтного контроля. На локомотивах применяют электронные системы управления и регулирования, бортовые диагностические системы, силовые полупроводниковые преобразователи, микропроцессорное оборудование. В перспективе целесообразен и неизбежен переход на бесколлекторные тяговые двигатели, что на порядок усложнит бортовую электронику. Намечилась тенденция постепенного перехода к ремонту по фактическому состоянию. Внедряется комплексная информационно-управляющая система АСУТ.

Все это выдвигает принципиально новые требования к квалификации персонала депо, особенно к руководителям всех уровней по обслуживанию и эффективному использованию новой техники, в том числе по ее безопасной эксплуатации. Для решения этой задачи целесообразно создать Центр обучения руководящих работников депо и разработать систему непрерывного обучения и аттестации, отразив в учебных программах следующие главные задачи:

- новые технологии обслуживания и ремонта тягового подвижного состава;
- организация эксплуатации локомотивов и бригад с использованием новых информационных средств — АСУТ, АРМ бортовая диагностика, непрерывный контроль бдительности машиниста и т.д.;
- обеспечение безопасности движения на базе технических и нормативно-правовых средств;

— использование современных методов оперативного управления и менеджмента в практической работе руководителей с учетом специфики производственных процессов в депо.

В последние годы появился ряд специфических проблем по нарушениям требований безопасности. В частности, имели место несколько пожаров в пригородных электропоездах. Это было вызвано пережогом контактного провода, его падением на крышу вагона и загоранием электрической дуги. Ввиду толстого слоя краски на крыше и, возможно, из-за неисправности перемычек в системе заземления вагона на рельс, ток дуги был меньше установки срабатывания защиты на подстанции. Защита поезда не могла сработать, так как ток КЗ шел мимо аппаратов защиты. Этот вопрос нужно тщательно изучить (пока он детально не рассматривался) и разработать систему защит от загорания дуги между контактным проводом и крышей вагона с временем отключения не более 0,2 с.

Многие зарубежные ученые считают, что возможной причиной схода подвижного состава с рельсов является попадание в резонанс вертикальных колебаний колесной пары вместе с находящимися на ней неподдрессорными частями и возмущений со стороны синусоидальной поверхности волнообразного износа головки рельса. Из анализа динамики взаимодействия подвижного состава и пути в части появления и вредного влияния таких колебаний на динамику вообще и на безопасность можно сделать следующие выводы:

— путевая структура в процессе зарождения и развития волнообразного износа играет пассивную роль, потому что период волн рассматриваемого износа на рельсах не совпадает с периодичностью размещения шпал. Кроме этого, фазы волн на обоих рельсах обычно не совпадают, но их периоды равны между собой;

— вредное влияние волнообразного износа косвенно признается всеми. В Западной Европе повсеместно введены рельсошлифовальные поезда. Они вводятся также и у нас. Но эти поезда ликвидируют следствие, а не причину;

— возможно причиной волнообразного износа являются колебания влияния локомотивных тележек в сочетании с крутильными колебаниями в тяговом приводе «якорь тягового двигателя — редуктор — колесная пара»;

— параметры волнообразного износа имеют тенденцию к нарастанию, что, скорее всего, связано с ростом мощности тяговых приводов и повышением силы тяги локомотивов.

Необходима детальная проработка теории волнообразного износа с целью усовершенствования систем рессорного подвешивания и регулирования локомотивов, которые могли бы исключить этот вид износа с применением шлифовальных поездов только в особых случаях.

Как было сказано выше, одним из факторов, существенно снижающих качество текущего ремонта локомотивов и вагонов, является неудовлетворительная выявляемость и исполнительская низкая дисциплина в устранении неисправностей подвижного состава. Во многом это связано с низкой эффективностью применения современных средств технического диагностирования подвижного состава, обусловленной целым рядом факторов, в том числе:

— слабой проработкой функций автоматизированного анализа данных диагностирования и поддержки принятия решений персоналом депо по годности диагностируемого оборудования, при которой вся тяжесть анализа данных возлагается на работника цеха, информация с приборов выдается в трудно интерпретируемом виде, что требует высокой квалификации персонала депо и фактически обесценивает преимущества автоматизации;

— отсутствием комплексного подхода к созданию системы диагностирования подвижного состава: при использовании применяемых технических средств решаются только локальные задачи, они не увязаны между собой в единую технологическую линию, что не позволяет реализовать функции управления качеством и контроля технологической дисциплины в ходе ремонтного процесса;

— слабым развитием информационной составляющей применяемого диагностического оборудования: хранилища данных результатов диагностирования локальны, выполнены на различных и, как правило, морально устаревших средствах, отсутствует увязка с автоматизированными системами управления локомотивным и вагонным хозяйствами (АСУ-Т и АСУ-В).

Для решения указанных проблем Отраслевым центром внедрения новой техники и технологий (ОЦВ) совместно с ведущими отраслевыми научными институтами и предприятиями ВПК создается единая система дорожно-региональных диагностических центров

подвижного состава. Система обеспечивает возможность глубокого анализа диагностических данных с использованием сложных ресурсоемких алгоритмов, обобщающих накопленный опыт выявления неисправностей на базе самообучающихся (адаптивных) программ.

Основные результаты внедрения указанной системы:

- переход от рекомендуемого режима работы средств диагностирования к режиму «годен — негоден»;
- снижение нагрузки на работников линейных предприятий по анализу диагностических данных;
- выполнение объективного анализа общего состояния парка подвижного состава с выявлением наиболее уязвимых элементов на конкретном эксплуатационном полигоне;
- повышение исполнительской дисциплины при использовании современных средств диагностирования в депо.

Учитывая влияние уровня технической подготовки производства по ремонту подвижного состава на безопасность движения поездов, авторы считают что, во-первых, на ближайшие 10—15 лет одним из основных условий обеспечения потребного количества и работоспособного состояния парка подвижного состава (ПС) российских железных дорог будет оставаться его капитальный ремонт; во вторых, значительное увеличение срока службы ПС сверх нормативного вызывает существенный рост объемов и видов ремонтных работ на заводах ОАО «РЖД», а следовательно, и дополнительных затрат на их проведение и подготовку; в-третьих, в силу ряда объективных и субъективных обстоятельств на большинстве ремонтных предприятий до настоящего времени нет соответствующей конструкторской и технологической документации на многие из выполненных видов КР ПС, т.е. действующая система подготовки производства не соответствует в полном объеме Правилам ремонта. И, наконец, в-четвертых, проводимая в рамках КР модернизация агрегатов и сборочных единиц ПС, как правило, вследствие «традиционной авральности», осуществляется без проведения всего комплекса исследовательских, опытных и конструкторских работ.

После установления наличия функциональных связей между БДП и технической подготовки производства (ТехПП) предприятий по ремонту ПС возникла необходимость в определении степени их устойчивости и уровня влияния.

Известно, что надежность подвижного состава зависит от ряда факторов и определяется совершенством его конструкции (технологичностью конструкции изделия), технологией изготовления и ремонта. В процессе эксплуатации постепенно надежность и, как следствие, безопасность снижаются по причине изнашивания трущихся деталей, коррозии, усталости металла, старения материалов и других необратимых процессов.

Эти процессы вызывают повреждения, устранение которых становится необходимым для дальнейшей безотказной работы подвижного состава. Максимально уменьшать возможность появления различных дефектов необходимо еще на стадии разработки детали или изделия. Данное условие должно быть на первом месте при обеспечении технологичности конструкции изделия.

Под технологичностью понимается совокупность свойств конструкции изделия, характеризующих ее экономическую и техническую целесообразность. Показатели технологичности конструкции изделий классифицируются следующим образом: по области проявления — на производственные и эксплуатационные; по области анализа — на технические и технико-экономические; по системе оценки — на базовые и разрабатываемые конструкции; по значимости — на основные и дополнительные; по числу характеризующих признаков — на частные и комплексные; по способу выражения — на абсолютные и относительные.

Технологичность конструкции изделия проявляется через его свойства на различных стадиях жизненного цикла в виде определенных затрат труда, материалов, энергии, средств и времени на подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт. К комплексу свойств, образующих технологичность конструкции изделия и предопределяющих методы ее обеспечения, относятся технологическая рациональность и преемственность конструкции изделия. Эти свойства формируются в процессе конструирования изделия. Именно поэтому обеспечение технологичности конструкции изделия становится неотъемлемой составной частью обеспечения безопасности эксплуатации подвижного состава.

При обеспечении технологичности конструкции изделия необходимо учитывать две группы свойств, характеризующих преемственность конструкции изделия:

— совокупность свойств изделия, определяющих его конструктивную преемственность и характеризующих единство повторяемости в нем компонентов (конструктивных элементов и связей между ними), относящихся к множеству исполнения изделия, и применимости новых компонентов, новизна которых обусловлена функциональным назначением изделия;

— совокупность свойств изделия, определяющих его технологическую преемственность, т.е. единство изменяемости и повторяемости технологических методов выполнения, поддержания и восстановления компонентов исполнения, которые обладают в нем качественной определенностью.

Основой исследований и разработки методов создания технологического транспорта является системный анализ, теория принятия решений, методы проектного анализа, принципы создания систем машин, исследование операций, теория и методология системотехники и теория инноваций.

В общем, процесс разработки новой техники включает три основные стадии: анализ, синтез и оценку. Применительно к новым разработкам эти три стадии можно назвать дивергенцией, трансформацией и конвергенцией.

При определении стратегии необходимо стремиться к тому, чтобы порядок разработки объекта был обратным порядку логической зависимости между элементами. Это условие приводит к линейной стратегии.

На первой стадии создания технологического транспорта проводится анализ существующих проблем, исследуются условия работы, формулируются цели и задачи, разрабатываются принципы и направления создания систем технологического транспорта, определяется элементная база, а также функциональное назначение элементов системы. При этом разрабатываются и используются методы функциональной классификации, построения морфологических карт, определяются основные принципы новых транспортных систем.

Целью второго этапа является разработка схемы транспортной системы. На этом этапе разрабатываются требования к транспортным системам, определяются границы интервалов изменения параметров, проводится анализ функций подсистем, системы в целом и возможных взаимосвязанных решений.

На этом этапе разрабатываются или используются методы системного анализа объекта с функциональной точки зрения по принципу выделения структур с двухуровневой иерархией, построение граф-схем, анализ взаимосвязанных решений с построением матриц и сетей взаимодействия элементов системы, подсистем и составных узлов.

Этап конвергенции наступает, когда требуется разработанную схему объекта воплотить в чертежи, опытные образцы и окончательную конструкцию. Разработка этого этапа начинается с реализации принципа соответствия, затем осуществляется проверка схемы на внутреннюю и внешнюю совместимость.

На этом этапе используются методы «анализ взаимосвязанных областей решений», «трансформация системы», «разработка новых конструкций», «создание системы человек—машина—среда», методы классической эргономики, а также проводится оценка альтернативных решений.

Глава 5. НОРМАТИВЫ СОДЕРЖАНИЯ И УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ, СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1. Нормативы содержания и основная направленность мероприятий по совершенствованию конструкций железнодорожного пути, обеспечивающих безопасность движения

Для освоения возрастающего объема перевозок предусматривается дальнейшее повышение веса и скоростей движения поездов, внедрение новых вагонов и мощных локомотивов. Поэтому грузо-напряженность наших дорог будет увеличиваться. В этих условиях вопросы безопасности движения поездов требуют неослабного внимания.

Общая направленность мероприятий, проводимых на дорогах России для повышения безопасности движения поездов, заключается в том, что осуществляется техническое совершенствование конструкций пути и его элементов, усиливается верхнее строение за счет укладки железобетонных шпал, бесстыкового пути, термически упрочненных рельсов, щебеночного балласта.

Расширяется применение конструкций, в которых увеличиваются вес и размеры элементов — рельсов, стрелочных переводов, завершается переход к 25-метровым рельсам.

При бесстыковом пути (по сравнению со звеньевым) примерно на 20 % уменьшается выход рельсов по дефектам (главным образом по стыковым дефектам), износ и количество изломов ходовых частей подвижного состава (рессор, подвесок и др.), увеличивается примерно на 10 % шунтовая чувствительность рельсовых цепей. Одиночный выход термически упрочненных рельсов (по сравнению с обыкновенными «сырыми») уменьшается в 1,5—2 раза. При щебеночном балласте (по сравнению с песчаным и гравийным) повышается устойчивость пути на 30—40 %, резко сокращается под-

верженность балласта размыву поверхностными (дождевыми) водами. Поэтому усиление верхнего строения значительно повышает уровень надежности его работы и увеличивает безопасность движения поездов.

Кроме того, линии железных дорог оборудуются техническими средствами обеспечения безопасности движения.

Автоблокировка позволяет не только резко повысить пропускную способность дорог, но и увеличить надежность и безопасность движения поездов.

При автоблокировке и электротяге рельсы являются проводниками электрического тока. Путьцы на таких линиях осуществляют монтаж, демонтаж и текущее содержание рельсовых соединителей, а также изолирующих стыков. От состояния рельсовых соединителей и изолирующих стыков в большой мере зависит надежность работы рельсовых цепей. Чем выше надежность работы рельсовых цепей, тем выше уровень безопасности движения.

На Московской дороге, например, из общего количества повреждений устройств автоблокировки, вызывающих сбои в движении поездов, около 20 % происходит по вине работников путевого хозяйства.

На электрифицированных линиях к текущему содержанию и ремонту пути предъявляется ряд дополнительных требований, невыполнение которых может привести к нарушению безопасности движения поездов. Так, положение пути должно быть строго увязано с расположением контактного провода. Поэтому на электрифицированных участках рихтовку со сдвижкой пути более чем на 2 см, подъемку более чем на 6 см, изменение возвышения наружного рельса кривой свыше 1 см необходимо согласовывать с начальником участка энергоснабжения или начальником дистанции контактной сети.

Проводится комплексная механизация и организуется переход на автоматизацию путевых работ. Комплексная механизация и автоматизация позволяют повысить производительность труда, снизить стоимость и повысить качество работ. Кроме того, в короткие «окна» или в промежутки времени между поездами оперировать с элементами пути больших весов и размеров без надлежащих средств механизации становится не только затруднительным, но и в ряде случаев невозможным.

При комплексной механизации механизмируются все операции, выполняемые при путевых работах, а для перехода на автоматизацию путевых работ необходимо привести в соответствие (по скоростям, мощностям, технологичности) работу всех машин с единым автоматизированным комплексом.

Для обеспечения безопасности движения поездов при применении путевых машин и механизмов требуется соблюдать допускаемые скорости движения их во время работы и транспортировки, а также скорости, с которыми можно пропускать поезда после производства путевых работ. И чем совершенней средство механизации для ремонта пути, тем большие скорости движения поездов допускаются на участке работ.

Например, после выполнения комплекса основных работ в «окно» при выправке пути электрошпалоподбойками первые один-два поезда по отремонтированному пути пропускаются со скоростью не более 15 км/ч, последующие поезда в течение 3 ч — со скоростью 25 км/ч, после чего скорость увеличивается до 40 км/ч (при рельсах Р50 и легче) или до 50 км/ч (при рельсах Р65 и тяжелее); нормальная скорость движения поездов (но не более 100 км/ч) восстанавливается не позднее чем к концу второго рабочего дня.

Оснащение путевого хозяйства новой, более совершенной техникой ведет к повышению надежности работы пути и обеспечению безопасности движения поездов. Но технические средства путевого хозяйства приводятся в действие и управляются человеком. Поэтому путеец — главный гарант безопасности. В руках у него все ключи четкой и безопасной работы пути и сооружений.

Технический прогресс в путевом хозяйстве ведет к изменениям организации производства и труда монтеров пути, технологии работ, к появлению новых профессий, придает новые грани и функции прежним профессиям, ставит перед работниками путевого хозяйства новые, более сложные задачи и повышает требования.

Например, применение бесстыкового пути вызвало необходимость разработки технологии и организации работ по выправке, рихтовке, смене элементов пути в условиях действия температурных сил в рельсовых плетях.

Поэтому возрастают роль человека, его организаторская функция, роль и значение организационных мер для обеспечения безопасности движения поездов.

Технические и организационные мероприятия, которые требуются для обеспечения безопасности движения на перегонах и станциях, вытекают из анализа случаев брака и других нарушений безопасности движения, их распространенности (удельного веса), а также степени тяжести вызванных ими последствий.

Необходимо отметить, что за последние годы общее количество браков в путевом хозяйстве дорог России заметно уменьшилось. Это, безусловно, результат технического прогресса в путевом хозяйстве. Наибольшее число браков происходит из-за наездов или сходов подвижного состава.

Основой предупреждения сходов является строгое соблюдение норм и качественных требований содержания пути и организация контроля за его состоянием.

Предупреждение браков из-за наездов на переездах достигается совершенствованием их конструкции, внедрением автоматических средств извещения о приближении поезда к переезду, разъяснительной работой среди работников автохозяйств и других предприятий районов, прилегающих к железной дороге.

Наличие брака указывает на необходимость повышения уровня производственной дисциплины среди путейцев, а также знания и строгого соблюдения требований Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ.

Для обеспечения безопасности движения поездов необходимо анализировать причины браков, широко пропагандировать мероприятия для их предупреждения, в первую очередь для предупреждения браков, удельный вес которых значителен и не снижается (сходы подвижного состава, наезды на автогужевой транспорт). Все большее значение приобретает психологическое состояние работающих. Снижение внимания и работоспособности путейцев, ухудшение их психологического состояния могут происходить по разным причинам: неудовлетворительные психо-физиологические данные (быстрая утомляемость, болезненное состояние организма, predisposition к эмоциональным срывам и т.п.), недостаточная стабильность рабочих качеств.

В связи с увеличением грузонапряженности, повышением скоростей, применением новых технических средств (новых конструкций пути, машин и механизмов) роль психологических факторов в обеспечении безопасности движения возрастает.

Основные технические нормативы содержания железнодорожной колеи. Усиление и совершенствование конструкций пути обеспечивают повышение надежности пути и безопасности движения поездов. Однако в процессе эксплуатации четкая и безаварийная работа пути зависит от строгого соблюдения правил и норм его содержания. Главнейшие нормативы содержания пути регламентированы Правилами технической эксплуатации железных дорог.

На наших дорогах осуществлен переход на колею 1520 мм (на прямых и кривых радиуса 350 м и более), что уменьшает зазор между гребнями колес и рельсами. Практическая необходимость в уменьшении этого зазора возникла в связи с переходом на прогрессивные виды тяги, повышением нагрузок на ось и скоростей движения поездов. Переход на ширину колеи 1520 мм (особенно в прямых участках пути) приводит к улучшению условий взаимодействия пути и подвижного состава, повышению плавности движения поездов в этих условиях, так как при этом уменьшается уровень боковых сил. В связи с этим повышается безопасность движения поездов и, кроме того, возможно снижение объемов работ по текущему содержанию пути (особенно по перешивке и рихтовке).

Однако, исключение дополнительного уширения рельсовой колеи в кривых участках пути и необоснованное ее сужение до 1520 мм и менее вызвало интенсивный износ гребней колес и боковых граней рельсов, рост динамической нагруженности в процессе взаимодействия колеса и рельса, привело к нарушению формирования рациональных траекторий движения колесных пар в кривых участках пути. В настоящее время разрабатываются рекомендации и реализуются мероприятия по снижению уровня динамического воздействия колеса и рельса при движении в кривых участках пути (установление толщины гребня колеса, равной 30 мм, возможное увеличение длины, образующей с коничностью 1:7, лубрикация).

В соответствии с ПТЭ ширина колеи на кривых без принятия особых мер для предотвращения провала колес внутрь колеи не должна быть более 1540 мм, а с учетом допуска на уширение — более 1548 мм. Такая ширина колеи определяется из следующих соображений.

Ширина x — проекция колеса на головку рельса, когда другое колесо прижато к другой рельсовой нити (рис. 5.1), равна

$$x = a + t + h + \mu - S,$$

где a — ширина обода колеса;

t — расстояние между внутренними гранями ободьев колес;

h — толщина гребня колеса;

μ — допуск к толщине гребня в расчетной плоскости.

Для колес вагонов наименьшее значение x будет:

$$x_{\min} = a_{\min} + t_{\min} + h_{\min} + \mu - S_{\max} = 132 + 1437 + 25 + 1 - 1548 = 47 \text{ мм.}$$

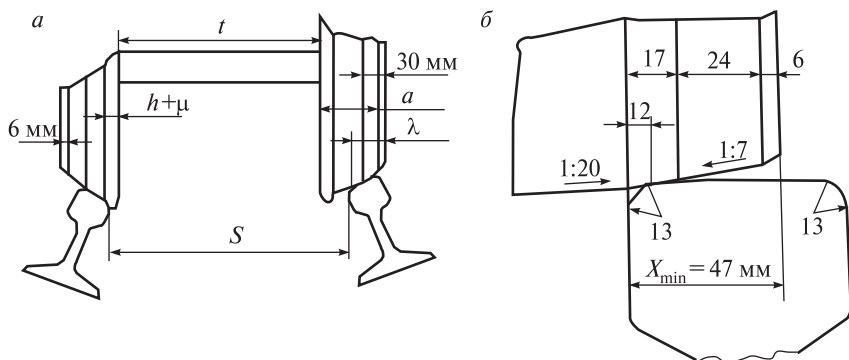


Рис. 5.1. Минимальное покрытие колесом головки рельса

Часть колеса с коничностью 1:20 покрывает головку рельса до начала ее бокового закругления радиусом 13 мм лишь полоской шириной 5 мм. При наличии изгиба оси под нагрузкой и упругого отжатия рельсовых нитей $x_{\min}$ может еще уменьшиться. Тогда поверхность обода с коничностью 1:7 оказывается на закруглении головки рельса, что облегчает вписывание колесной пары в кривую, а также может отжать рельс наружу колеи и вызвать сход колеса с рельса. Именно из этого расчета вытекает, что во избежание схода колес с рельсов без применения специальных устройств ширину колеи более 1548 мм допускать нельзя.

Уширение колеи сверх установленного допуска +8 мм (как на прямых, так и на кривых), если ширина колеи даже не превосходит 1548 мм, не разрешается, так как во время эксплуатации уширение колеи может произойти за счет люфтов в узлах креплений и деформации крепежителей. Следует заметить, что эти изменения колеи, чтобы не нарушить безопасность движения поездов, можно допустить в узких пределах.

На прямых уширение колеи вызывает увеличение амплитуды виляния подвижного состава. На кривых, если увеличение ширины колеи происходит из-за бокового износа рельсов и при этом надежность их связи с опорами не нарушается, а износ от начала круговой кривой к ее середине нарастает постепенно, допуски в ширине колеи могут быть повышены на величину равномерно бокового износа рельсов (при ограничении ширины колеи размером 1548 мм).

Минимально допустимая ширина колеи определяется при заклиненном вписывании самого неблагоприятного экипажа, требующего наибольшей ширины колеи, при самых неблагоприятных условиях (наибольшая ширина колесных пар, использование предельного допуска на сужение колеи).

В прямой при симметричном расположении колесной пары между рельсами и гребнями колес минимальный зазор составит 9 мм, а минимальная ширина колеи должна быть равной 1518 мм.

Однако, из ПТЭ исключено требование о том, что ширина рельсовой колеи никогда не может быть меньше, чем 1518 мм (ранее было 1522 мм). Поэтому путейцы в соответствии с Инструкцией по текущему содержанию пути могут иметь рельсовую колею шириной не менее 1512 мм.

При такой ширине рельсовой колеи колесная пара, тележка и вагон при вписывании в кривую практически не имеют никакой поперечной свободы (такое движение называется заклиненным), уровень динамической нагруженности возрастает, резко увеличивается сопротивление движению. Такое движение угрожает безопасностью.

Для движения поездов превышение норм содержания как по уширению, так и по сужению одинаково опасно. Превышение норм по уширению может привести к провалу колесных пар внутрь колеи, превышение норм по сужению — к заклиниванию колесных пар в колее, ударам гребней в головки рельсов и кантованию последних наружу колеи. Однако опасность отклонений (внутри предельных установленных норм) различна, что находит свое отражение в оценке отступлений от норм содержания пути.

В Правилах технической эксплуатации установлены главные нормативы содержания пути для нормальных условий его ра-

боты. В Инструкции по текущему содержанию пути установлены конкретные нормативы содержания всех элементов пути, применяющиеся при скоростях движения пассажирских и рефрижераторных поездов до 120 км/ч, грузовых поездов до 80 (груженых) и 100 км/ч (порожних), гарантирующие безопасное и плавное движение с установленными скоростями. Установлены нормы содержания колеи, износа элементов пути, классификация дефектов рельсов, шпал и др. При этом в классификации выделены дефекты, при наличии которых оставлять дефектные элементы нельзя, так как может быть нарушена безопасность движения поездов. Например, к остродефектным на главных и приемо-отправочных путях отнесены рельсы: имеющие трещины под головкой, около подошвы, с торца, выкол части головки (дефект в соответствии с таблицей 52.1); с трещинами по болтовым отверстиям или с выколом части головки (дефект 53.1-2); имеющие серповидный выкол подошвы (дефекты 60.1-2; 62.1-2); с трещинами на поверхности головки от юза (дефект 14.1-2); имеющие внутренние поперечные трещины в головке, как выходящие, так и не выходящие на поверхность, или излом по этим трещинам (дефекты 20.1-2; 21.1-2); с продольными горизонтальными трещинами над головкой рельса длиной более 30 мм, не выходящими в торец рельса (дефект 52.2), а также с горизонтальной трещиной посередине шейки (дефект 55.1-2); с другими любыми поперечными изломами и трещинами или выколом части головки или подошвы.

В Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути установлены также нормативы по эксплуатации пути на характерных участках: с пучинами, автоблокировкой и электротягой, на бесстыковом пути и сортировочных горках. Для обеспечения безопасности движения поездов эти нормативы имеют большое значение.

Так, крутизна отводов на пучинах устанавливается в зависимости от максимальных скоростей движения поездов. При исправлении пути на пучинах уклоны временных отводов не должны превышать 0,005, если поезда по месту работ пропускаются со скоростью не более 25 км/ч, 0,003 — при скоростях до 100 км/ч и 0,001 — до 120 км/ч.

В указанной Инструкции содержатся указания о размерах пучинных подкладок и о порядке их укладки: карточки укладывают-

ся на пучинах высотой до 25 мм, башмаки — при высоте от 25 до 50 мм, нашпальники — при высоте более 50 мм.

Во избежание опрокидывания рельсов наружу колеи и схода с рельсов подвижного состава важно, чтобы длина применяемых костылей соответствовала толщине укладываемых пучинных подкладок.

Все конкретные нормативы, соблюдение которых обязательно при исправлении пути на пучинах, изложены в Инструкции по управлению железнодорожного пути на пучинах.

Большое значение для обеспечения безопасности движения поездов имеют установленные в Инструкции по текущему содержанию пути порядок и сроки проверок и осмотров пути и сооружений.

В Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ установлены правила и требования, которые обеспечивают безопасность движения поездов при выполнении работ по текущему содержанию или ремонту пути, обязательные для всех работников, выполняющих работы на пути. Главнейшими условиями безопасного движения поездов при производстве путевых работ являются правильное их ограждение сигналами и порядок пропуска поездов по месту работ. Поэтому для каждой работы в Инструкции установлены система ограждения места работ (сигналами остановки, уменьшения скорости, знаками «С»), скорости, с которыми могут пропускаться поезда по месту работ, формы заявки на выдачу предупреждения, а также указаны руководители работ.

При производстве работ часто понижаются прочность и устойчивость пути. В Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ установлены нормативы и требования, обеспечивающие безопасность движения поездов при ослабленном состоянии пути. При этом, чем больше ослабляется путь при производстве работ, тем с более пониженными скоростями пропускаются поезда по месту работ.

Порядок ослабления и закрепления гаек клеммных болтов при замене инвентарных рельсов бесстыковыми плетями, при разрядке температурных напряжений в рельсовых плетях установлен в технологических процессах, утвержденных ОАО «РЖД».

Отводы при подъёмке пути должны быть плавными и не превышать на участках со скоростями движения поездов до 100 км/ч — 0,003; от 101 до 120 км/ч — 0,002; от 121 до 160 км/ч — 0,00067 (1 мм на 1,5 пог. м).

Важные нормативы для обеспечения безопасности движения поездов по бесстыковому пути установлены в Технических условиях на укладку и содержание этого пути. В принятой на наших дорогах конструкции бесстыкового пути уравнительные рельсы соединяются со сварными плетями и друг с другом шестидырными накладками и высокопрочными болтами, так как стыки воспринимают продольные температурные силы. Для обеспечения нормальной работы такого пути гайки стыковых болтов затягивают электрическим или удлиненным до 1 м ручным ключом с крутящим моментом, приложенным к гайке: 60 кгс/м при рельсах Р65 и 25 кгс/м при рельсах Р50.

Для нормальной работы бесстыкового пути (во избежание потери его устойчивости, чрезмерного раскрытия зазоров со срезом болтов и т.д.) промежуточные скрепления должны обеспечивать достаточное погонное сопротивление (25—30 кгс/см нити).

Для обеспечения должного натяжения стыковых, клеммных и закладных болтов требуется два раза в год — весной и осенью — сплошь подтягивать гайки соответствующих болтов и смазывать их резьбу. Под воздействием колес подвижного состава, вибраций элементов пути происходит ослабление натяжения стыковых, клеммных и закладных болтов. Следует иметь в виду, что Техническими условиями не установлены нормативы допускаемого в процессе эксплуатации ослабления натяжения болтов, не дифференцированы сроки сплошных их затяжек в зависимости от грузонапряженности, а также вида шайб.

Для обеспечения безопасности движения поездов важное значение имеют данные об ослаблении затяжки гаек клеммных и закладных болтов. Незнание или пренебрежение правилами закрепления клеммных и закладных болтов может привести к опасным последствиям. Например, в январе 2006 г. в Московской области наблюдалось резкое понижение температуры до 30—35 °С мороза. На некоторых дистанциях пути, эксплуатирующих бесстыковой путь на железобетонных шпалах, произошли случаи среза стыковых болтов в уравнительных пролетах и раскрытия зазоров свыше

допускаемых. Безопасность движения поездов не была нарушена, но в аварийном порядке на отдельных участках пришлось срочно перезакреплять плети бесстыкового пути, вводить дополнительные обходы и дежурства с целью усиления контроля за состоянием пути в сложившихся условиях.

Необходимо разрабатывать и внедрять новые виды скреплений (разработки МИИТа и других организаций), которые сохраняют затяжку гаек в течение более длительного времени, чем скрепление типа КБ с двухвитковыми шайбами.

5.2. Проблемы безопасности движения на бесстыковом пути подвижного состава, поездов повышенной массы и длины. Влияние системы содержания пути на безопасность движения

Основными отказами в работе бесстыкового пути, которые могут привести к сходу подвижного состава, являются выбросы бесстыкового пути, изломы плетей, разрывы рельсовых стыков в уравнительных пролетах.

Анализ сходов подвижной нагрузки, отнесенных на выбросы, показал, что практически ни в одном случае явные признаки выбросов пути не прослеживаются. В то же время известно, что отступления первой, второй и даже третьей степени от норм содержания пути не могут стать причиной схода. Всегда есть другие, даже не сопутствующие, а основные причины, способствующие сходу, такие, как резкое изменение режима ведения поезда на участках со сложным планом и профилем, вызывающее колебания продольных и поперечных сил в поезде, в том числе и в виде ударных нагрузок, усугубляющихся зачастую неправильным формированием поезда и даже незначительными отступлениями от норм содержания пути, не влияющими при следовании поезда в режиме тяги, выбега на устойчивость бесстыкового пути. Все это усложняет разбор сходов, а иногда, когда специалисты приезжают после разбора «завала», истинная причина схода остается невыясненной.

Поэтому предлагается создавать независимые группы экспертов, обеспечивать их своевременное прибытие к месту схода. Это позволит более грамотно определять причины схода, а соответственно и делать правильные выводы.

Дополнительно предлагается проводить комплексные исследования по определению условий схода подвижного состава на бесстыковом пути. На основании этих исследований должны быть разработаны мероприятия, исключающие сход подвижного состава, относимого на выброс бесстыкового пути.

Второй причиной схода, как уже отмечалось выше, являются изломы плетей.

Для решения этой проблемы, учитывая, что большинство изломов плетей происходит под поездами, предлагается провести на экспериментальном кольце ВНИИЖТа специальные экспериментальные исследования по определению допускаемых для различных типов скреплений зазоров, безопасных для пропуска одного поезда.

Для решения третьей проблемы, т.е. исключения разрывов стыков и образования большого зазора, опасного для прохода поезда, предлагается наладить выпуск высокопрочных стыковых болтов и заменить в регионах Сибири и Дальнего Востока на всем протяжении бесстыкового пути все обычные стыковые болты на высокопрочные, а кроме того, отработать регламент, технологию и ввести промежуточные ремонты уравнительных пролетов и концевых (подвижных) участков плетей, учитывая, что на этих участках уже после пропуска 100—150 млн т брутто груза более 50—60 % под рельсовых прокладок требуют замены.

Для решения как второй, так и третьей проблемы, с целью исключения образования больших зазоров при изломах плетей и разрывов стыков в уравнительных пролетах, необходимо создать на каждой дистанции пути, эксплуатирующей бесстыковую путь с болтовыми креплениями, постоянно действующие специальные бригады, оснастить их машинами и механизмами для подтягивания гаек клеммных и закладных болтов в течение всего года. При этом следует учесть, что периодичность подтягивания болтов на уравнительных пролетах и дышащих участках плетей (Европейская часть — по 80 м, а в регионах Сибири и Дальнего Востока — по 150 м) должна быть в 2 раза выше, чем на средней части плети.

Необходимо также обеспечивать безопасность эксплуатации поездов повышенной массы и длины.

Рост валового национального продукта страны увеличивает транспортные потребности. Поскольку удовлетворение роста пе-

ревозок за счет строительства новых линий помимо финансовых и ресурсных проблем требует больших временных затрат, то, естественно, в первую очередь используются мероприятия по увеличению пропускной и провозной способности линий. Провозная способность в числе других факторов определяется массой поезда, которая в свою очередь зависит от осевой нагрузки.

Первоочередным мероприятием является повышение веса поезда за счет увеличения его длины (при неизменности осевой нагрузки).

Для осуществления тяжеловесного движения необходима соответствующая подготовка инфраструктуры путевого хозяйства. Критериями готовности пути к повышению веса и длины поезда являются конструкция пути, состояние пути, показатели взаимодействия пути и подвижного состава.

Для пропуска поездов повышенной массы до 9 тыс. т и при существующей осевой нагрузке должен использоваться путь первого класса, группы Б и категории не ниже 3, т.е. 1Б3. Этому классу соответствует следующая конструкция: рельсы типа Р65, звеньевой или бесстыковой путь на деревянных или железобетонных шпалах с эпюрой шпал 1840—2000 шт/км, толщиной балласта из щебня 4 см (на железобетонных шпалах) и 35 см (на деревянных шпалах). Классификация путей соответствует «Положению о системе ведения путевого хозяйства на железных дорогах РФ».

Для оценки состояния пути при определении его готовности к пропуску длинносоставных поездов повышенной массы принимаются нормативы для назначения усиленного капитального ремонта пути согласно «Техническим условиям на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути» (ЦПТ-53). Критерии оценки готовности верхнего строения бесстыкового и звеньевого пути отличаются по периодичности выполнения усиленного капитального ремонта (соответственно 700 и 600 млн т/год), а по другим критериям: одиночный выход рельсов — ≥ 4 шт/км год; износ рельсов — боковой и приведенный — 10 и 8 мм; количество негодных шпал — 15 %; загрязненность балласта — 30 % для обоих типов пути являются одинаковыми.

Нормы устройства и допуски содержания колеи на участках обращения тяжеловесных поездов устанавливаются Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути (ЦП-774). Оценка состояния рельсовой колеи на участках обращения тяжеловесных

поездов производится согласно Инструкции по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов (ЦП-515).

Нормативы по закреплению пути от угона должны быть ниже установленных в Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути (ЦП-774) и Технических указаниях по устройству, укладке и содержанию бесстыкового пути (ТУ-2000). На участках затяжных и крутых спусков и подъемов при реализации рекуперативного торможения и кратной тяги должны применяться усиленные схемы закрепления пути от угона, особенно на бесстыковом пути.

Для оценки влияния на путь повышения массы и длины поезда проведены испытания на Дальневосточной железной дороге на участке Уссурийск—Находка. Испытания с измерением нагрузок на путь и деформаций рельсов выполнены на участке 21,1 ‰ в кривой радиусом 180 м. Путь уложен рельсами типа Р65 на деревянных шпалах в количестве 2000 шт/км с костыльным скреплением на щебне.

На опытном участке обращался типовой подвижной состав с тягой электровозами ВЛ80 (4 секции в голове состава и 3 секции в хвосте поезда), измерения выполнены при воздействии поездов разного веса от 2000 до 6000 т.

Первичная обработка показателей напряженно-деформированного состояния пути показала их увеличение с ростом длины и веса поезда.

Анализ результатов показал, что при увеличении веса поезда:

- 1) произошло увеличение боковых сил на 10—12 %;
- 2) упругое уширение колеи непосредственно под поездом превысило 10 мм;
- 3) вертикальные силы увеличились незначительно, так как осевая нагрузка оставалась прежней;
- 4) шаблон пути во время проведения испытаний в течение 8 дней не изменился;
- 5) также остались прежними уровень и профиль пути.

Естественно, с увеличением боковых сил возрастает и боковой износ, однако вертикальный износ увеличивается незначительно.

Экспертная оценка результатов эксплуатации грузовых поездов повышенной массы на ряде железных дорог свидетельствует, что расходы на текущее содержание пути и постоянных устройств возрастают на 5—10 %. Если доля тяжеловесных поездов повышенной массы и длины составляет в перевозочном процессе менее 10 %, то возрастание расходов на содержание пути и постоянных устройств составляет 5 %, если 20 % — то она возрастает до 10 %.

Решение об организации движения поездов повышенной массы и длины требует обеспечения безопасности движения в части исключения случаев проваливания колесных пар внутрь колеи из-за чрезмерного отжатия головки рельса боковыми силами.

В поездах повышенной массы и длины, как правило, возникают большие продольные и боковые силы. При неблагоприятном стечении обстоятельств это может привести к отжатию головки рельса и проваливанию колесной пары внутрь колеи, особенно на пути на деревянных шпалах с костыльным скреплением.

Действующие «Временные методические указания по обеспечению безопасности движения грузовых поездов повышенного веса и длины ЦД-ЦТ-ЦП/4805» не полностью охватывают весь диапазон возможных ситуаций, поэтому во ВНИИЖТе проведена работа по дополнению этого документа.

Дано численное исследование процесса отжатия головки рельса («раскантовки») при действии возможных случаев вертикальных и боковых нагрузок в прямых и кривых участках пути на деревянных шпалах. Рассматриваются варианты «с негодными скреплениями» — 15 %, 30 % и 60 % «негодных скреплений». «Раскантовка» рельсовой колеи определяется достижением критического отклонения головки рельса, когда возможен провал колесной пары внутрь колеи. Проверена адекватность расчетных и экспериментальных данных.

Боковые силы, действующие в поездах повышенной массы, замерялись непосредственно в экспериментальных поездках на действующих линиях.

Проведенные экспериментальные замеры боковых сил, действующих в поездах повышенной массы, и проведенные расчеты позволяют дать рекомендации по исключению случаев проваливания колесных пар при организации движения поездов повышенной массы и длины.

При оценке безопасности движения рассмотрим влияние системы содержания железнодорожного пути на возникновение опасных ситуаций.

Для обеспечения безопасности движения поездов все сооружения и устройства должны содержаться в исправном состоянии. Это касается и железнодорожного пути, доля которого составляет порядка 50 % основных фондов железных дорог.

Для обеспечения исправного состояния железнодорожного пути определяется система его содержания. В Советском Союзе при плановом подходе к ведению народного хозяйства эта система определялась «Положением о проведении планово-предупредительного ремонта верхнего строения пути, земляного полотна и искусственных сооружений железных дорог СССР». Это положение регламентировало типы верхнего строения пути, виды путевых работ и сроки их проведения. При этом периодичность проведения тех или иных работ устанавливалась в пропущенном тоннаже.

После распада СССР, при переходе к рыночным условиям функционирования возникла необходимость переработки указанного Положения. Необходимо было ввести большую дифференциацию категорий путей и видов ремонтно-путевых работ. Было разработано несколько вариантов системы ведения путевого хозяйства. В 2003 г. вышло «Положение о проведении планово-предупредительных ремонтно-путевых работ на железных дорогах Украины». Это положение предусматривает 8 категорий пути и следующие основные виды ремонтно-путевых работ: модернизацию пути, усиленный капитальный ремонт, капитальный ремонт с использованием старогодных материалов, капитальный ремонт стрелочных переводов, капитальный ремонт стрелочных переводов с использованием старогодных материалов, усиленный средний ремонт пути, средний ремонт, комплексно-оздоровительный ремонт пути, сплошную смену рельсов новыми и старогодными, сплошную замену металлических частей стрелочных переводов новыми, сплошную замену металлических частей стрелочных переводов старогодными, средний ремонт стрелочных переводов, капитальный ремонт железнодорожных переездов, искусственных сооружений и земляного полотна.

Классификация путей осуществляется в зависимости от максимальных установленных скоростей движения пассажирских и грузовых поездов, а также от грузонапряженности линии.

Назначение ремонтно-путевых работ осуществляется по основным и дополнительным критериям. Основным критерием для назначения модернизации и капитальных ремонтов является пропущенный тоннаж или срок службы в годах. Для средних ремонтов — загрязненность балласта и количество негодных шпал. Для комплексно-оздоровительного — количество отступлений от норм содержания пути второй и более высоких степеней. Дополнительным критерием для модернизации и капитального ремонта являются одиночный отказ рельсов, количество негодных шпал и скреплений. Для средних и комплексно-оздоровительных ремонтов — процент негодных скреплений и шпал с выплесками.

Положением предусмотрены условия эксплуатации пути с просроченными сроками выполнения ремонтов.

Принятая система позволяет сократить расходы на выполнение ремонтно-путевых работ, но при этом обеспечивает необходимый уровень зависящей от состояния пути безопасности движения поездов.

Существенное влияние на обеспечение безопасности движения поездов оказывают геоинформационные технологии.

В принятом Государственной Думой Федеральном законе «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации», вступившем в силу с 19 мая 2003 г., одна из глав посвящена безопасности на железной дороге. В ней говорится, что федеральный орган исполнительной власти в области железнодорожного транспорта осуществляет государственный контроль (надзор) за соблюдением требований актов в области «...предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Этот орган, а также владельцы инфраструктур и перевозчики «входят в единую государственную систему предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера...».

В законе конкретно не прописано, что собой представляет «единая государственная система предупреждения и ликвидации последствий», однако то, что в ее составе должна функционировать географическая информационная система железнодорожного транспорта (ГИС ЖДТ), созданная на высокоточных геодезической, картографической и фотограмметрической основах, является непременным условием. Система предназначена для решения задачи

обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте в случае возникновения чрезвычайных ситуаций «природного характера».

Сейчас уже известно, что случившаяся 16 августа 1988 г. железнодорожная катастрофа на 307-м километре Октябрьской железной дороги (недалеко от станции Бологое) произошла не по вине ремонтной бригады, а именно в результате возникновения чрезвычайной ситуации «природного характера». Как обоснованно утверждают специалисты Центра инструментальных наблюдений за окружающей средой и геофизических прогнозов, функционирующего при Министерстве обороны России, действительной причиной катастрофы стал малоизвестный тектонический процесс типа медленного землетрясения, развитие которого было выявлено в районе станции Бологое еще накануне катастрофы посредством путеизмерительного вагона. Его бортовые приборы показали на 307—308-м километрах недопустимые дефекты полотна. После этого на опасном участке было введено резкое ограничение скорости, туда направили ремонтную бригаду и были выполнены все необходимые восстановительные работы. Затем ограничение скорости на опасном участке было снято. Однако медленно развивающийся разрушительный тектонический процесс не был выявлен и на другой день фирменный поезд «Аврора» неожиданно налетел на вздыбившееся бугром железнодорожное полотно. Экстренное торможение не помогло — локомотив и три первых вагона на скорости проскочили через бугор, а остальные 12 вагонов рухнули под откос. 36 человек сгорели заживо, более 100 в тяжелом состоянии оказались в больнице.

Если бы в то время железная дорога (в крайнем случае ее опасные участки) была оснащена высокоточными измерительными средствами и датчиками деформаций, которые бы функционировали в режиме мониторинга, а данные с этих средств непрерывно поступали в ГИС ЖДТ, откуда (после обработки и анализа) в виде нескольких вариантов управленческих решений — в информационную систему железной дороги более высокого уровня, то можно было бы не только заблаговременно выявить упомянутый тектонический процесс, но и предотвратить катастрофу. Однако в то время ГИС ЖДТ в МПС если и рассматривалась, то только в качестве проектов на отдаленную перспективу.

В настоящее время эта перспектива наступила и в соответствии с принятой Концепцией создания ГИС ЖДТ и Программой инфор-

матизации железнодорожного транспорта России такие системы предполагается использовать для информационно-аналитического обеспечения комплексов информационных технологий. Необходимо учитывать, что в России на рынке транспортных услуг помимо ОАО «РЖД» появилось большое количество независимых коммерческих участников перевозочного процесса, деятельность которых направлена на извлечение максимальной прибыли, зачастую в ущерб безопасности движения. Такое разделение единого железнодорожного комплекса России неизбежно приводит к формированию внутри него новых «стыков взаимодействия» и, как следствие, к появлению новых факторов риска возникновения нарушений безопасности движения.

Заслуживают внимания исследования, направленные на разработку мероприятий по повышению безопасности движения в пригородном сообщении и при использовании «окон» для пропуска поездов.

Пассажирские комплексы не в полной мере отвечают требованиям безопасности перевозки пассажиров. Они не могут обеспечить безопасность пассажиров в условиях создания и функционирования интермодальных транспортных систем в пригородном пассажирском сообщении (ИТС). Принципы создания и функционирования ИТС требуют затрат минимального времени на пересадку между видами транспорта, поэтому на небольшой площади должна быть сосредоточена инфраструктура нескольких видов транспорта, в то же время должен быть обеспечен беспрепятственный и безопасный проход пассажиров. Для этого в пассажирских комплексах необходимо сооружать эскалаторные переходы.

Даже пересадка на железнодорожном транспорте, например между электропоездами различной вместимости, влечет за собой снижение безопасности перевозки, так как практически на всех станциях имеется только один пешеходный мост, расположенный или в начале/конце платформы или в середине, и пассажиры создают давку либо, нарушая правила безопасности, спускаются на железнодорожные пути. Зонные технические станции в настоящее время не предусматривают такой технологии перевозки пассажиров и требуют соответствующего развития тоннелей, пешеходных мостов, эскалаторов и т.д. В современных условиях для пересадки между поездами различной секционности наиболее подходят станции с островными платформами. Причем желательно наличие на стан-

ции двух островных платформ (для четного и нечетного направлений). Эти платформы должны соединяться между собой пешеходными мостами и тоннелями с выходом к пассажирскому зданию и на автостоянку. При наличии же только одной островной платформы снижается удобство пересадки, также необходимо варьировать соответствующим образом расписание электропоездов, из-за чего может изменяться время доставки к начально-конечным пунктам, что неудобно для пассажиров и изменяет время работы других видов транспорта при согласованном расписании. Для зонных технических станций должны быть разработаны соответствующие стандарты их строительства и развития.

Организация перевозки пассажиров «от двери до двери» сопряжена с проблемой безопасности перевозки в пунктах пересадки ИТС. Даже на станциях пригородного участка с массовой посадкой (высадкой) пассажиров нет специализированных переходов между железнодорожным и автотранспортом. Для пересадки в автотранспорт часто необходимо пересекать проезжую часть. Посадка-высадка пассажиров в автобусы и маршрутные такси зачастую осуществляется на проезжей части, а не на специально оборудованных площадках.

Явно прослеживается необходимость создания смешанных вокзалов, где на одной площади представлена инфраструктура железнодорожного и автотранспорта, а в некоторых случаях и других видов транспорта. Такие комплексы уже планируется ввести в эксплуатацию на ряде станций, таких, как Калуга, Рязань. Это позволит улучшить координацию видов транспорта, сократить время пересадки, а значит и общее время нахождения человека на транспорте, улучшить систему труда и отдыха водителей и техническое обслуживание транспортных средств. Самое главное — повысится безопасность нахождения человека в транспортной инфраструктуре.

Создание и функционирование ИТС сопряжено со строительством и стандартизацией смешанных вокзальных комплексов, развитием пассажирских устройств на станциях пересадок и зонных технических станциях, что в значительной степени повышает безопасность нахождения пассажиров и работников транспорта в транспортной инфраструктуре при совершении пересадок между транспортными средствами одного и того же вида транспорта или различных видов транспорта.

Рассмотрим организацию безопасного пропуска соединенных и длинносоставных поездов в летний период проведения «окон».

Одним из эффективных способов быстрого восстановления ритмичной работы железнодорожных направлений и участков после проведения капитального ремонта пути на полигонных участках сети железных дорог в летний период является пропуск соединенных и длинносоставных поездов. Применение этого способа организации движения поездов на линейных и полигонных участках сети всегда требует предварительного проведения инженерных расчетов по оптимизации продолжительности «окна» и технологических параметров пропуска поездов после него, а также проведения организационно-технических мероприятий. Технологические параметры пропуска задержанных поездов существенно зависят от архитектуры (схемы) полигона, количества задержанных поездов, существующих размеров движения на участках, наличной пропускной способности участков и станций и других факторов. Важным аспектом при этом является безопасность пропуска задержанных поездов в кратчайшие сроки. Пропуск задержанных поездов может осуществляться при малых размерах движения поездов как по участку, на котором выделено «окно», так и по параллельным ходам, а при больших размерах движения всегда используются 1—2 параллельных хода. Схемы полигонов могут иметь различную форму и различное количество путей на перегонах, различные виды поездной связи, тягу, число сортировочных, участковых и промежуточных станций и соответствующие пропускные способности.

Безопасный пропуск соединенных и длинносоставных поездов после проведения капитального ремонта путей требует:

- определения пунктов и технологических возможностей формирования-расформирования данных категорий поездов на технических станциях полигона;

- определения количества поездов, пропускаемых по каждому параллельному пути, назначения вагонов, включаемых в соединенные и длинносоставные поезда с учетом соблюдения срока доставки и снижения переработки вагонопотока на сортировочных станциях, выделения (проложения) согласованных ниток пропуска этих категорий поездов на графике движения;

- сосредоточения на технических станциях после завершения ремонтных работ резерва или своевременного подведения утверж-

денных бригад машинистов и локомотивов соответствующих серий для вождения соединенных и длинносоставных поездов. Локомотивные бригады должны иметь ресурс времени, необходимый для безостановочного пропуска между техническими станциями;

- проведение проверки системы электроснабжения на электрифицированных линиях, а также рельсовых цепей для пропуска данных категорий поездов и при необходимости выполнение их усиления. Кроме того, требуется уточнить гарантийное вагонное плечо при пропуске поездов кружностью (по параллельным ходам), чтобы оно не превышало установленного норматива;

- при пропуске соединенных и длинносоставных поездов осуществление постоянного контроля диспетчерского аппарата за пропуском, скрещиваниями и обгоном этих поездов на промежуточных станциях участков.

Как показывает практика, хорошая предварительная подготовка по пропуску поездов после проведения капитальных ремонтов пути обеспечивает надежный, безопасный и эффективный пропуск соединенных и длинносоставных поездов и выполнение производственных показателей работы подразделений железных дорог.

5.3. Технические нормативы содержания стрелочных переводов, обеспечивающие безопасность движения

Стрелочные переводы являются наиболее сложной и ответственной конструкцией верхнего строения. Многие элементы стрелочных переводов изнашиваются быстрее, чем элементы верхнего строения примыкающих путей, так как на стрелочных переводах значительно увеличиваются ударно-динамические воздействия колес подвижного состава.

В целях обеспечения безопасности движения на стрелочных переводах нужно особое внимание уделять соблюдению ширины желобов остряка, крестовины и контррельса, положению контррельса относительно крестовины, норм и допусков по ширине колеи и уровню. Также важно следить, чтобы допускаемые скорости движения поездов по стрелочным переводам соответствовали установленным нормам износа их элементов.

Ширина желоба отведенного остряка в конце его строжки должна быть такой, чтобы между ним и рамным рельсом в промежут-

ке свободно проходили гребни колес. Необходимо, чтобы при самом неблагоприятном случае при плотном прижатии гребня колеса к прямому острию колеса проходило желоб свободно, в крайнем случае лишь касаясь гребнем нерабочей части отведенного острия. Наиболее неблагоприятным является такое положение: колесная пара имеет минимальную насадку, максимально изношенный гребень у колеса, а ширина колеи имеет наибольший размер.

Тогда минимальное значение ширины желоба составит 66 мм.

Эту величину желоба обычно увеличивают на 3 мм для учета влияния возможных люфтов в переводном механизме. Получается минимальное значение — 69 мм.

Контррельсы служат для предотвращения ударов гребней колес в сердечник крестовины или попадания их в несоответствующий желоб крестовины из-за поперечного смещения колесной пары на протяжении вредного пространства при противошерстном движении. Контррельсы нужно располагать против вредного пространства в крестовине так, чтобы концы параллельной путевому рельсу прямой части контррельсов заходили с одной стороны за горло крестовины, а с другой — за сечение сердечника шириной 40 мм на длину 100—300 мм.

Безопасный проход колесных пар через крестовину обеспечивается двумя основными условиями: расстояние между рабочей гранью контррельса и сердечником крестовины должно быть не менее 1477 мм (или 1474 мм при ширине колеи 1520 мм), чтобы исключить возможность задевания гребнем колеса за сердечник крестовины, а расстояние между рабочей гранью контррельса и рабочей гранью усовика должно быть не более 1435 мм, чтобы колесные пары не могли заклинить между контррельсом и усовиком.

Ширину колеи и ширину желоба контррельса можно увеличить или уменьшить на одну и ту же величину (даже в пределах допусков +8 и –2 мм, но без изменения положения крестовины и контррельса; размеры 1477 и 1435 мм также не изменяются, так как они определены относительно рабочей грани контррельса, а не путевого рельса.

На стрелочных переводах размеры 1477 и 1435 мм часто контролируют не непосредственно, а измерением ширины колеи и ширины желобов.

На крестовине недостаточно проверять только ширину колеи, нужно обязательно проверять также и ширину желобов.

С учетом допусков на износ контррельса и монтажные неточности установлена нормальная ширина желоба, равная 4 мм с допусками ± 2 мм.

Допускаемые отклонения установлены ± 2 мм, но использовать их, как и допуски по ширине желоба контррельса и по ширине колеи в крестовине, можно только при соблюдении условия, чтобы расстояние от рабочей грани контррельса до рабочей грани усовика было не более 1435 мм и до рабочей грани сердечника — не менее 1477 мм. Например, суженная на 2 мм ширина желоба контррельса, равная 42 мм, и суженная на 2 мм ширина желоба крестовины, равная 43 мм, одновременно недопустимы, так как расстояние от рабочей грани контррельса до рабочей грани усовика будет в этом случае даже при нормальной ширине колеи $1524 - (42 + 43) = 1439$, что больше 1435 мм.

Ширина желоба в горле крестовины определяется из того же условия, что и ширина желоба между рамным рельсом и отведенным остряком.

В приведенных данных имеется некоторый запас, так как одновременное совпадение наиболее неблагоприятных значений многих переменных величин (отступление от нормы по ширине колеи, упругое расширение колеи, износ гребня, отступления по насадке колес, упругое изменение насадки вследствие изгиба оси) маловероятно.

Нижние части гребня колеса, катящегося «против шерсти» через крестовину, при входе в желоб крестовины опускаются в него сверху. Поэтому при некотором нарушении размера 1477 мм может произойти не удар в острие сердечника, а поперечное смещение колесной пары в сторону контррельса, вызванное скольжением опускающегося в желоб гребня по наклонной боковой грани начала сердечника. С учетом этого обстоятельства на основании специальных исследований вместо размера 1477 мм введен размер 1474 мм. Это создает более благоприятные условия для обеспечения размера 1435 мм и ширины желобов.

Нормы содержания ширины колеи на стрелочных переводах установлены на основании расчетов и опыта. От этих норм установ-

лены более жесткие, чем от норм для пути на прямом участке вне переводов, отступления: у острья и в корне остряка ± 2 мм, в середине переводной кривой и в стыке рамного рельса $+3$ и -2 мм, в крестовине и в конце кривой ± 2 мм.

Допускаемые отклонения в размерах ширины желобов у контррельса (± 2 мм) и в крестовине (± 2 мм) могут быть использованы не всегда, а только при условии соблюдения расстояний «не более 1435 мм» и «не менее 1474 мм». В противном случае установленные допуски уменьшаются до величин, обеспечивающих эти расстояния.

Поверхность катания всех рельсов, остряков и крестовин на стрелочных переводах располагают в одном уровне. В зоне перекачивания колеса с усовика на сердечник усовики имеют повышение, а острие сердечника — понижение относительно общего уровня.

Отклонения по уровню на стрелочных переводах установлены ± 4 мм с отводом, не круче: 1 мм на 1 пог. м — на главных путях, а при скорости более 120 км/ч — 1 мм на 1,5 пог. м; на станционных и подъездных путях — от 1 до 3 мм на 1 пог. м.

Нормы допускаемого износа металлических частей переводов зависят от их типа, значения пути и скоростей движения поездов. С повышением скоростей движения поездов введены более строгие нормы износа.

Благодаря усилению стрелочных переводов скорость по прямому направлению при марке крестовины 1/11 увеличена до 120 км/ч при рельсах Р50 и до 140 км/ч при рельсах Р65 (испытаниями выявлена возможность ее повышения до 160 км/ч).

Возвышение упорной нити переводной кривой на стрелочных переводах не делают. В этом случае допускаемая скорость по переводной кривой составляет

$$v_{\max} = 3\sqrt{R_c},$$

где R_c — радиус переводной кривой.

При наезде гребней колес на направляющие грани контррельсов и усовиков весь вагон не поворачивается, как при наезде на остряк.

Поперечное смещение колесных пар при наезде на усовики составляет 7 мм, на контррельсы — 3,4 мм, а при наезде на остряк — 25 мм. Поперечное смещение получают только колесные пары,

в меньшей степени — тележки. Благодаря смягчающему влиянию рессор указанные смещения практически не доходят до масс кузова вагонов и локомотивов. Следовательно, ударное воздействие при наезде гребней на направляющие грани контррельсов и усювиков значительно меньше, чем при наезде на остряк, так как в ударе участвуют значительно меньшие массы подвижного состава.

Для скоростей движения до 160 км/ч по прямому направлению применяются стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11. В этих переводах уменьшена ширина желобов в горле с 68 до 62 мм и в контррельсе с 44 до 42 мм, уменьшена ширина колеи с 1524 до 1520 мм. Кроме того, достигнуто положение направляющей грани усювика (при противошерстном движении) за счет того, что желоба крестовины шириной 45 мм начинаются не от ее математического центра, а от сечения, в котором ширина сердечника составляет 30 мм. Поэтому уменьшается угол удара гребней колес в усювик, что благоприятно для безопасности движения.

Рассмотрим мероприятия по повышению безопасности функционирования технических средств на стрелочных участках.

Под безопасностью роспуска вагонов понимается свойство процесса роспуска обеспечивать неопасное состояние движения отцепов с момента его отрыва на горбу горки и до момента его полной остановки на сортировочном пути парка заполнения в заданной координате.

Важнейшей функцией подсистемы управления маршрутом движения отцепов является контроль свободности стрелочных участков (СУ).

Для предотвращения опасных последствий или, по крайней мере, уменьшения риска возможных последствий каждое из опасных состояний должно парироваться. Такие методы построения технических средств, как дублирование и резервирование, предназначены, в основном, для повышения надежности устройств, но они не позволяют достигнуть определенных показателей достоверности обнаружения подвижных единиц и обеспечить ресурсосбережение.

В отличие от известных методов комплексирование предполагает использование совместной работы нескольких технических средств, обеспечивая при этом требуемые показатели достоверности обнаружения.

Применительно к комплексированной защите СУ классификация опасного состояния заметно облегчается. Объясняется это тем, что опасные состояния могут возникать как в случае пропуска объектов, так и в случае ложной фиксации. Это означает, что при нахождении отцепа в стрелочной зоне оценивается опасное состояние, возникающее в связи с пропуском объекта, а при отсутствии отцепа возникает ошибка типа «ложная фиксация».

Основными критериями обнаружения опасного состояния СУ при комплексированной защите являются достоверность и своевременность обнаружения подвижной единицы в зоне контроля. Количественными оценками при этом служат вероятности ошибочных решений: пропуска объекта и ложной фиксации.

Датчиками защиты, рекомендованными эксплуатационно-техническими требованиями к технологии, техническим средствам механизации и автоматизации сортировочных станций, являются радиотехнический (РТД-С) и индуктивно-проводной (ИПД). Совместная комплексированная работа этих датчиков позволяет, с одной стороны, уменьшить ошибку типа «пропуск отцепа», что повышает достоверность правильного обнаружения, с другой стороны, повышается вероятность ложной фиксации. Таким образом, структура узла принятия решения может быть представлена трехканальным обнаружителем, работающим по пороговому принципу: два канала РТД-С и один ИПД.

Оптимизация вероятностей ошибок обнаружителя достигается вариантами совместной процедуры объединения разумного числа каналов обнаружителей.

Парирование опасных состояний предполагает многовариантные решения в зависимости от уровня избыточности информационной составляющей, контролирующей тот или иной датчик, включая и средства диагностики реализуемых алгоритмов решения задач, возможности принятия решения о реконфигурации функциональных алгоритмов управления.

Рассмотрим аппаратуру дополнительного контроля стрелочных переводов типа АБАКС-КС.

Модификация АБАКС-КС выполнена Уральским отделением ВНИИЖТа по заданию ЦШ РЖД. Основным отличием АБАКС-КС от базового варианта исполнения аппаратуры является обес-

печение дополнительного контроля положения стрелки с одновременной проверкой плотности прилегания остряка к раме. При этом дополнительный контроль является информационным, но в случаях серьезных нарушений в схеме контроля стрелки (отжим более 4 мм, перепутывание линейных проводов контроля, ложный контроль) схема АБАКС-КС блокирует включение реле контроля ПК/МК и делает невозможной установку маршрута по стрелке.

Аппаратура АБАКС-КС включает в себя типовые датчики контроля прилегания остряков, устанавливаемые в шейках рамных рельсов, блок контроля положения стрелки БКПО-3, устанавливаемый в муфте возле привода. На посту ЭЦ устанавливаются на стативе блоки включения реле положения стрелки БВРП — по одному для каждой оборудуемой стрелки или двух спаренных стрелок (блоки собраны в корпусах реле НМШ); источник питания для napольных устройств (блоков БКПО-3 на стрелках) — один для 10 стрелок, сигнализатор предотказного состояния стрелок СКС-ДСП, устанавливаемый на пульте-табло дежурного по станции — один для каждой стрелки или двух спаренных стрелок.

Аппаратура действует следующим образом. После перевода стрелки, если прижатый (например, плюсовой) остряк занял положение ближе 4 мм к рамному рельсу, в блоке БВРП отпирается тиристорный оптрон, включенный последовательно с обмоткой реле, «дает разрешение» на включение реле контроля положения ПК. При подключении питания обмотки ПК от блока ПС-220 реле встает под ток и через транзисторный оптрон обратной связи происходит проверка обтекания током цепи питания ПК. Если реле находится под током, на сигнализаторе СКС-ДСП включается светодиод «+», сигнализирующий о нормальной работе устройств контроля. При проходе по стрелке подвижного состава и появлении кратковременного отжима остряка возможно кратковременное выключение управляющей цепи тиристорного оптрона, но при этом выключения питания реле ПК не произойдет, так как для отключения тиристора в цепи ПК нужно снять напряжение питания обмотки, а это произойдет только при переводе стрелки, когда питание всех цепей сбросится, и схемы БМРЦ обесточатся. В то же время, кратковременные отжимы остряка передаются на сигнализатор СКС-ДСП в виде информации о предотказном состоянии стрелок (мигающий красный индикатор «отказ») и информируют ДСП о высокой вероятности неполучения контроля стрел-

ки после очередного перевода. В этом случае ДСП должен вызвать дежурного электромеханика и бригадиров путейцев для выяснения причин срабатывания сигнализации.

Если при проведении работ с кабелем допущено перепутывание линейных проводов контроля стрелки или предпринимается попытка передачи на пост ЭЦ ложного контроля, то при включении устройств БМРЦ блок ПС подаст питание в цепь обмотки реле МК, а оптрон в цепи реле ПК будет подготовлен для отпирания в блоке БВРП и, таким образом, оба реле останутся обесточенными.

Если после перевода стрелки остряк окажется в положении дальше 4 мм от рамы, блок БВРП не включит реле положения. На блоке БВРП имеется светодиодная индикация режимов работы для облегчения поиска и устранения неисправностей.

При возникновении неисправности самой аппаратуры АБАКС-КС (излом датчика, обрыв питания и т.д.) ее можно отключить на время восстановления работоспособности опломбируемой блокировочной кнопкой БК на сигнализаторе СКС-ДСП, зашунтировав цепи оптронов. Это позволит осуществлять пропуск поездов и открывать сигналы. При этом на сигнализаторе у ДСП будет включена аварийная сигнализация «отказ» до устранения причин отказа АБАКС-КС. Перед блокированием аппаратуры ДСП должен убедиться в неисправности стрелочного перевода и сделать соответствующую запись в журнале ДУ-46.

Приведенное описание аппаратуры АБАКС-КС показывает, что найден оптимальный вариант ее применения. Действительно, с одной стороны обеспечивается контроль плотности прилегания остряков к рамным рельсам стрелочных переводов, осуществляемый непосредственно в зоне «остряк— рамный рельс». С другой стороны, сведены к минимуму неоправданные задержки движения поездов при отказах аппаратуры. Плюс к этому дополнительно контролируется положение стрелочного перевода и обеспечивается страховка от перепутывания линейных проводов контроля двухпроводной схемы. Все это в целом способствует повышению безопасности движения поездов по стрелочным переводам.

Аппаратурой могут быть оборудованы стрелочные переводы, не входящие в централизацию, в том числе ручные стрелки. При этом удаленность стрелок от поста ЭЦ может достигать 10—12 км.

5.4. Технические нормативы содержания искусственных сооружений, обеспечивающие безопасность движения

Рассмотрим эффективность проводимых мероприятий по обеспечению безопасной работы малых мостов и труб.

Известны случаи, когда эксплуатируемые малые мосты и водопропускные трубы работают напряженно, не в расчетном режиме, подвергаются разрушениям и подлежат реконструкции. Принимаемые технические решения по восстановлению поврежденных объектов чаще сводятся к замене их на сооружения с увеличенными отверстиями, даже если существующее сооружение не разрушено полностью, может быть отремонтировано с относительно небольшими затратами, а повреждения обусловлены, главным образом, разрушениями земляного полотна, размывами русел, повреждениями второстепенных элементов.

Эффективным и ресурсосберегающим мероприятием может служить вариант усиления сохранившегося водопропускного сооружения фильтрующей прорезью, принимающей на себя часть расхода водного потока, поступающего с водосбора. При невозможности размещения фильтрующей прорези требуемого размера по местным условиям, она дополняется сквозными щелевыми отверстиями. Это легко реализуется, если фильтрующая прорезь устраивается из коробчатых габионов. Дополнительное сокращение стоимости сооружаемой комбинированной конструкции достигается применением для заполнения габионов удаляемых при капитальном ремонте пути наиболее крупных фракций щебня старого балластного слоя.

Габионные конструкции являются весьма универсальными, их применение в ряде случаев позволяет сократить время на ремонтно-восстановительные работы, обеспечить экономию трудозатрат, повысить надежность и безопасность работы сооружений. Они используются как для вновь проектируемых или реконструируемых сооружений, так и для эксплуатируемых мостов или водопропускных труб, не справляющихся с пропуском расчетных расходов воды во время ливневых паводков.

Обеспечение безопасного функционирования транспортных зданий, сооружений и их элементов успешно регламентируется Пра-

вилами и нормами технической эксплуатации служебно-технических зданий и сооружений на железнодорожном транспорте.

Дадим оценку надежности, грузоподъемности и безопасности движения по металлическим пролетным строениям мостов, изготовленным в 1931—1955 гг. по типовым проектам ГИПРОТРАНСА. Пролетные строения, изготовленные по типовым проектам 1931—1933 гг. Гипротранса НКПС и рассчитанные под нагрузки Н7 и Н8, являются наиболее совершенными клепаными пролетными строениями эксплуатируемых железнодорожных мостов России и, как показал семидесятилетний опыт их эксплуатации, надежными и грузоподъемными по сравнению с применяемыми до 1931 г. Общий вес металла этих пролетных строений, эксплуатируемых на дорогах России, по предварительным оценкам составляет более 300 000 т.

Проведенные МИИТом в 2003—2004 гг. исследования пролетных строений с расчетными пролетами 33,6—144,8 м с детальной оценкой грузоподъемности согласно действующим нормам показали, что эти пролетные строения без повреждений имеют достаточно высокую грузоподъемность, обеспечивающую, как правило, беспрепятственный пропуск современных поездов, за исключением пролетных строений с расчетными пролетами 33,6 м и 87,6 м, имеющих по отдельным элементам недостаточную грузоподъемность пропуска тяжелых нагрузок.

Анализ полученных результатов дает основание утверждать, что одним из эффективных способов повышения грузоподъемности, надежности и сроков эксплуатации этих пролетных строений с учетом роста нагрузок является усиление.

Проведенные расчеты показали, что для усиления рассматриваемых пролетных строений под нагрузку $T_{\text{пр}}$ 10,5 т/м с устройством мостового полотна на безбалластных железобетонных плитах потребуется до 3,1 % нового металла от первоначальной массы пролетного строения, а с мостовым полотном на деревянных поперечинах — до 1,6 %. При усилении под нагрузку С14 с устройством мостового полотна на БМП нового металла потребуется от 2,2 до 10,7%, а при мостовом полотне на деревянных поперечинах — до 7,6 %.

Срок службы пролетных строений с момента усиления может быть продлен минимум на 30—50 лет. Конструктивные решения

усиления клепаных пролетных строений с применением соединений на высокопрочных болтах и современные технологии усиления и защиты металла от коррозии позволяют создать усиленные пролетные строения с высокой стойкостью против хрупких разрушений и повышенной живучестью, что имеет важное значение при эксплуатации мостов в суровых климатических условиях России.

На основании предварительного анализа потребности нового металла для усиления отдельных элементов рассматриваемых пролетных строений под нагрузкой $T_{\text{пр}} 10,5$ т/м и С14 с обеспечением требуемой безопасности пропуска современных и перспективных поездов установлено, что единовременные затраты на усиление будут значительно ниже, чем при замене пролетных строений новыми. Это утверждение базируется на проведенных в МИИТе исследованиях, согласно которым расчетная грузоподъемность по прочности и устойчивости составных элементов пролетных строений из пластичных сталей может быть повышена (до 20 %) по сравнению с получаемой по действующим нормам, в связи с чем число элементов, требующих усиления, и вес металла для усиления могут значительно снизиться.

Выбор усиления или замены пролетных строений должен обязательно происходить на основании технико-экономического сравнения вариантов при реконструкции каждого моста.

При оценке сроков службы (ресурса) пролетных строений и их повышении важнейшим показателем является усталостный ресурс отдельных, наиболее слабых по выносливости элементов. Усталостные разрушения являются наиболее опасными и прогрессирующими видами отказов. Массовое появление усталостных трещин было отмечено в раскосах главных ферм рассматриваемых пролетных строений с ездой поверху по пролетам $\ell_p = 33,6$ м, рассчитанным под нагрузку Н7. В других рассматриваемых пролетных строениях усталостных разрушений в массовом виде пока не отмечено, но вероятность их появления высока. Поэтому при решении вопросов, связанных с продлением сроков службы пролетных строений, необходимо иметь данные об остаточных усталостных ресурсах и способах их повышения.

На сети железных дорог внедряется концепция строительного мониторинга процесса возведения насыпей земляного полотна,

обеспечивающих безопасное движение подвижного состава. Значительно возросли требования к эффективности проектных разработок технологических и организационных решений по обеспечению безопасности строящихся объектов. На реализацию проектов воздействует множество внешних и внутренних случайных факторов, которые определяют возможность возникновения критических и аварийных ситуаций. Особенно высока степень и цена риска принимаемых решений при возведении транспортных сооружений, эксплуатация которых связана с безопасностью движения.

Прогресс в области современных технологий строительного производства, а также объективная необходимость определяют актуальность решения комплекса научно-методологических и инженерно-технических задач, ориентированных на обеспечение качества технологических процессов возведения таких объектов транспортного строительства, как насыпей земляного полотна.

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых показывает, что качество строительного производства при возведении насыпей земляного полотна существенно влияет на безопасность их последующей эксплуатации. Это объясняется тем, что затраты на устранение аварий и разрушений зачастую существенно превышают затраты на сооружение объекта, что недопустимо.

Для создания эффективной системы контроля качества возведения насыпей земляного полотна, позволяющей фиксировать появление отклонений на ранней стадии и обеспечивающей недопущение и своевременное устранение отказов в технологическом процессе, необходимо проводить повторяющееся во времени слежение за процессом с периодом, гарантирующим от неконтролируемого развития отклонений.

Анализ работ в области мониторинга показывает, что к настоящему времени сформировались его теоретические принципы и понятия и сделаны первые шаги в его применении для рассматриваемого объекта — земляного полотна железных дорог, что создает предпосылки для создания системы мониторинга возводимого земляного полотна железных дорог. Основываясь на фундаментальных положениях мониторинга геологической среды, а также положениях экосистемного метода, можно ввести основные понятия для

мониторинга земляного полотна при строительстве железных дорог. Сущность экосистемного подхода к строительству заключается в представлении инженерных сооружений (в данном случае насыпей земляного полотна) в качестве элементов структурных (геотехнических) и функциональных (транспортных) подсистем, создаваемых в результате инженерно-строительной деятельности природно-технических систем.

Наиболее ответственным этапом в процессе возведения насыпи является этап отсыпки и уплотнения грунта в насыпи земляного полотна. Это актуализирует необходимость разработки соответствующих методов и средств оперативного обнаружения, анализа причин, прогнозирование отказовых ситуаций в процессе на основе математических моделей и методов анализа подготовки и поддержки принятых организационно-технологических решений.

Практическая значимость результатов исследования состоит в использовании его основных положений и выводов при проектировании технологических регламентов. Разработанные информационно-вычислительные технологии позволяют анализировать параметры организационно-технологических процессов возведения насыпей с учетом полученных в работе подходов оценки эффективности и надежности выполнения строительных работ.

В итоге следует отметить, что успешное решение задач, поставленных перед транспортными строителями, возможно только на основе применения современных технологий и организации производства всех видов работ с использованием высокоэффективных технических средств.

Современное состояние и тенденции организации проектирования и сооружения объектов транспортного строительства обуславливают постоянное совершенствование системы строительного мониторинга. Это делает актуальным исследование и разработку методов строительного мониторинга с оценкой технико-экономических показателей строительных работ, а также реализацию научно обоснованных методических подходов по оценке инвестиционно-строительных проектов производства определенных видов организационно-технологических операций для обеспечения эксплуатационной надежности транспортных сооружений.

5.5. Мероприятия по предупреждению сходов подвижного состава, вызванных причинами наличия отступлений в содержании железнодорожного пути

Причины сходов подвижного состава связаны с нарушениями в его работе, а также в работе пути.

Основными причинами являются:

- неисправности пути (изломы рельсов, уширение и сужение колеи, недопустимые отступления в содержании пути в плане и профиле, наличие дефектных шпал, потеря устойчивости пути, нарушение правил производства работ, наличие на пути посторонних предметов и нарушение габарита);
- неисправности подвижного состава (изломы ходовых частей, недопустимые отклонения в содержании ходовых частей и в автоцепке, неисправности рамы и кузова), нарушение правил погрузки, формирования поездов и режима ведения поезда;
- неисправности устройств СЦБ и связи (нарушение работы устройств СЦБ и связи, неудовлетворительная видимость сигналов, конструктивные недостатки устройств СЦБ и связи);
- другие недостатки (неправильный подбор кадров, недостаточное обучение работников, нарушение регламента времени отдыха, недостатки в организации рабочего места, неблагоприятные условия труда, низкая трудовая дисциплина и т.д.).

Большинство неисправностей в пути и на подвижном составе появляются не мгновенно, а постепенно. Чем больше пропущенный тоннаж, тем большее их количество может быть и тем больше их размеры. Накопление неисправностей в пути ведет к излому рельсов, креплений, шпал, к резким просадкам пути. Однако дефекты могут появляться и «мгновенно», если нарушаются технология работ и правила их ограждения.

Общее количество сходов подвижного состава распределяется примерно так: 19 % — на главных путях, 47 % — на станционных, 34 % — на стрелочных переводах. Таким образом, свыше 80 % всех сходов происходит на станциях, где скорости движения невелики, поэтому причинами сходов здесь, как правило, являются грубые нарушения норм и правил содержания пути и стрелочных переводов.

На главных путях сходы в основном происходят из-за неудовлетворительных условий взаимодействия пути и подвижного состава. При этом на главных путях (на перегонах) большое значение имеет скорость движения поездов, от которой зависят силы, действующие на путь.

Силы вертикального давления колес на рельсы складываются из собственного веса экипажа (статической нагрузки) и серии дополнительных сил (возникающих от колебаний на рессорах, при перекачивании колес по неровностям на пути, от неровностей на колесах и др.). Из всех перечисленных сил только статическая нагрузка (собственный вес экипажа) постоянна. Все остальные силы переменны, и они, как правило, увеличиваются с ростом скорости движения.

Величины горизонтальных поперечных сил (бокового и рамного давления) зависят от центробежной силы, которая пропорциональна величине непогашенных центробежных горизонтальных ускорений.

Непогашенное центробежное ускорение $a_{\text{нп}}$ (в м/с^2) при скорости движения v (в км/ч), возвышении наружного рельса h (в мм) и ширине колеи S (в мм) определяется по формуле

$$a_{\text{нп}} = \frac{v^2}{3,6^2 R} - \frac{h}{S} g,$$

где g — ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

R — радиус кривой, м .

Для определения величины всех поперечных горизонтальных сил в зависимости от непогашенных ускорений пользуются графиками-паспортами бокового воздействия экипажей на путь в кривой, разработанными О.П. Ершовым, или проводят дополнительные исследования.

Продольные горизонтальные силы возникают из-за угона пути, изменения температуры рельсов, при торможении подвижного состава.

Продольные горизонтальные силы в плетях бесстыкового пути при неблагоприятных условиях могут нарушить устойчивость пути. Поэтому бесстыковой путь рассчитывают на прочность и устойчивость. Порядок расчета и исходные данные приведены в «Технических условиях на укладку и содержание бесстыкового пути». При

расчете прочности принимается, что сумма напряжений, возникающих в рельсе от воздействия подвижного состава с учетом коэффициента запаса прочности и в результате изменения температуры, не должна превосходить допускаемых напряжений.

Важнейшей мерой по предотвращению сходов является выполнение всех требований, изложенных в инструкциях по текущему содержанию, по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ и в других нормативных актах. Рассмотрим применение технических и технологических мер по предотвращению наиболее распространенных в последние годы сходов из-за распора колеи, излома рельсов в стыках по дефектам 52.1 и 53.1, выжимания порожних вагонов в кривых из-за избытка возвышения и т.п.

- Применение противораспорных костыльных подкладок к рельсам Р65 и Р75 (рис. 5.2) с ассиметричной относительно рельса и увеличенной площадью опирания, предотвращающих сход колес с рельсов из-за распора колеи и напresseвки снега, а также снижающих возможность выжимания вагонов. Макетные образцы указанных подкладок испытаны; рабочие чертежи, технические условия утверждены.

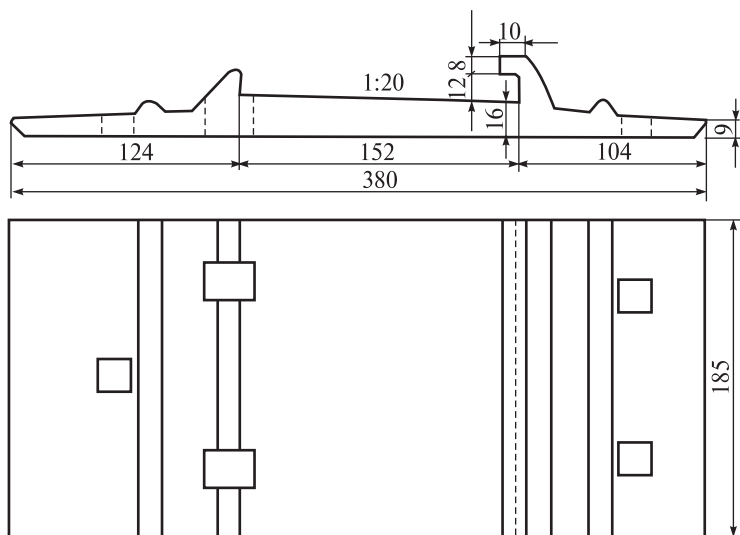


Рис. 5.2. Противораспорная костыльная подкладка к рельсам Р65 и Р75;

- Установка шестидырных стыковых накладок к рельсам Р65 и Р75 с шарнирным опиранием на верхнюю часть шейки, предотвращающих разрыв шейки рельсов по дефектам 52.1 и 53.1, а также повышающих стабильность затяжки гаек стыковых болтов.

- Использование клинчатых подрельсовых и наспальных прокладок, позволяющих регулировать ширину колеи (в том числе и на железобетонных шпалах) на величину ± 12 мм без передвижки прокладок относительно шпал за счет изменения подуклонки в пределах допусков.

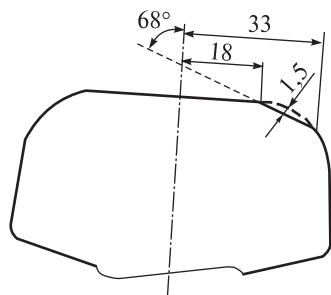


Рис. 5.3. Схема шлифовки фаски на рабочем закруглении головки новых рельсов

- Создание фаски глубиной 1—1,5 мм на рабочем закруглении головки рельсов наружной нити кривых $R \geq 400$ м (рис. 5.3), позволяющей в 2—3 раза уменьшить отказы рельсов по дефектам 21 и 11 за счет передислокации контакта в среднюю часть поверхности головки. Профильная шлифовка производится рельсо-шлифовочным поездом (РШП) на новых рельсах (плетях) после укладки их в путь, в последующем фаска возобновляется по мере ее «закатывания» или износа.

- Разделение контакта подошвы рельса с резиновой прокладкой, позволяющее предотвратить изломы бесстыковых рельсовых плетей под поездами по дефекту 69.

- Исключение необходимости весенней и осенней разгонки зазоров в условиях резко континентального климата (Север, Сибирь, Дальний Восток) на участках звеньевого пути с рельсами длиной 25 м за счет затяжки гаек осенью до $M = 60—100$ кгс·м и отпуска весной до $M = 25$ кгс·м.

- Применение рельсов нового профиля Р65 ННК и Р75 ННК для наружной нити кривых, предотвращающих остроконечный накат гребня колес и снижающих в 2—3 раза контактно-усталостные повреждения (дефекты 21 и 11).

- Широкое применение способа остановки роста внутренней поперечной усталостной трещины в головке рельса, которое заключается в разрядке продольных сжимающих остаточных напряжений вышлифовкой наклепа над трещиной в зоне рабочего закругления

головки (рис. 5.4) с постановкой (для страховки) шестидырных накладок на четыре крайних болта. Накладки размещают так, чтобы зона рельса с трещиной находилась в средней части накладок. Указанный способ позволяет эксплуатировать бесстыковые рельсовые плети с дефектом 21.2 без ограничения скорости до плановой сплошной смены.

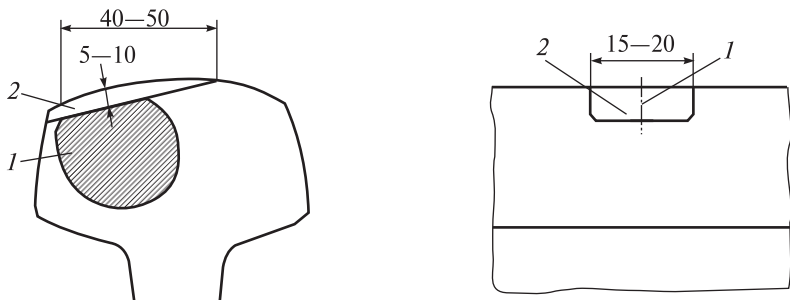


Рис. 5.4. Схема выполнения вышлифовки для остановки роста трещины:
1 — трещина; 2 — зона вышлифовки

- Ликвидация избытка возвышения наружного рельса в кривых. Путейцам-руководителям и ревизорам (РБП и УРБП) необходимо провести в дистанциях пути разъяснительную работу, направленную на понимание того, что дефицит возвышения наружного рельса в кривых затрудняет сход колес с кривых из-за вкатывания гребня на рельс и распора колеи вследствие дополнительного перегруза наружных колес через наружные скользуну. Избыток же возвышения приводит к обезгрузке наружных колес и облегчению схода из-за вкатывания гребня на боковую изношенную грань головки рельса и из-за раскантировки. Поэтому ликвидация избытка возвышения имеет большое значение не только для предотвращения схода колес, но и для снижения интенсивности бокового износа наружного рельса в кривых и гребней колес.

Рассмотрим безопасность движения и меры по предотвращению аварийных ситуаций в зависимости от соотношения горизонтальной поперечной силы к вертикальной.

На железных дорогах Франции, США, Канады в качестве одного из основных нормируемых показателей безопасности движения колес по рельсам является отношение H/P , где H — горизонталь-

ная поперечная нагрузка от колеса на головку рельса, P — вертикальная нагрузка от колеса на рельс. Для рельсов, близких по весовой категории к нашим Р65, при деревянных шпалах и костыльном скреплении обычно для оценки обеспечения безопасности используют неравенство

$$H/P \leq 0,4.$$

Большинство сходов колес с рельсов в организованных поездах в последние годы происходит под порожними или малозагруженными вагонами (цистернами) в средней или хвостовой частях поезда (более 60 %). Головная часть поезда (локомотив и несколько вагонов) остаются на рельсах. Известно, что вертикальная нагрузка от колес порожнего вагона в 4—5 раз меньше, чем от колес локомотива или полногрузного вагона. Поэтому, если в пути возникает аварийное по прочности место, то аварийная ситуация создается на локомотиве, а не в порожнем вагоне, находящемся в средней или хвостовой части поезда. То же самое можно сказать и о вагоне. Если в его ходовых частях имеется слабое место, то оно должно проявиться, когда этот вагон следует в полногружном состоянии, а не в порожнем. Эти доводы позволяют утверждать, что указанные сходы колес под порожними вагонами в средней или хвостовой частях поезда не связаны с недостаточной прочностью пути или вагонов, а обусловлены повышенным отношением горизонтальной поперечной силы H к вертикальной P .

Сход колес в средней или хвостовой частях поезда, особенно под порожними вагонами (цистернами), происходит из-за сверхнормативного бокового воздействия гребней колес тележки на боковую грань головки рельса, обусловленного жестким (неплавным) торможением поезда.

Основными причинами схода колес в средней или хвостовой частях поезда при его торможении являются: вкатывание гребня обезгруженной тележки порожнего вагона на боковую грань головки рельса; распор колеи на участках с деревянными шпалами и типовым костыльным скреплением и сдвиг рельсошпальной решетки колесами обезгруженной тележки на участках с железобетонными шпалами. Во всех перечисленных случаях первопричиной схода является одновременное неблагоприятное сочетание нескольких фак-

торов: возникновение сверхнормативных продольных сил сжатия в поезде, обусловленных жестким торможением и неблагоприятным сочетанием профиля и плана линии; наличие эксцентриситетов передачи продольных сжимающих поездов сил — горизонтальных и вертикальных; наличие в вагоне вследствие синфазности колебаний обезгруживающих сил, так как у порожних и малозагруженных вагонов полубаза вагона не является гирационным радиусом инерции; использование тележек, имеющих непараллельность осей; разность диаметров кругов катания колес в колесной паре и т.п.

Сопутствующим фактором, способствующим сходу колес под порожними вагонами в средней части поезда, особенно с повышенным центром тяжести (цистерны, хопперы и т.п.), является избыток возвышения наружного рельса в кривых, облегчающий вкатывание на наружный рельс гребней колес, обезгруженных вследствие перевалки кузова на внутренние скользуны и раскантовку наружного рельса (наклон наружу колеи). При этом способствует выжиманию порожних вагонов в кривых с избытком возвышения и боковой износ головки наружного рельса. Распространенной причиной схода не только порожних, но и груженных вагонов в средней и хвостовой частях поезда является накатывание подрезанного гребня тележки на торец неприлегающего острия остряка к рамному рельсу при боковом износе рамного рельса у острия остряка более 6 мм. При этом причина указанного накатывания гребня на торец остряка обусловлена повышенным (сверхнормативным) прижатием гребней к боковой грани переднего вылета рамного рельса при противошерстном движении поезда на боковой путь. Такое усиленное прижатие гребней обусловлено, как правило, прицельным торможением поезда локомотивным вспомогательным тормозом на VI позиции. Причина — стремление остановить поезд так, чтобы последний вагон не оказался за предельным столбиком, а локомотив не проехал запрещающий выходной сигнал. При этом сход происходит, как правило, во второй половине поезда.

Главными направлениями предотвращения указанных сходов колес с рельсов являются: реализация на практике необходимых технических и технологических мер, исключающих возможность возникновения в поезде при торможении сверхнормативных квазистатических сжимающих сил; своевременное выявление и изъятие

из обращения для обследования и ремонта тележек с отклонениями допусков в содержании; снижение скоростей движения при обезгрузке колес при синфазности колбаний.

На железных дорогах России еще не реализован переход на рыночные (экономические) методы управления безопасностью движения поездов. Если в целом на железных дорогах, особенно в отношениях с клиентурой, рыночные (экономические) методы постепенно осваиваются, то при служебных расследованиях причин схода колес с рельсов остается аргумент силы, а не сила аргументов. Об этом неопровержимо свидетельствуют факты ошибочных заключений по расследованию крушений и аварий поездов.

Анахронизмом является до сих пор действующее указание (подзаконный акт) о тройке (НОД, УРБ и транспортный прокурор), которая в течение 48 ч обязана вынести свой вердикт о причинах схода (крушения или аварии). В последующем на оперативных совещаниях и в приказах дублируются причины, изложенные в указанном вердикте, и без необходимых обоснований наказываются зачастую невиновные работники транспорта. В процессе следственных и судебных разбирательств примерно в 50 % случаев причина схода, определенная указанной тройкой, обоснованно отвергается. Многие честные опытные работники транспорта, пройдя многомесячные, а иногда многолетние унижения следственных и судебных разбирательств, признаются невиновными, но никаких денежных компенсаций за моральный ущерб им не выплачивается.

Все указанные действия являются противоречащими основному закону — Конституции Российской Федерации, а также международным нормативным документам по правам человека, которые Россия обязалась неукоснительно выполнять. Поэтому необходимо привести в соответствие с Конституцией РФ и международными нормативными документами по правам человека соответствующие подзаконные акты по служебному расследованию причин схода колес с рельсов.

Любой работник транспорта не может считаться виновным в крушении поезда, тем более с человеческими жертвами, пока суд не признает его вину.

5.6. Некоторые типовые ситуации сходов подвижного состава, связанных с эксплуатацией железнодорожных путей

Большинство сходов подвижного состава с рельсов происходит по одним и тем же причинам. Каждой такой причине свойственны только свои характерные признаки и обстоятельства, отличающие ее от других причин. Эти данные представлены в табл. 5.1, разработанной во ВНИИЖТе. Данные этой таблицы показывают необходимость и возможность разработки методов расчетов, могущих привести в той или иной форме к определению причин нарушения условий безопасности.

Выявление случаев схода и его механизма (графа 2 таблицы) позволяют уже при осмотре места крушения определить характер силовых воздействий и предположительно очертить круг возможных причин их возникновения.

В графе 4 таблицы представлены факторы, способствующие сходу. Одни из них увеличивают силовые воздействия на путь, другие — снижают сопротивляемость этим воздействиям.

Собрав необходимые данные об обстоятельствах схода — характеристики пути и подвижного состава, режимов движения и торможения, с помощью табл. 5.1 можно наиболее близко к истине определить причину крушения. Различают, по крайней мере, четыре классических случая схода:

- всползание колеса на рельс без разрушения непрерывности положения рельсовой нити и путевой решетки в целом;
- уширение пути вследствие отжатия головки и подошвы на одинаковую величину при недостаточной боковой жесткости рельсовой нити;
- раскантировка рельса, когда жесткость по головке намного меньше жесткости по подошве с возникновением разуклонки и дальнейшем прохождении колеса по шейке раскантированного рельса;
- провал рельса под колесом при слабой вертикальной жесткости пути: просадки, гнилость шпал, выплески.

Сход подвижного состава — событие, заключающееся в потере взаимодействия с рельсами хотя бы одного колеса в результате его смещения относительно головки рельса из нормального положения, для восстановления которого требуется использование подъемных средств и приспособлений.

Таблица 5.1
Некоторые типовые ситуации сходов подвижного состава, связанных с эксплуатацией железнодорожных путей

Причины схода (основные источники силовых воз- действий)	Характер следов схода колес с рельсов	Признаки, подтверждающие данную причину схода	Неблагоприятные обстоятельства
1	2	3	4
1. Неплавное (экстренное или полное служебное) торможение поезда при не- благоприятных обстоятельств- вах	1. Раскантировка и слизжка рельса ко- лесом вагона при тор- можении, провал ко- леса внутрь колеи на участках пути с дере- вянными шпалами и костыльным скреп- лением	Сход с рельсов группы вагонов, находящихся в средней части состава. Головная и хвостовая части поезда остаются на рельсах. При этом, как правило, первым сходит вагон, находящийся на 10—20 месте от головы грузового поезда; на 2— 5 месте — пассажирского поезда	1. Кривая малого радиуса (чаще переходная кри- вая) 2. Спуск более 6—7 ‰ 3. Неровность пути в плане III—IV степени 4. Температурные напряжения сжатия в рельсах 5. Изношенные деревянные шпалы и скрепления 6. Пучинные карточки под подкладками 7. Напрессовка снега и льда между подошвой рельса и подкладкой при деревянных шпалах и костыльном скреплении 8. Несовпадение начала нарастания наружной нити в кривой и стрел изгиба в плане
	2. Перескакивание колеса через головку рельса (в кривой — в наружную сторону). Одновременное на- чало следов сошед- ших колес по обеим нитям с одной и той же от них стороны. Ненарушенная шири- на колеи в месте схода	То же	То же, что и выше в пунктах 1, 2, 3, 8. Кроме того: 1. Порожняковый состав или расположение порожних вагонов среди груженых 2. Высокая скорость движения 3. Вспомогательное торможение поезда

Продолжение табл. 5.1

1	2	3	4
2. Превышение установленной скорости движения поезда	То же	Значительное (более 7 км/ч) превышение скорости по скоростмерной ленте	Неплавное торможение поезда в момент превышения установленной скорости
3. Разрыв стыка и излом рельса по дефектам 99 и 79	Разрыв стыка, разтяжка зазора в стыке, излом рельса, сход колес с рельсов в месте излома	1. Совпадение следов схода с местом излома рельса 2. Большой зазор в стыке, зафиксированный после установки на свое место кусков изломавшихся рельсов или полученный сравнением длин кусков изломавшихся и уложенных вместо них рельсов 3. Следы на подошве рельса от трения подкладок (клемм), свидетельствующие о продольном перемещении рельсов после разрыва стыка 4. Срезанные стыковые болты	1. Значительное (более 30—35 °С) понижение температуры воздуха по сравнению с температурой закрепления плети 2. Недостаточное закрепление клеммных болтов на концах плети (80—100 м) или плохое закрепление рельсов от утона в месте перехода от бесстыкового пути к звеньевому с деревянными шпалами и костыльным скреплением 3. Много прокладок между рельсом и подкладками 4. Недостаточное закрепление стыковых болтов на уравнивательных рельсах 5. Участок пути частого торможения поездов (например, перед светофором) 6. Просадка пути в стыке

1	2	3	4
4. Излом рельса по дефектам 53 или 99 из-за недовлестворительного содержания стыка	Излом рельса в стыке по дефекту 53 (99), а затем по дефекту 79 и сход колес (аналогично сходу при изломе рельса из-за разрыва стыка)	1. Совпадение следов схода колес с местами излома рельса 2. Нормальная ширина колеи в сечении перед изломом рельса 3. Просалка пути в стыке на месте схода (на тентах нескольких проходов путеизмерителя) 4. Одновременное начало следов сошедших колес с одной и той же стороны от рельсовых нитей	1. В утренние часы проводятся путевые работы с применением ЩОМ, ВПО либо ВПР. В течение дня температура плетей поднимается и к полудню превышает температуру их укладки (закрепления) более чем на 20 °С 2. Плохой отвод пути 3. Неровности пути в плане, образовавшиеся в период повышения температуры рельсов 4. Угон плетей 5. Частое торможение поездов на участке
5. Выброс температурно-напряженного пути под поездом	Поперечная сдвигка рельсо-шпальной решетки под поездом и сход вагонов с рельсов	1. Превышение суммарной длины замененных (изломанных, изогнутых) рельсов над длиной рельсов, уложенных вместо них в путь, на величину более чем 5 мм на 10 м 2. Грубая неровность пути в плане, образовавшаяся из-за повышения температуры рельсовых плетей (по показаниям локомотивной бригады и других работников)	1. В утренние часы проводятся путевые работы с применением ЩОМ, ВПО либо ВПР. В течение дня температура плетей поднимается и к полудню превышает температуру их укладки (закрепления) более чем на 20 °С 2. Плохой отвод пути 3. Неровности пути в плане, образовавшиеся в период повышения температуры рельсов 4. Угон плетей 5. Частое торможение поездов на участке

1	2	3	4
6. Отступление пути в плане V степени; сочетание отступлений в плане и перекоса; провалки IV степени при сочетании с такими же неблагоприятными факторами, что и при первой причине	Раскантовка и сдвигжка рельса колесом вагона при торможении, провал колеса внутрь колеи на участках пути с деревянными шпалами и костыльным скреплением	Совпадение места схода колес с местом расположения отступления пути в плане V степени, определяемых по ленте последнего прохода путеизмерителя. При этом, во-первых, скорость поезда не должна быть меньше той, которая приведена в ТУ по расшифровке, во-вторых, если не подтверждена ни одна из других причин схода, перечисленных в данной таблице	1. Кривая малого радиуса (чаще переходная кривая) 2. Спуск — 6—7 ‰ 3. Неровность пути в плане III—IV степени 4. Температурные напряжения сжатия в рельсах 5. Изношенные деревянные шпалы и скрепления 6. Пучинные карточки под подкладками 7. Напрессовка снега и льда между подошвой рельса и подкладкой при деревянных шпалах и костыльном скреплении 8. Несовпадение начала нарастания наружной нити в кривой и стрел изгиба в плане
7. Сочетание нескольких источников силовых воздействий, опасных для движения поезда в отдельности, но опасных в сочетании, особенно при неблагоприятных обстоятельствах	Один из приведенных выше механизмов	Отсутствие основных признаков других причин схода	В зависимости от сочетания источников воздействия

1	2	3	4
8. Излом детали вагона (тележек)	Следы на пути типа волочения, трения или ударов твердых предметов, либо повреждение на пути изломавшихся деталей, затем сход подвижного состава	Устанавливаются тщательным осмотром первого из сошедших вагонов и тележек, а также состояния груза	В зависимости от вида дефекта или излома, приведшего к сходу

Выполненные ВНИИЖТом расчеты различных отступлений в содержании рельсовой колеи и оценка большого ряда динамических параметров позволяют более правильно находить причины и виды схода подвижного состава.

Аварии и крушения на железных дорогах наносят значительный ущерб железнодорожному транспорту, являются причиной длительных перерывов в движении поездов со всеми вытекающими из этого негативными последствиями. Чрезвычайно важно как можно быстрее возобновить движение. В структуре аварийно-восстановительной службы восстановление пути возложено на дистанцию пути. Объем аварийно-восстановительных работ, а следовательно, и время на ликвидацию последствий крушения определяются числом сошедших с рельсов единиц подвижного состава, степенью его разрушения и характером нагромождения вагонов и груза, степенью разрушения пути, контактной сети, средств СЦБ и связи, а также местом расположения сошедших с рельсов вагонов (глубокие выемки, высокие насыпи на мостах, в заболоченной местности и т.д.) и метеоусловиями.

Глава 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

6.1. Опыт применения аппаратуры ПОНАБ-3

Аппаратура автоматического обнаружения перегретых букс в поездах типа ПОНАБ-3 является новой промышленной моделью, получившей широкое распространение на отечественных железных дорогах. Аппаратура построена по принципу систем телесигнализации и реализует способ контроля исправности буксовых узлов железнодорожного подвижного состава по уровню инфракрасной энергии, излучаемой корпусом буксового узла в окружающее пространство. Имея много общего в структурном построении, конструктивном и схемном исполнении отдельных функциональных устройств с зарубежными моделями и ранее применявшейся отечественной моделью типа ПОНАБ-2, аппаратура ПОНАБ-3 обладает и рядом отличительных преимуществ.

1. Особенности построения ПОНАБ-3 касаются устройств передачи и регистрации данных контроля. В аппаратуре ПОНАБ-3 сообщение о наличии и расположении перегретой буксы в поезде передается только в момент ее обнаружения. Применение такого способа передачи сообщений позволило в значительной степени повысить помехозащищенность аппаратуры за счет резкого снижения объемов передаваемой информации на один проконтролированный поезд.

2. Применение в ПОНАБ-3 нового способа передачи сообщений потребовало разработки и включения в состав аппаратуры устройств автоматического контроля ее исправности, так как при отсутствии в контролируемом поезде перегретых букс обслуживающий персонал должен иметь уверенность в том, что в момент контроля аппаратура находилась в исправном состоянии. Автоконтроль ПОНАБ-3 обеспечивает выдачу на регистрирующее устройство информации

о результатах проверки аппаратуры после прохода каждого поезда через участок контроля.

3. В аппаратуре ПОНАБ-3 применяется и достаточно удобная форма представления результатов контроля, обеспечивающая документальность регистрируемых данных. Результаты контроля выводятся на печатающее устройство, а указание места расположения перегретых букс в поезде осуществляется не в осях или условных вагонах, как это имеет место в других моделях аппаратуры, а в физических подвижных единицах (указание порядкового номера физической подвижной единицы). С этой целью в состав аппаратуры введено устройство для автоматического распознавания физических подвижных единиц независимо от их осности.

4. Аппаратура ПОНАБ-3 обеспечивает регистрацию достаточно больших объемов данных на один проконтролированный поезд, что является важным при ее эксплуатации на грузонапряженных линиях. Помимо регистрации большого объема данных о расположении перегретых букс в поезде, аппаратурой регистрируются также данные об общем количестве вагонов в поезде и количестве перегретых букс.

Наряду с перечисленными отличительными признаками аппаратура ПОНАБ-3 имеет в своем составе рельсовую цепь наложения для надежного управления работой в момент контроля поезда; выполнена в новом конструктивном исполнении с применением печатного монтажа и блочно-субблочной компоновки: имеет дополнительные средства защиты напольных камер от заносов снегом, средства контроля уровня сигнала в канале связи и др. В состав аппаратуры включен ряд специальных вспомогательных устройств для ее настройки и контроля в процессе эксплуатации.

В соответствии с требованиями эксплуатации об обеспечении заблаговременной выдачи персоналу станции информации о наличии в поезде перегретых букс аппаратура ПОНАБ-3 имеет перегонное и станционное оборудование (рис. 6.1).

Перегонное оборудование ПОНАБ-3 размещается на подходе к станции, где предусматривается остановка поезда для ремонта перегретых букс, и подразделяется на напольное и постовое.

Напольное оборудование размещается непосредственно на пути и включает в себя две напольные считывающие камеры 1 (правую и левую), рельсовую цепь наложения 3 и четыре датчика про-

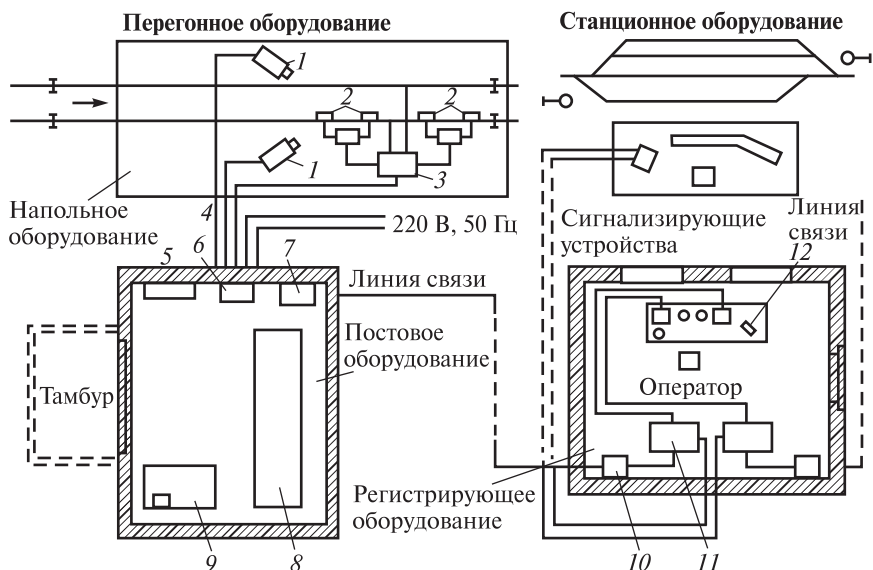


Рис. 6.1. Размещение устройств перегонного и станционного оборудования ПОАБ-3

хода колес 2. Как правило, напольное оборудование размещается на прямом участке пути и посередине рельсового звена. Сигналы от напольного оборудования к постовому подаются через кабели 4. Через эти же кабели подается питание к напольным устройствам ПОАБ-3.

Постовое оборудование размещается в специальном помещении, вблизи места установки напольных устройств с учетом габарита приближения строений и допустимой длины кабелей от напольных устройств. В состав постового оборудования входят основная аппаратура 8, электропечь для обогрева помещения 5, силовой щит электропитания 6 и вводно-изолирующий щиток 7 для линии связи. В помещении рекомендуется установить монтажный стол 9 для ремонтно-профилактических работ. К помещению для постового оборудования подводятся линии электропитания 220 В, 50 Гц и линия связи.

Станционное оборудование аппаратуры ПОАБ-3 включает в себя регистрирующее оборудование и сигнализирующее устройство (см. рис. 6.1).

Регистрирующее оборудование ПОНАБ-3 устанавливается в помещении, где находятся осматрщики вагонов, или в помещении дежурного по станции. При оснащении ПОНАБ-3 нескольких подходов к станции регистрирующее оборудование всех комплектов размещается в одном помещении. В состав регистрирующего оборудования одного комплекта ПОНАБ-3 входит вводно-изолирующий щиток 10, приемная часть АПД (аппаратура передачи данных) и стол оператора 12, на котором размещаются электроуправляемое печатающее устройство и пульт, соединенные кабелями с приемной частью АПД, а также средства связи оператора с дежурным по станции и осматрщиками вагонов.

Сигнализирующее устройство 11 размещается только в помещении дежурного по станции и предназначается для извещения обслуживающего персонала о наличии в прибывающем поезде перегретых букс. В состав вспомогательного оборудования ПОНАБ-3 входят специальные устройства — модулятор для калибровки приемо-усилительных трактов, ориентированное устройство для настройки напольных камер, устройство для настройки АПД и устройство для проверки ячеек. Помимо этих устройств в состав аппаратуры включается и ряд типовых контрольно-измерительных приборов (осциллограф, указатель уровня, ламповый вольтметр).

Основные технические характеристики ПОНАБ-3:

Скорость движения контролируемых поездов, км/ч,	5—150
Работа в интервале температур окружающего воздуха:	
для напольного оборудования, °С,	50—60
для постового и станционного оборудования, °С,	5—60
Дальность передачи информации от перегонного оборудования к станционному, км,.....	20
Дальность передачи информации от регистрирующего оборудования к сигнализирующим устройствам, км,.....	2
Объем информации, выдаваемой на один проконтролированный поезд:	
точное указание порядкового номера вагона с перегретой буксой и стороны поезда.....	9 вагонов
указание общего количества вагонов в поезде.....	99
указание общего количества вагонов с перегретыми буксами	9
Питание аппаратуры	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность:	
перегонным оборудованием, Вт,	1350
станционным оборудованием, Вт,.....	250

Размер каждой стойки, мм,920×550×335
 Размер силового щита, мм,800×180×552

Аппаратура ПОНАБ-3 позволяет контролировать поезда на двухпутных и однопутных линиях. При установке ПОНАБ-3 на однопутных линиях с помощью одного комплекта контролируются поезда, движущиеся только в одном направлении. Аппаратура ПОНАБ-3 может устанавливаться вдоль участка безостановочного следования поездов с интервалом 40—60 км между соседними пунктами контроля и перед станциями стоянки поездов по графику, где осуществляется сплошной осмотр брукс работниками вагонного хозяйства.

Общий принцип работы ПОНАБ-3 заключается в восприятии чувствительными элементами (приемниками) импульсов инфракрасной энергии, преобразовании их в электрические сигналы, усилении последних и выделении по определенным критериям сигналов от перегретых брукс, формировании, передаче и регистрации информации о наличии и расположении таких брукс в поезде.

Структурное построение аппаратуры представлено на рис. 6.2. В состав аппаратуры ПОНАБ-3 входит напольное, постовое и станционное оборудование.

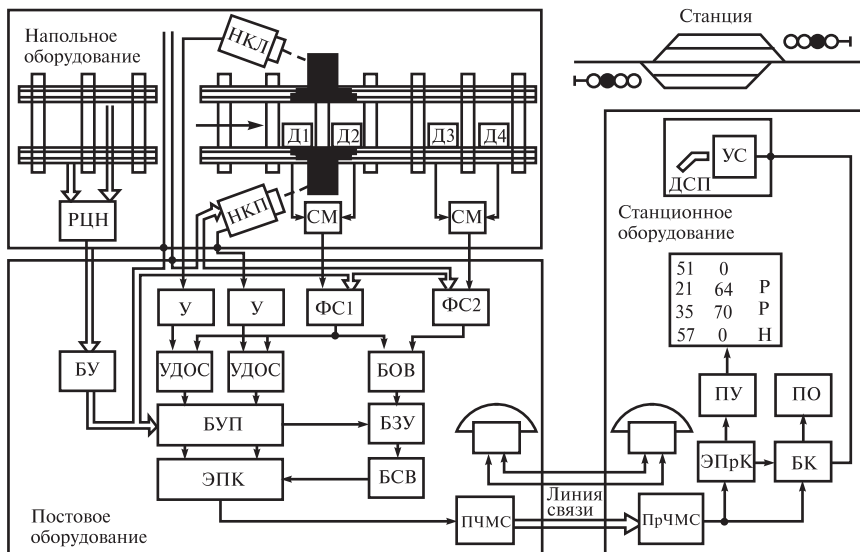


Рис. 6.2. Структурная схема аппаратуры ПОНАБ

Напольное оборудование включает: напольную камеру левую НКЛ и правую НКП, четыре датчика прохода колес Д1—Д4, рельсовую цепь наложения РЦН и две соединительные муфты СМ.

Напольная камера содержит узконаправленную оптическую систему, приемник инфракрасного излучения (болометр), предварительный усилитель сигналов, запирающую заслонку и другие элементы конструкции.

Датчики Д1—Д4 вырабатывают электрические сигналы при проходе колесных пар подвижных единиц в зоне их размещения. Сигналы от датчиков подаются через соединительные муфты к устройствам постового оборудования.

Рельсовая цепь наложения предназначена для выработки команд управления в момент захода и удаления поезда из зоны контроля ПОНАБ-3. Постовое оборудование ПОНАБ-3 включает: блок управления БУ, два усилителя сигналов У, два устройства логической обработки сигналов УДОС, два формирователя сигналов ФС1 и ФС2, блок отметчика вагонов БОВ, блок управления передачей БУП, блок запоминающего устройства БЗУ, блок счета вагонов БСВ, электронный передатчик кода ЭПК и передатчик частотно-манипулированных сигналов ПЧМС.

Блок БУ вырабатывает сигналы управления работой напольных камер блока БУП и других устройств аппаратуры при проходе поезда по участку контроля и формирует программу сигналов для автоматической проверки исправности устройств после удаления поезда с участка контроля.

Блоки У усиливают сигналы от букс, поступающие с предварительных усилителей, и передают их на входы УДОС, где производится их логическая обработка для выделения сигналов от перегретых букс.

Формирователь ФС1 предназначен для выработки строб-сигнала на время прохода каждой колесной пары между датчиками Д1 и Д2, а также для формирования сигнала на блок БОВ в момент прохода колесной пары над датчиком Д1. Формирователь ФС2 вырабатывает и подает на вход блока БОВ сигналы в момент прохода колесных пар над датчиком Д3.

Блок БОВ по сигналам с Д1 и Д3 осуществляет распознавание физических подвижных единиц независимо от их осности и вырабатывает сигнал отметки прохода физической единицы в момент, когда последняя колесная пара находится над датчиком Д3.

Блоки БУП БЗУ, БСВ, ЭПК и ПЧМС входят в состав передающей части АПД. Блок БСВ предназначен для подсчета количества вагонов, прошедших по участку контроля. Функции управления работой передающей части АПД выполняет блок БУП. Блок ЭПК формирует кодовые комбинации при передаче информации и посылает их на вход передатчика ЧМС. Блок БЗУ выполняет роль устройства, согласующего скорости поступления сигналов на АПД и передачи кодовых комбинаций в канал связи.

В станционное оборудование входит: приемник частотно-манипулированных сигналов ПрЧМС, электронный приемник кода ЭПрК, блок контроля БК, печатающее устройство ПУ, пульт оператора ПО и устройства сигнализации УС.

Электронный приемник кода предназначен для приема кодовых комбинаций и выдачи их на печатающее устройство. Блок БК контролирует уровень сигнала в канале связи, наличие поезда на участке napольного оборудования, а также управляет работой пульта оператора.

В настоящее время внедряются новые системы ДИСК и КТСМ.

6.2. Обеспечение безопасности движения поездов применяемыми тормозными средствами

При определении причины схода локомотивов и вагонов необходимо по скоростемерной ленте проверить правильность и своевременность торможения поезда.

Грузовые вагоны оборудуются пневматическим тормозом (рис. 6.3), включающим в себя тормозную магистраль 7, соединительные рукава и концевые краны 10, разобщительный кран 8, служащий для отсоединения воздухораспределителя 5 от тормозной магистрали или подсоединения к ней запасного резервуара 9 и тормозного цилиндра 1, главную часть воздухораспределителя 4, его магистральную часть 6 и стоп-кран 3. Между тормозным цилиндром и воздухораспределителем установлен специальный прибор — авторежим 2, который автоматически изменяет давление в тормозном цилиндре в зависимости от загрузки вагона.

При приведении тормозов в действие понижают давление в тормозной магистрали (обычно краном машиниста), в результате чего запасной резервуар, заполненный воздухом, сообщается с тормозным цилиндром, не имеющим воздуха. Поршень тормозного ци-

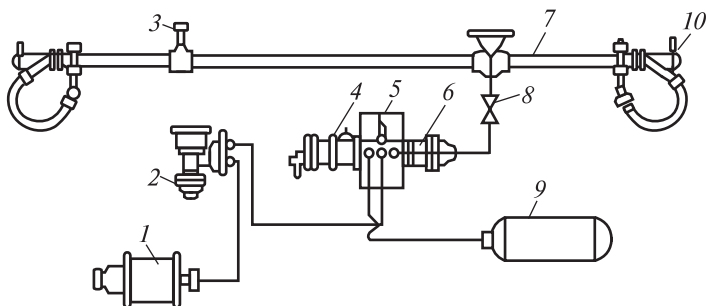


Рис. 6.3. Основная схема тормозного оборудования вагона

линдра под давлением воздуха перемещается из одного положения в другое и, будучи соединенным через систему рычагов с тормозными колодками, прижимает их к бандажам колес. Силой прижатия колодок к бандажам определяются характер торможения (тормозной путь) и, следовательно, тормозные силы.

Зарядное давление, кгс/см², в тормозной магистрали локомотива или моторвагонного поезда устанавливается в зависимости от вида поезда:

- электропоезд ЭР — 4,5—4,8;
- грузовой поезд с составом из порожних вагонов, пассажирский поезд международного сообщения, в составе которого следуют вагоны с воздухораспределителем западно-европейского типа КЕ, Эрликон, ДАКО — 4,8—5,0;
- пассажирский, грузо-пассажирский, грузовой при наличии в составе пассажирских вагонов с включенным автотормозом, моторвагонный — 5,0—5,2;
- грузовой, в составе которого имеются груженые вагоны, моторвагонный с грузовым авторежимом — 5,3—5,5;
- грузовой при затяжных спусках крутизной 0,018 и более: грузовой, в составе которого имеются вагоны с воздухораспределителем № 388 жесткого типа, а также грузовые поезда с тягой в голове и числом осей более 350 при весе более 6000 тс, если при зарядном давлении 5,3—5,5 кгс/см² не обеспечено в тормозной магистрали хвостового вагона зарядное давление не менее 4,5 кгс/см² — 6,0—6,2.

Все поезда, отправляемые со станции, должны быть обеспечены автоматическими и ручными тормозами из расчета единого наименьшего тормозного нажатия на каждую колесную пару в соответствии с Инструкцией по эксплуатации тормозов. Сумму тормозных сил всех колесных пар поезда, оборудованных тормозами, называют тормозной силой поезда, которая определяется по формуле

$$B_{\text{т}} = \varphi \Sigma K_{\text{р}}, \quad (6.1)$$

где $K_{\text{р}}$ — расчетная сила нажатия тормозных колодок на одну колесную пару, тс;

φ — коэффициент трения колодок о колесо.

Для чугунных колодок коэффициент трения определяется по эмпирической зависимости

$$\varphi = 0,26 \frac{V + 100}{5V + 100}, \quad (6.2)$$

для композиционных колодок

$$\varphi = 0,36 \frac{V + 150}{2V + 150}, \quad (6.3)$$

где V — скорость движения поезда, км/ч.

Из отношения суммарной тормозной силы к весу поезда (mg) получим расчетный тормозной коэффициент, равный

$$\nu = \frac{\Sigma K_{\text{р}}}{mg}. \quad (6.4)$$

Расчетный тормозной коэффициент характеризует степень обеспечения поезда тормозными средствами. Для грузовых поездов со скоростями движения до 90 км/ч, $\nu = 0,33$, т.е. 33 тс на 100 т массы поезда; для составов из порожних грузовых вагонов до 400 осей (включительно) при скорости движения до 100 км/ч включительно $\nu = 0,55$, т.е. 55 тс на 100 т массы поезда; для пассажирских поездов при скорости движения до 120 км/ч включительно (электропневматические тормоза и чугунные, композиционные тормозные колодки) $\nu = 0,6$; при скорости движения более 120 до 130 км/ч включительно $\nu = 0,68$; при скорости более 130 до 140 км/ч включительно $\nu = 0,78$, а при скорости более 140 до 160 км/ч включительно $\nu = 0,8$.

Инструкция по эксплуатации тормозов ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ-277 от 16.05.94 г. уточняет применение тормозов в эксплуатации.

Так, проверку действия автотормозов в пути следования (п. 10.1.2) необходимо производить снижением давления в уравнительном резервуаре грузового груженого поезда и одиночно следующего локомотива на $0,7\text{--}0,8\text{ кгс/см}^2$, а в грузовых порожних, грузо-пассажирских и пассажирских поездах на величину, установленную для опробования тормозов. При этом локомотивный автоматический тормоз в грузовых поездах необходимо отпустить.

При проведении проверки действия тормозов применять вспомогательный и электрический тормоза на локомотиве во всех поездах запрещается.

После появления тормозного эффекта и снижения скорости на 10 км/ч в грузовом груженом, грузо-пассажирском, пассажирском поездах и одиночном локомотиве и на 4—6 км/ч в грузовом порожнем поезде необходимо произвести отпуск тормозов. Указанные снижения скорости должны происходить на расстоянии, не превышающем установленного местными инструкциями.

Отпуск тормозов после проверки в пути следования необходимо производить только после того, как машинист убедится в их нормальном действии.

Если после первой ступени торможения начальный эффект не будет получен в пассажирском поезде в течение 10 с, в грузовом порожнем поезде длиной до 400 осей и грузо-пассажирском в течение 20 с, в остальных грузовых поездах в течение 30 с, необходимо *немедленно произвести экстренное торможение* и принять все меры к остановке поезда.

Если при следовании грузового поезда его скорость без приведения машинистом в действие тормозов не снижается, но появились признаки возможного разрыва тормозной магистрали (частые включения компрессоров или быстрое снижение давления в главных резервуарах после выключения компрессоров при неработающих песочницах, срабатывание сигнализатора разрыва тормозной магистрали с датчиком № 418), необходимо отключить тягу, перевести на 5—7 с ручку крана машиниста в положение перекрыши без питания и наблюдать за давлением тормозной магистрали (п. 10.1.12, 10.1.13).

Если после этого произойдет быстрое и непрерывное снижение давления в тормозной магистрали или резкое замедление движения поезда, не соответствующее влиянию профиля пути, необходимо *произвести служебное торможение*, после чего ручку крана машиниста перевести в III положение и *остановить поезд без применения вспомогательного тормоза локомотива*, выяснить и устранить причину.

В случае повторного торможения поезда из-за самопроизвольного срабатывания автотормозов в составе — произвести торможение и отпуск автотормозов в соответствии с установленным порядком, довести поезд до первой станции, на которой заявить о необходимости проведения контрольной проверки автотормозов. Без выявления и устранения причин самопроизвольного срабатывания автотормозов отправлять поезд с этой станции для дальнейшего следования *не разрешается*.

В случае срабатывания ЭПК автостопа, а также торможения пассажирского, почтово-багажного и грузо-пассажирского поездов стоп-краном или *вследствие разъединения их тормозной магистрали необходимо выполнить экстренное торможение* в соответствии с порядком, указанным в п. 10.1.21 Инструкции по эксплуатации тормозов.

При выполнении полного служебного торможения в один прием полагается снизить давление в уравнительном резервуаре на 1,5—1,7 кгс/см². Этот вид торможения следует *применять в исключительных случаях при необходимости остановки поезда или снижения его скорости на более коротком расстоянии, чем при выполнении ступенчатого торможения* (п. 10.1.20).

Экстренное торможение во всех наездах и на любом профиле пути полагается применять только когда требуется немедленная остановка поезда. Выполняется оно краном машиниста, а в случае необходимости и комбинированным краном с ведущего или ведомых (при двойной или многократной тяге) локомотивов. После перевода ручки крана машиниста или комбинированного крана в положение экстренного торможения необходимо *привести в действие песочницу и вспомогательный тормоз локомотива* и выключить тягу, *ручку крана машиниста или комбинированного крана оставить в положении экстренного торможения, а ручку вспомогательного тормоза — в крайнем тормозном положении до полной остановки* (п. 10.1.21).

Во избежание резкого замедления движения локомотива *при применении крана вспомогательного тормоза* и возникновения больших продольно-динамических реакций в поезде на скоростях 50 км/ч и менее, *тормозить этим краном при ведении поезда необходимо ступенями, за исключением случая экстренной остановки* (п. 10.1.22).

При приведении в действие вспомогательного тормоза пассажирских и грузовых локомотивов (кроме маневровых) следует избегать систематических эффективных торможений с повышением давления в тормозном цилиндре за один прием более чем до 1,5 кгс/см². Как правило, служебное торможение вспомогательным тормозом с давлением более 1,5 кгс/см² в тормозных цилиндрах локомотива при гребневых тормозных колодках производят повторной ступенью после выдержки давления в цилиндрах до 1,5 кгс/см² в течение 0,5—1 мин.

Использовать вспомогательный тормоз для предотвращения боксования локомотива запрещается.

При подходе к станции с запрещающим сигналом и сигналом уменьшения скорости необходимо заблаговременно привести в действие автотормоза и снизить скорость поезда так, чтобы не допустить проезда установленного места остановки на станции, запрещающего сигнала, предельного столбика, а сигнал уменьшения скорости и место предупреждения проследовать со скоростью, установленной для данного места. *Скорость движения не должна превышать 20 км/ч на расстоянии 400—500 м до запрещающего сигнала* (п. 10.1.26).

Поезда с локомотивами, оборудованными электрическим тормозом, должны эксплуатироваться с обязательным использованием этого тормоза... При этом тормозная сила не должна превышать максимально допустимое значение по условиям устойчивости подвижного состава в колее, по его прочности и воздействию на путь (п. 10.1.31).

При необходимости применения полного служебного торможения, а также в процессе регулировочных торможений при следовании по спуску не разряжать тормозную магистраль до давления ниже 3,8 кгс/см². Если по какой-либо причине при следовании по спуску давление в тормозной магистрали будет ниже 3,8 кгс/см², необходимо остановить поезд, привести в действие вспомогательный тормоз локомотива, после чего отпустить автоматические тормоза и заря-

жать тормозную сеть на стоянке до начала движения поезда (либо в течение 5 мин, если поезд удерживается вспомогательным тормозом локомотива). Если давление в магистрали поезда оказалось ниже 3,8 кгс/см² в конце спуска, а по условиям профиля пути скорость дальнейшего движения будет снижаться настолько, что потребуются произвести отпуск автотормозов, и за время до следующего торможения можно осуществить подзарядку тормозной сети до установленного давления, то поезд останавливать для подзарядки автотормозов не требуется (п. 10.3.4).

При следовании по спуску машинист не должен допускать превышения установленной для данного участка скорости (п. 10.4.1).

Если скорость может увеличиваться более установленной, надо обязательно применить автотормоза и после снижения скорости отпустить их с таким расчетом, чтобы въезжать *на подъем* с опущенными тормозами и *максимально допустимой скоростью*.

Из приведенных данных Инструкции по эксплуатации тормозов видно, что одним из условий правильного управления тормозами машинистом является соблюдение плавности торможения. Как правило, оно должно быть ступенчатым. Полного служебного торможения поезда сжижением давления на 1,5—1,7 кгс/см² Инструкция рекомендует избегать, так как при таком торможении в поезде возникают большие продольные усилия. Экстренное торможение должно применяться в исключительных случаях, когда требуется немедленная остановка поезда.

К сожалению, в новой Инструкции ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ-277 имеются нечеткие формулировки, позволяющие неоднозначно их толковать, а также некоторые противоречия, которые могут существенно затруднять служебное расследование причин крушений и аварий поездов. Так, например, в п. 10.1.20. 10.1.21 и 10.1.22 в отличие от прежней Инструкции более категорично записано, что полное служебное (в один прием) и экстренное торможение, а также торможение с глубокой разрядкой давления в один прием вспомогательным локомотивным тормозом следует применять в исключительных случаях. Необходимо четко сформулировать эти исключительные случаи, а также случаи, когда требуется немедленная остановка поезда экстренным торможением. Тогда проблем при служебном расследовании причин схода колес с рельсов было бы меньше. Из практики экспертиз материалов крушений и аварий поездов известно, что машинист, создавший аварийную ситуацию с исполь-

зованием указанных видов торможения, всегда может обосновать свою правоту, ссылаясь на указанные пункты Инструкции, так как в ней нет четкого определения, что такое исключительные случаи и когда требуется немедленная остановка поезда.

Кроме того, в п. 10.1.2 записано жесткое требование к машинисту немедленно произвести экстренное торможение, если при проверке тормозов в пути следования после первой ступени торможения начальный эффект не будет получен, например, в грузовом порожнем поезде длиной до 400 осей в течение 20 с, в остальных грузовых поездах в течение 30 с. А если указанный эффект будет получен на секунду позже? Необоснованность и даже вредность этого жесткого требования очевидна. Ведь могут быть случаи, что впереди подъем и поезд сам по себе остановится или его можно остановить другими видами торможения. Зачем же требовать от машиниста во всех подобных случаях создавать аварийную ситуацию? В п. 10.1.13 также необоснованно записано жесткое требование к машинисту выполнить экстренное торможение при разъединении тормозной магистрали.

На скоростемерной ленте не всегда представляется возможным это проверить. Но, главное, нет никакой необходимости в такой записи. Кроме вреда она ничего не дает. Ведь поезд после разъединения магистрали можно остановить служебным ступенчатым торможением.

Необходимо уточнить п. 10.1.31, где указано, что тормозная сила не должна превышать максимально допустимое значение по условиям устойчивости подвижного состава в колее, по его прочности и воздействию на путь, и это отнесено только к поездам с локомотивами, оборудованными электрическим тормозом. А при локомотивах, не оборудованных электрическим тормозом, указанное требование также должно выполняться. Необходимо учитывать в Инструкции ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ-277 указанные замечания, а также изъять указания в пункте 10.4.1 о необходимости въезжать на подъем после спуска с отпущенными тормозами и с максимально допустимой скоростью. Это вредная рекомендация, так как именно из-за ее выполнения в последние годы часто происходят сходы колес с рельсов. Раз запрещено использовать поездной тормоз, который фиксируется на скоростемерной ленте, то машинисты в указанных местах используют вспомогательный локомотивный тормоз, который не фиксируется на ленте.

Все это затрудняет работу комиссий по анализу причин возникновения аварий и крушений поездов.

6.3. Перспективные методы и средства автоматизированной диагностики подвижного состава

В настоящее время для обеспечения безопасности движения на сети железных дорог России контроль за техническим состоянием подвижного состава, помимо осмотров на ПТО, осуществляется рядом устройств, позволяющих в автоматическом режиме выполнять мониторинг всех подвижных единиц на ходу поезда. Напольные технические средства и необходимая аппаратура измерений и анализа данных размещаются на пунктах диагностики на подходах к станциям, оборудованных ПТО, куда по локальной линии связи передаются результаты диагностики. При этом осмотр подвижного состава производится адресно с учетом выявленных устройствами автоматической диагностики отклонений от установленных нормативов его содержания.

Наиболее массовое распространение на дорогах получили устройства комплексной диагностики подвижного состава типа ДИСК и КТСМ. Эти устройства включают основные подсистемы контроля, обеспечивающие безопасность движения:

- контроль температуры буксовых узлов;
- контроль исправности тормозных узлов;
- контроль габаритов и волочащихся деталей;
- выявление колесных пар с дефектами на поверхности катания (ползун, навар, выщербины).

Оснащение этими устройствами сети железных дорог производится около 30 лет и в настоящее время пункты диагностики, оборудованные такими системами мониторинга, размещены на дорогах через каждые 25—30 км пути.

Начиная с 2002 г. на сети железных дорог появилась целая группа новых устройств автоматической диагностики подвижного состава на ходу поезда, что вызвано ухудшением ситуации с обеспечением безопасности движения и, в первую очередь, большим числом изломов колес под поездами.

В эту группу устройств входят:

- устройство силового контроля неровностей колес типа ДДК (детектор дефектных колес) — разработчик ВНИИЖТ;

— автоматизированный диагностический комплекс для измерения колесных пар на ходу поезда («Комплекс») — разработчик КТИ СО РАН, г. Новосибирск;

— автоматизированный бесконтактный комплекс контроля колесных пар на ходу («Экспресс-профиль») — разработчик ОАО «Агроэл», г. Рязань;

— автоматизированная система обнаружения «отрицательной» динамики грузовых вагонов АСООД — разработчик ЗАО «Кодон», г. Новосибирск;

— система автоматического контроля механизма автосцепки САКМА — разработчик Уральское отделение ВНИИЖТа.

Внедрение новых устройств диагностики на сети железных дорог осуществляется медленными темпами в силу ряда объективных и субъективных обстоятельств.

Наибольшее распространение (более 10 комплектов) на дорогах получили аппаратура ДДК, «Комплекс» для измерения геометрических параметров колесных пар и САКМА.

Детектор дефектных колес позволяет выявлять на ходу поезда колесные пары, вызывающие недопустимый уровень динамических перегрузок неподрессоренных элементов вагонов и пути из-за наличия на поверхностях катания колес неровностей типа ползунов, наваров, неравномерного проката, выщербин и других в любых сочетаниях. При этом, в отличие от узконаправленных на «короткие» неровности типа ползуна и наvara подсистем ДИСК-К, выполняющих аналогичные функции на основе оценки вертикальных ускорений рельса, аппаратура ДДК производит прямые измерения и анализ сил от колес на рельсы и их сопоставление с допустимыми по условиям прочности элементов колесных пар уровнями. Аппаратура ДДК является перспективным средством диагностики, которое при условии достижения большей надежности работы может обеспечить своевременное выявление колесных пар, дальнейшая эксплуатация которых недопустима по условиям безопасности движения. Для этого необходимо оснастить этой аппаратурой около 50 пунктов диагностики на расстоянии 800—1000 км друг от друга.

Важнейшее значение для обеспечения безопасности движения имеет своевременное выявление под проходящими поездами колесных пар, имеющих геометрические размеры отдельных элементов (в первую очередь толщина гребня и обода колес), близкие или пре-

вышающие допустимые, по условиям их прочности. Такие функции выполняют системы диагностики «Комплекс» и «Экспресс-профиль». Однако испытания этих устройств и результаты эксплуатации на дорогах показали, что при сравнительно высокой точности измерений этими устройствами (0,5 мм) велика вероятность пропуска колесных пар с недопустимыми износами обода и гребня колес. Причина этого в том, что элементы колес в эксплуатации изнашиваются в различных сечениях неравномерно, а рассматриваемые устройства не позволяют проводить измерения по всей развертке колеса. Поэтому при многократных измерениях одних и тех же колесных пар на экспериментальном кольце ВНИИЖТа получен разброс отклонений от фактических размеров 2,0 мм, который для условий эксплуатации недопустим.

Значительно снизился в последнее время интерес дорог к диагностической системе контроля механизма автосцепки САКМА, что связано, в первую очередь, с малой практической эффективностью этой системы.

В существующей на сегодняшний день системе мониторинга технического состояния подвижного состава не нашла достаточно эффективного применения аппаратура АСООД. Основные недостатки, выявленные при испытаниях — малая вероятность выявления действительно неблагоприятных по динамическим качествам вагонов и отсутствие указаний на конкретные недопустимые отклонения технического состояния — показали, что использовать эту систему диагностики как автономную нецелесообразно.

В настоящее время ведутся работы над созданием комплексной системы выявления на ходу поезда вагонов, имеющих динамические качества хуже допустимых по действующим нормативам. Дальнейшая эксплуатация таких вагонов создает предпосылки для возможного нарушения безопасности движения.

Основной (базовой) подсистемой контроля в таком комплексе является устройство выявления моментов набегания на рельсы гребней колес, измерения и оценки боковых и вертикальных сил и их соотношений, определяющих устойчивость от схода, длины волны виляния. В составе комплексной системы будет использоваться аппаратура ДДК с дополнительными функциями определения массы и типа вагонов, поколесной развески и смещения груза вдоль и поперек вагона. Кроме того, в составе комплексной системы контро-

ля динамических качеств вагонов будут использоваться устройства определения угла набегания колеса на рельс, повышенного уровня колебаний тележек и кузова и др.

Макетный образец базовой подсистемы устройства смонтирован и в настоящее время проходит испытания на экспериментальном кольце ВНИИЖТа. После завершения испытаний и доводки оно будет установлено на одной из дорог.

Обеспечение безопасности движения на дорогах ОАО «РЖД» России невозможно без создания и внедрения в дополнение к существующим новых средств диагностики состояния пути. Во ВНИИЖТе создан опытный образец комплекса технических средств на основе применения современного вагона-путеизмерителя, усовершенствованной тензометрической колесной пары, индикатора коротких (менее 1,0 м длиной) неровностей на поверхности катания рельсов и устройств оценки «динамических» неровностей пути, который позволит производить оценку состояния пути с учетом силовых факторов взаимодействия колес с рельсами.

В целом необходимо отметить, что несмотря на имеющиеся положительные тенденции в развитии отечественных средств автоматической диагностики технического состояния подвижного состава, отставание от ведущих зарубежных фирм в ряде вопросов остается заметным.

Процессы создания и внедрения новейших российских средств мониторинга могут ускорить:

- 1) привлечение лучших отечественных разработок и специалистов из различных областей науки и техники на выгодных условиях финансирования работ;

- 2) изменение подхода заказчиков к вопросам финансирования отечественных разработок на этапе внедрения. По внешнему виду современное «рыночное» требование к российским предприятиям, в том числе относящимся к ведомству самого ОАО «РЖД», о доведении до совершенства образцов новых технических средств мониторинга без предварительного финансирования потенциальным заказчиком оборачивается замедлением темпов работ и даже прекращением отдельных разработок;

- 3) приобретение образцов лучших зарубежных технических средств диагностики и программного обеспечения для изучения и анализа.

Важной проблемой при оценке технического состояния подвижного состава являются способы считывания информации о номере вагона.

В настоящее время различают два основных способа считывания информации о номере вагона: без дополнительного оснащения вагона устройством, облегчающим считывание информации, и оснащение вагонов такими устройствами.

К первым относятся различные системы считывания и распознавания номера вагона, в которых используются оптические методы подсвечивания борта вагона, выбор места, где этот номер записан, вырезка этого места для записи и последующего его использования для распознавания при применении машинных методов. Вероятность правильного распознавания номера вагона при этом может удовлетворять поставленным требованиям, но требует применения специально разработанных комплексов аппаратуры, использующих самые современные методы считывания и обработки полученных изображений.

Ко второму способу считывания номера вагона следует отнести работы, заключающиеся в том, что вагон, номер которого необходимо прочесть, оснащается дополнительным устройством, содержащим номер вагона и позволяющим его прочесть при определенных условиях. Такими устройствами могут являться либо катафотные светоотражатели, либо полуактивные устройства, содержащие специально разработанные ЧИПы, отвечающие на запрос о номере вагона при специальном облучении. К этому же способу следует отнести использование различных светоотражателей или отражателей радиоизлучения, использующих дополнительные устройства на вагоне и штриховую кодировку номера вагона.

Вопросы о разрешающей способности возникают при решении задачи о числе двоичных единиц, которые можно записать на одном колесе. Было установлено, что одно колесо не в состоянии содержать всю информацию, необходимую для записи номера вагона и обновляемой информации. Способ решения данной проблемы состоял в том, что все колеса включались в систему записи всей необходимой информации.

Вопрос об устойчивости записанной информации возникает в связи с тем, что магнитные свойства носителя (в данном случае колеса) зависят от механического воздействия на этот носитель. В частности, при механических вибрациях записанного участка про-

исходит разрушение намагниченности, являющейся основой записи. Эти вибрации неизбежно сопровождают движение вагона из-за наличия стыков рельсов и т.п. Решение данной проблемы было найдено путем перезаписи информации через промежуток времени, необходимый для уверенного распознавания записанной, но уже подвергающейся разрушению информации.

Самым кардинальным вопросом реализации данного метода является способ записи — считывания информации, записанной магнитным способом на колесо вагона. Трудность решения данной задачи состоит в том, что запись и считывание записанной информации необходимо производить без остановки при скорости движения до 50 м/с. При этом необходимо не только производить запись на колесо, но позиционировать положение колеса, на которое производится запись. Для решения задачи позиционирования колеса использовались бесконтактные датчики положения магнитного объекта. Расположение этих датчиков диктовалось расположением пункта записи считывания информации и разрешающей способностью метода. Кроме того, необходимо, чтобы запись информации производилась в моменты времени, когда зона контакта находится точно против записывающего устройства, так как только при выполнении этого условия потери при записи информации будут минимальны.

Самым главным узлом всей системы является устройство записи — считывания информации. Сотрудники НИЛ ГМК МИИТа разработали оригинальную конструкцию записывающей — считывающей головки импульсного действия, управляемой как датчиком положения, так и ЭВМ. Это позволяет обновлять информацию о вагоне, записанную магнитным методом, через определенное время, прошедшее с момента записи информации на колесах вагона.

Преимущества описанного метода записи информации на колеса вагона следует считать следующее:

- записанный номер вагона присущ только данному вагону и при смене колеса в процессе ремонта автоматически будет обновлен;
- номер вагона дополняется информацией о содержании груза и пункте назначения;
- метод не требует оснащения всего парка вагонов дополнительным оборудованием;

- аппаратура записи-считывания работает скрыто без привлечения постороннего внимания;
- размещаться аппаратура записи-считывания может на станциях и не требует дополнительной охраны;
- запись информации может производиться без остановки поезда на скоростях движения до 50 м/с (~200 км/ч);
- аппаратура записи-считывания, управляемая ЭВМ, должна иметь датчик положения. Это позволяет дополнять программное обеспечение блоком, определяющим тип, число и направление движения состава, что может быть полезным при размещении аппаратуры на однопутных дорогах.

Кроме того, в НИЛ ГМК МИИТа разработаны голографические методы контроля состояния мостовых конструкций, методы безопасного измерения больших токов, а также различные методы записи информации на магнитные пленки.

На железнодорожном транспорте имеются все предпосылки для безаварийной, бесперебойной и высокопроизводительной поездной и маневровой работы. Это определяется основными положениями и порядком эксплуатации железных дорог, выработанными на основе многолетнего опыта работы различных подразделений железнодорожного транспорта.

Все эти положения предусмотрены Правилами технической эксплуатации железных дорог РФ, устанавливающими «порядок действий работников железнодорожного транспорта при его эксплуатации, основные размеры, нормы содержания важнейших сооружений, устройств и подвижного состава и требования, предъявляемые к ним, систему организации движения поездов и принципы сигнализации».

ПТЭ, инструкции и указания объединяют требования ко всем подсистемам железнодорожного хозяйства с учетом их взаимодействия с целью обеспечения безопасности движения, безотказности и надежности отдельных элементов. Поэтому глубокие знания, точное и беспрекословное выполнение правил и инструкций являются обязанностью каждого железнодорожника, что обеспечивает залог безаварийной, слаженной работы всех звеньев железнодорожного транспорта.

Как правило, все нарушения ПТЭ и других нормативно-технологических документов носят субъективный характер. Поэтому воз-

никает необходимость в анализе и исследовании причин, побуждающих работников совершать те или иные виды нарушений.

Наряду с техническими, технологическими и организационными причинами нарушений безопасности движения немаловажное значение для безопасности имеют и психофизиологические факторы. Действия и поступки работников объясняются или, по крайней мере, понятны, если их рассматривать именно в этом аспекте.

Взаимодействие и функционирование двух категорий обстоятельств в производственной среде, в том числе и на железнодорожном транспорте, позволяют сопоставить их по группам:

- обстоятельства, обеспечивающие безопасные условия труда, противостоящие нарушениям установленного порядка и направленные на повышение надежности производственных процессов;
- обстоятельства, создающие опасные условия труда работников или предпосылки к ним.

Система факторов, определяющих безопасность движения в поездной и маневровой работе подразделений железных дорог, объединяет следующие подструктуры:

- человек;
- производство;
- комплексная система обеспечения безопасности движения.

Подструктура «человек» в процессе производства представляет собой гибкую, саморегулирующуюся систему, способную в зависимости от сложившейся ситуации гибко использовать свои возможности для противопоставления факторам, создающим опасные производственные ситуации.

Поступки человека в производственной сфере определяются следующими факторами:

- биологическим, вытекающим из природных свойств человека, его безусловных рефлексов (реакция на шум, свет, тепловые источники и др.);
- определяющим индивидуальные особенности психофизиологии человека (скорость реагирования на видимые и звуковые сигналы, уровень эмоциональной реакции и др.);
- профессиональной подготовленности, определяющим опыт человека, уровень его знаний, навыков, умений;
- характеризующим направленность человека с учетом его мотивов, интересов, заинтересованности в выполнении своих обязанностей.

Как показывает практика, человек не всегда полностью использует свои потенциальные возможности, свою защищенность в создавшейся обстановке, а иногда и сам провоцирует НБД в поездной и маневровой работе.

Подструктура «производство» представляет собой некое пространство с определенной технической оснащенностью и соответствующей технологией и поэтому рассматривается как общий источник опасности. В эксплуатационной работе к профессиям с повышенной опасностью в первую очередь следует отнести машинистов локомотивов, составителей поездов, осмотрщиков вагонов, дежурных по станции, монтеров пути и др.

Работа, связанная с движением поездов, как правило, протекает в следующих режимах:

- минимальном — временном снижении интенсивности работы ввиду неравномерности движения;
- оптимальном — предусмотренном графиком движения и технологией;
- экстремальном — в случае плохой видимости, отказа технических средств, других непредвиденных обстоятельств, т.е. осложненным увеличенным объемом работы.

НБД характерны для всех трех режимов, что вполне объяснимо с точки зрения психологии. В период временного снижения интенсивности работы происходит уменьшение бдительности, внимания, а в чрезвычайных ситуациях теряются самообладание, самоконтроль за собственными действиями, адекватность восприятия ситуации.

Всем этим факторам должна противостоять комплексная система обеспечения безопасности движения (КСОБ). Ее основной функцией является снижение уровня производственной опасности в поездной и маневровой работе и повышение защищенности работников. Кроме этого, КСОБ способствует общей организации производственного процесса при условии обеспечения достаточно высокого уровня безопасности движения в поездной и маневровой работе, побуждает к разработке и использованию индивидуальных и стационарных технических средств и технологических приемов работы, направленных на обеспечение безопасности движения. Благодаря КСОБ повышается уровень профессиональных знаний и умений, усиливаются мотивации к безопасной работе.

Не стоит упускать из внимания и социальные предпосылки случаев НБД, а именно такие, как профессиональная подготовка; состояние здоровья; бытовые условия; чрезмерная самоуверенность работника в своих действиях; социальные контакты с коллегами и руководителем; недисциплинированность и др.

Из всего сказанного вытекает, что безопасность движения следует рассматривать не только в технических и технологических аспектах, но и как результат активной предметной деятельности человека. Необходимо раскрывать истинные психологические причины ошибок, неправильных действий работника с учетом анализа обстоятельств, влияющих на поступки человека в производственных условиях.

6.4. Совершенствование системы перевозки опасных грузов на железных дорогах

В целях дальнейшего совершенствования системы перевозки опасных грузов (ОГ) на железных дорогах разработана электронная база данных по группе фактических показателей риска при перевозках ОГ — на первом этапе в части нефтепродуктов и взрывчатых материалов (ВМ). База данных предназначена для аккумуляирования информации по общим показателям перевозочного процесса: длине участков главных путей различных дорог на территории субъектов федерации, поездообороту и грузообороту по дорогам, обстоятельствам и ущербам от нарушений безопасности движения различного рода (крушения, аварии, браки). База обладает функциями автоматического расчета рисков как в целом по сети, так и по отдельным факторам риска и группам факторов риска, включая перевозку ОГ. Производится расчет по социальной составляющей рисков (ущербов).

Проведен анализ среды движения при перевозках характерных ОГ по выбранным действующим маршрутам, оценка рисков возникновения аварийных ситуаций и ущербов от них с учетом размещения различных потенциально опасных объектов и застройки в среде движения и на основе данных потенциала опасности ОГ. Прделанная работа позволила перейти к расширению сферы анализа рисков на Северный и Восточные регионы управления перевозками.

В результате анализа маршрута перевозок нефтепродуктов в Центральном и Южном регионах управления выявлены 4 наиболее напряженных маршрута:

- Никольское (Юго-Восточная ж.д.) — Чертково—Новороссийск (Северо-Кавказская ж.д.);

- Никольское (Юго-Восточная ж.д.) — Чертково—Туапсе (Северо-Кавказская ж.д.);

- Медведица (Приволжская ж.д.) — Котельниково—Грушевая (Северо-Кавказская ж.д.);

- Кротовка (Куйбышевская ж.д.) — Котельниково—Грушевая (Северо-Кавказская ж.д.).

В результате анализа маршрутов перевозки ВМ выявлен 61 маршрут и выделено 7 наиболее насыщенных направлений движения.

Показатель риска ущерба для маршрута перевозки нефтепродуктов от ст. Никольское к припортовым станциям Туапсе и Новороссийск (Грушевая) составил порядка 18 000 руб. в год, причем основной вклад в это значение привносит риск ущерба инфраструктуре железных дорог и социальной составляющей. В данном случае риск ущерба следует признать малозначимым.

При перевозке ВМ по маршруту Сельцо—Ильская основной компонентой риска является риск, привнесенный социальной составляющей. Значение риска ущерба в этом случае составляет порядка 4,5 млн руб., и эту величину следует признать значимым риском (полный ущерб в случае реализации крушения или транспортного происшествия поезда с ВМ может составлять порядка 500 млн руб.).

Основной вклад в риск социального ущерба вносит проезд через крупные населенные пункты с большой плотностью населения. Например, проезд через Ростов-на-Дону составляет около 30 % такого риска. Соответственно, организация объезда (через ст. Кизитеринку, ст. Батайск) только этого города может уменьшить на эту величину риск перевозки ВМ по всему маршруту.

Вклад небольших населенных пунктов с невысокой (до 6000 чел/км²) плотностью населения на прилегающих к дороге территориях следует признать незначительным, а организацию обходов для них — нецелесообразной при условии отсутствия других факторов (наличие потенциально опасного производства и объек-

тов селитебной инфраструктуры в черте города на прилегающей к путям территории, в частности, в полосе отвода железных дорог).

По результатам анализа организации обходов по ряду станций (Ковров, Киров, Арзамас, Лиски, Кочетовка, Оскол) (приказ Г-1036у «О перевозке опасных грузов» от 25.08.97 г.) установлено, что организация объездов вокруг этих городов при проследовании составов с ОГ нецелесообразна с точки зрения предварительных результатов анализа риска. Кроме того, анализ картографической информации позволяет сделать вывод о том, что в Коврове, Арзамасе, Лисках, Кочетовке лишь по формальным признакам имеются обходы. Иными словами, в этих условиях обход, проходящий в районе городской и производственной застройки, с точки зрения полученных оценок рисков обходом, повышающим безопасность движения, в данных железнодорожных узлах не является.

Подобная ситуация на время принятия упомянутого приказа могла сложиться по причине отсутствия в службах движения частных железных дорог и на уровне руководства отрасли достаточно полной и систематизированной информации по проблеме. Дополнительным усложняющим обстоятельством послужило отсутствие нормативных показателей безопасности движения в целом.

Подготовленная к работе электронная база данных по расчету рисков (по сети, отдельным железным дорогам) с переходом на конкретные маршруты движения поездов является необходимым шагом в получении нормативных показателей безопасности движения.

Разработка приказов на организацию обходных маршрутов для различных видов ОГ должна производиться с учетом результатов оценки рисков. В противном случае могут быть приняты нецелесообразные в экономическом плане управляющие решения по обходам малозначимых (по рискам) населенных пунктов.

Ситуация по отношению к проследованию составов под перевозку ряда других особо опасных грузов (ООГ), в частности АХОВ, требует дополнительной проработки, необходимой для подготовки рекомендаций к новому распоряжению ОАО «РЖД» в части организации маршрутов объездов крупных железнодорожных узлов.

Установленные особенности показателей риска ущербов для различных видов грузов и отдельных пунктов их пропуска позволяют сделать вывод о том, что результатом анализа риска перево-

зок этих грузов может быть разрешение прямого провоза некоторых ОГ, без выполнения технологических операций по организации обхода. Следствием этого является заключение о возможности будущего увеличения интенсивности перевозок ОГ по ряду прямых маршрутов. В отношении нефтепродуктов (за исключением сжиженного нефтяного газа) такое заключение можно сделать по результатам работы, однако для других грузов из перечня 62 наименований ООГ, разработанного ВНИИЖГ, вопросы оценки риска при перевозках по действующим маршрутам остаются по-прежнему актуальными.

Опишем опыт работы по перевозке опасных грузов на Куйбышевской железной дороге.

На Куйбышевской железной дороге в общем потоке грузов значительное место занимают опасные грузы. Начиная с 1997 г. добыча газа ежегодно увеличивается. Соответственно объемы перевозок сжиженного газа железнодорожным транспортом возрастают с каждым годом. Динамика роста размеров среднесуточной погрузки опасных грузов за период 1998—2013 гг. свидетельствует об увеличении объемов перевозимых опасных грузов на дороге с 1382 до 2338 вагонов в сутки.

Сжиженные газы составляют 35—41 % от объема опасных грузов, предъявляемых к перевозке.

С перевозкой опасных грузов теснейшим образом связано обеспечение безопасности движения в целом, поскольку, по статистическим данным, аварии, происходящие с опасными грузами, составляют приблизительно 21—28 % от общего количества аварий с грузовыми поездами. А цистерны из-под сжиженных газов даже в порожнем состоянии представляют повышенную опасность и должны перевозиться как опасный груз.

Аварийные ситуации ведут к огромным материальным, социальным и экологическим потерям. Ущерб, наносимый железной дороге, исчисляется миллионами рублей. Но в структуре тарифа на перевозку сжиженного газа железнодорожным транспортом риск возникновения аварийной ситуации и возможные затраты на покрытие убытков, допущенных при перевозке, не учитываются.

Основными причинами аварийных инцидентов являются нарушения целостности котла цистерн: трещины котла, трещины в сварном шве — 52 %, а также неисправность нижнего сливного при-

бора — 28 %. На неисправности арматуры приходится 10 %, течи из неплотно закрытого люка — 3 %, прочие причины составляют 1 %. Эти причины, как правило, связаны с низким качеством технического обслуживания, ремонтных работ, а также с отсутствием должного контроля за подготовкой опасных грузов к перевозке.

Актуальной проблемой является низкая выявляемость дефектов котлов цистерн. Проведение гидроиспытаний на прочность и герметичность и применение методов неразрушающего контроля, требующих больших трудозатрат и высокой квалификации специалистов, не позволяет выявить 100 % недопустимых дефектов перед проведением ремонтов котлов цистерн.

Проблемой является и качественное содержание путей, их своевременный ремонт, а также неукоснительное соблюдение работниками железных дорог правил ПТЭ и ИДП. Причинами случившихся за рассматриваемый период аварийных происшествий (сходов, столкновений) явились гнилость шпал, превышение скорости пуска, неисправности пути, стрелочных переводов, нарушение работниками требований ПТЭ при производстве маневровых работ. Также требуют разработки вопросы, связанные с нормами прикрытия между грузами 2 и 3-го классов.

Все перечисленные выше проблемы приводят к увеличению простоев вагонов на станциях, потерям перевозимого груза и подвижного состава, загрязнению окружающей среды. Уточнение уровня тарифов на перевозку опасных грузов, в том числе и на перевозку сжиженных газов, позволит железнодорожной отрасли получить дополнительные доходы и сократить экономические потери при авариях с опасными грузами.

Глава 7. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОГО ВОЖДЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ МАШИНИСТАМИ

7.1. Анализ деятельности работников локомотивных бригад

Опыт эксплуатации железных дорог показал, что безопасность движения поездов существенно зависит от локомотивной бригады и, прежде всего, от внимания машиниста и его помощника.

Важны все составляющие внимания, в том числе устойчивость, своевременность переключений, правильность распределений, отвлеченность.

В настоящее время для контроля способности машиниста безопасно вести поезд используют различные средства и устройства контроля бдительности.

К ним относятся:

- система автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) с подтверждением бдительности нажатием специальной рукоятки бдительности (РБ) при изменении показаний светофора на более запрещающее;

- система контроля бдительности периодического нажатия РБ (через 1—1,5 мин);

- система АЛС (контролем скорости) с абсолютно действующим автостопом;

- система контроля бдительности посредством измерения составляющих электрического сопротивления кожи человека (ЭСК) и времени реакции на простой сигнал.

Однако перечисленные системы обладают недостаточной надежностью контроля бдительности. При использовании первой и второй систем, как показал многолетний опыт эксплуатации, возникают случаи проездов запрещающих сигналов из-за рефлексного нажатия рукоятки бдительности. Известны случаи, когда машинист локомотива в полусонном состоянии, не открывая глаз, подтверждает свою бдительность нажатием на рукоятку. Известно, что мелькание опор, набегание шпал, монотонные условия труда машинис-

та могут вызвать гипотоническое состояние. И машинист с открытыми глазами может проехать запрещающий сигнал.

Наиболее перспективной системой контроля бдительности машиниста являются устройства, основанные на измерении электрического состояния кожи человека (ЭСК) и контроля таких составляющих параметров внимания, как распределение, устойчивость и особенно переключение.

Для оценки способности машиниста правильно распределять и переключать внимание должны использоваться параметры управляемого поезда. Особенно необходим предложенный подход к контролю бдительности в условиях автоведения поездов, при которых машинист вынужден длительное время как бы бездействовать, но находиться в состоянии готовности к экстренным действиям.

С другой стороны, труд машиниста принимает характер дистанционного управления реальными объектами и процессами на основе восприятия информационных моделей. Увеличение скорости движения и усложнение технических средств заставляют машиниста максимально использовать свои физические возможности.

За последние годы число приборов средств сигнализации и управления в кабине машиниста возросло в 1,5—2 раза, время же, отведенное для выполнения операций управления, сократилось. Это обстоятельство заставляет при разработке систем управления локомотивами учитывать возможности органов чувств интеллектуальной и моторной деятельности и психики человека, находить оптимальные решения в области взаимодействия человека и техники.

С усложнением систем управления локомотивом особую актуальность приобретает задача оптимизации потоков информации.

Наиболее существенным недостатком существующих систем и средств отображения информации является то, что они перегружают машиниста информацией, имеющей разную степень экстренности и важности. При современной тенденции и неуклонном росте скоростей движения и увеличивающегося дефицита времени человека, занятого в системах управления, особенно движущимися объектами, значение знаний закономерностей изменения времени реакции на различные сигналы приобретает большое практическое значение. Количественная характеристика реакции человека на сигналы должна использоваться как в проектной, так и в эксплуатационной практике.

Для исследования времени реакции человека на различные сигналы были проведены эксперименты. Они показали, что постоянный контроль за реакцией машиниста крайне необходим в связи с тенденцией дефицита времени при управлении. В качестве примера отметим опытные данные по распределению среднего времени между отдельными операциями при проследовании одного километра пути для пассажирских (а), пригородных (б) и грузовых (в) поездов (тепловозы ТЭЗ и ТЭ7) (рис. 7.1). На диаграммах показано время использования контроллера (1), тормозного крана машиниста (2), выключателей жалюзи и муфты вентилятора холодильника (3), приборов температуры воды и масла дизеля (4), тормозных манометров (5), прочих приборов (6), а также резервное время (7) и время переработки только внешней информации (8).

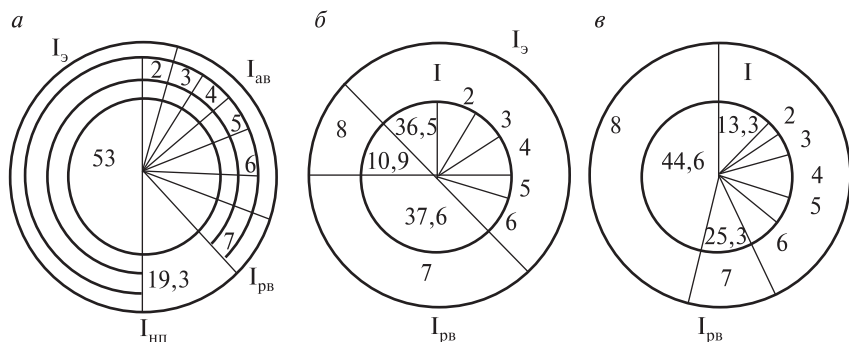


Рис. 7.1. Диаграммы времени реакции машиниста на различные сигналы, в %

Средняя скорость движения по участку пассажирских поездов 80 км/ч, пригородных — 50 км/ч, грузовых — 60 км/ч.

На диаграммах обозначается время, затраченное на приведение в действие аппаратов, или время реакции машиниста с учетом технологических пауз:

- часть общего времени, свободного от выполнения операции по приему, переработке и выдаче информации. Это время резервное. Оно складывается из пауз между операциями;
- время переработки внешней информации;
- время переработки и накопления потока внутренней информации.

Учитывая скорость переноса рук, необходимо проектировать пульта управления так, чтобы в ответ на любой сигнал правая рука двигалась в направлении по часовой стрелке.

Прибор контроля бдительности машиниста должен помогать машинистам локомотивных бригад вести поезд без нарушений, непрерывно или периодически устанавливать готовность машиниста к экстренному торможению, при необходимости требовать от него повышения уровня бдительности и в случае невосприятия машинистом этого сигнала принимать меры к остановке поезда. Готовность машиниста к экстренному торможению следует проверять по объективным показаниям. Например, автоматически контролировать показатели его психофизического состояния.

Прибор контроля бдительности должен оценивать уровень бдительности машиниста на основе сопоставления его управляющих действий и программы ведения поезда в конкретной ситуации. При этом имеются в виду лишь сознательные, необходимые в данной ситуации действия машиниста, или, по крайней мере, его реакция на полезные для ведения поезда искусственные раздражители. Максимальная частота контроля бдительности искусственных раздражителей должна определяться утомляемостью машиниста, а минимальная частота должна зависеть от времени перехода человека из бодрствующего состояния в дремотное.

Устройства АЛС обладают существенным недостатком. Они создают дополнительную нагрузку на машиниста, отвлекают его и мешают выполнению основных операций, требуя частой проверки бдительности (15—20 с). Кроме того, при монотонно повторяющихся сигналах проверки бдительности у машиниста вырабатывается способность механически нажимать рукоятку бдительности даже в дремотном состоянии.

Характерно, что распределение случаев засыпания по времени суток совпадает с суточной динамикой работоспособности и тенденцией роста брака на промышленных предприятиях (рис. 7.2). Более половины несчастных случаев и аварийных ситуаций связаны со снижением уровня бодрствования локомотивных бригад. Все это подчеркивает необходимость научного обоснования и создания технических средств непосредственного контроля психофизиологического состояния машиниста.

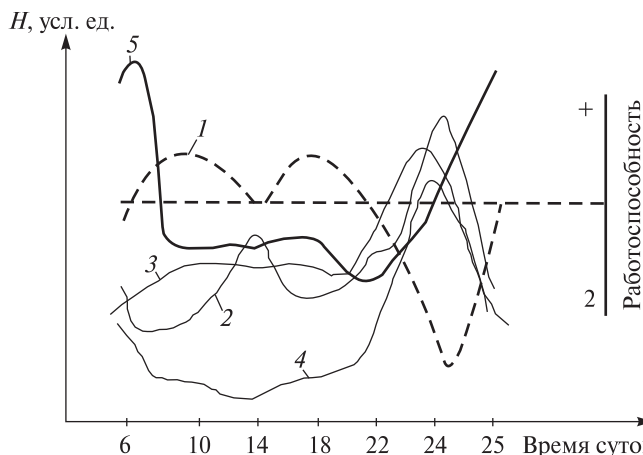


Рис. 7.2. Суточная динамика показателей качества деятельности и параметров ЭСК (электрического состояния кожи человека):

1 — работоспособность; 2 — количество производственного брака; 3 — тоническая составляющая ЭСК; 4 — относительная частота появления критических интервалов фазической составляющей ЭСК, проезды запрещающих сигналов из-за засыпания машиниста; 5 — проезды и крушения

От всех операторов, в том числе и от машиниста локомотива, требуется в процессе работы воспринимать и запоминать необходимую информацию, перерабатывать ее и принимать правильное решение.

Точность, объем восприятия и запоминания информации, время удержания (сохранения) ее в памяти оказывают существенное влияние на надежность и эффективность систем «человек—машина» или «человек—техника».

Восприятие и память относятся к числу наиболее важных познавательных процессов, играющих существенную роль в деятельности операторов всех профилей. Восприятием называется отражение в сознании человека предметов или явлений при их непосредственном воздействии на органы чувств. В ходе восприятия происходит упорядочение и объединение отдельных ощущений в целостные образы вещей и событий. В отличие от ощущений, в которых отражаются отдельные свойства раздражителя, восприятие отражает предмет в целом, в совокупности его свойств. Наиболее важные

особенности восприятия — предметность, целостность, структурность, осмысленность, константность.

По видам анализаторов различают зрительные, слуховые, осязательные, кинестетические (чувствительные к движению), обонятельные и вкусовые восприятия. Обычно процесс восприятия осуществляется несколькими взаимодействующими между собой анализаторами.

Различные виды восприятия редко встречаются в чистом виде, обычно они комбинируются, и в результате возникают сложные виды восприятия.

Основой другого типа классификаций являются формы существования материи: пространство, время и движение. Поэтому выделяют восприятие пространства, восприятие времени и восприятие движения.

Восприятие — это активный процесс, действие, направленное на обследование объекта и на создание его копии, его подобия. Существенным компонентом восприятия являются моторные процессы: движение рук, ощущающих предметы; движение глаз, прослеживающих видимый контур предмета; движения гортани, воспроизводящие слышимый звук.

Человек-оператор около 90 % всей информации получает через зрительный анализатор. Поэтому из всех видов восприятия наибольшее значение имеют зрительные восприятия. Важную роль в этом играет движение глаз. Различают макро- и микродвижение глаз. Имеются два основных типа макродвижения глаз: прослеживающие и саккадические.

Прослеживающие движения глаз представляют собой сглаженные, плавные движения, которые позволяют глазу непрерывно видеть перемещающиеся объекты.

Саккадические движения — это быстрые скачки глаз, наблюдаемые, например, при чтении или рассмотрении непосредственных объектов. Когда глаз не движется, а взор пристально устремлен на объект, имеет место зрительная фиксация объекта. В момент фиксации мозг получает максимум информации. При выполнении различных зрительных задач (рассматривание картины) глаза находятся в состоянии фиксации в течение 95 % времени.

К числу микродвижений глаз относятся: медленный дрейф, быстрые скачки и быстрые колебания (тремор глаз). Эти микродвиже-

ния не заметны для человека, фиксирующего свой взгляд на какой-либо точке неподвижного объекта. Их можно зарегистрировать лишь специальными приборами. Таким образом, движение глаз имеется даже в том случае, когда человек сознательно пытается зафиксировать свой взгляд. Поэтому говорят не о точке фиксации, а о зоне области фиксации.

Память, включаясь в деятельность оператора, играет в ней исключительно важную роль. Знание специфики каждого из видов памяти, а также основных ее закономерностей, необходимо для рационального управления процессами памяти оператора.

Первая сигнальная система присуща любому живому организму. Здесь действительность сигнализируется раздражителями непосредственно, т.е. организм связан с окружающей средой непосредственно через сигналы: свет, звук, тепло и т.д. Эти сигналы действуют на органы чувств.

Вторая сигнальная система свойственна только человеку. Действительность в этом случае сигнализируется через речь, т.е. при помощи слов, произносимых, слышимых или видимых.

Таким образом, например, для предупреждения человека об опасности могут быть только два типа сигналов: непосредственные (зрительные, слуховые, осязательные) и словесные (слова или цифры сказанные, слышимые или прочитанные).

Реакция человека на сигнал может быть также непосредственной (двигательной) и словесной.

Железнодорожные сигналы относятся к непосредственным сигналам (показания светофоров, дисков щитов, свистки локомотивов, взрыв петард). Реакция на них в основном проявляется в виде непосредственных действий. Отдергивание руки или выход из опасной зоны, приведение в действие каких-либо рукояток управления, выполнение тех или иных операций.

Поэтому наибольший интерес представляют условные связи человека с окружающей средой только первой группы, т.е. непосредственный сигнал — непосредственная реакция.

Время реакции может быть представлено как сумма скрытого (латентного) периода (т.е. времени от момента появления сигнала до начала ответного действия), времени, требуемого для движения к органу управления (переход, перенесение руки или ноги к рукоятке или педали) и времени, необходимого для приведения в дей-

ствие или преодоления свободного хода органа управления (нажатие кнопки или рычага, вращение запорного вентиля, реверса и т.д.).

Для быстрого и правильного восприятия любого сигнала машинисты, составители поездов и другие работники железнодорожного транспорта во время работы должны в любой момент рабочей смены находиться в состоянии высокого уровня бдительности.

Бдительность — это состояние готовности человека к экстренному действию по тому или иному сигналу, начало которого заранее неизвестно.

Следовательно, при проектировании и реализации систем взаимодействия человека с управляемой машиной (машина и локомотив) определяющую роль играет знание физических и психологических возможностей человека в трудовых процессах, а также закономерностей и требований к техническим системам и работоспособности человека.

Профессия машиниста относится к тем профессиям операторского труда, представители которого основную часть рабочего времени тратят на наблюдение за различного рода сигналами, показаниями приборов и приведение в действие органов управления (кнопок тумблеров, рычагов управления, педалей). Диапазон досягаемости органов управления для человека должен быть в пределах пространства, определяемого антропологическими признаками человека. Для наилучшего наблюдения контролируемого процесса визуальные индикаторы на рабочем месте следует разместить в средней точке панели управления или табло. Важнейшее из них надо располагать на уровне глаз. Следует максимально сокращать маршруты движения глаз в процессе работы. Для машинистов расположение приборов следует проектировать так, чтобы расстояние между главной основой визирования на путь и центрами главных приборов было минимальным. Это требование обусловлено необходимостью максимального сокращения времени для перемещения взора с пути на приборы и обратно, так как во время такого перемещения из-за необходимой аккомодации зрения (перефокусировка кристаллика на новую точку) глаз почти ничего не видит и нужно определенное время.

Время реакции на сигналы является одной из главных характеристик машиниста. На величину времени реакции в производственных условиях существенное влияние оказывают разнообразные фак-

торы. К основным следует отнести: тип раздражителя, пол и возраст человека, интенсивность сигнала, периодичность его предъявления и информационное содержание. Время реакции подвержено суточному колебанию и зависит от психофизического состояния человека, степени его тренированности, действия различных помех, фармакологических или отравляющих веществ.

Как видно из рис. 7.3 тип раздражителя влияет на время реакции. Поэтому сигналы, которые действуют на слух и зрение человека, не только из-за их информативности, но и по наименьшему времени реакции избраны как основные. Следует обратить внимание на то, что сигналы, действующие на слуховой анализатор, способствуют ускорению времени реакции. Поэтому на практике следует пользоваться этой закономерностью при дублировании световых сигналов звуковыми (в частности, при проектировании различных пультов управления).

На рис. 7.3 показано время реакции человека в зависимости от пола и возраста. Из рисунка видно, что время реакции у женщин и мужчин в зависимости от возраста различно. Существуют различия во времени реакции мужчин и женщин одного возраста. С увеличением возраста после 25 лет время реакции увеличивается в основном за счет увеличения длительности психофизиологического процесса в высших отделах центральной нервной системы.

Все это необходимо учитывать при выполнении анализа различных опасных ситуаций. Анализ зависимости времени реакции машиниста от интенсивности сигнала

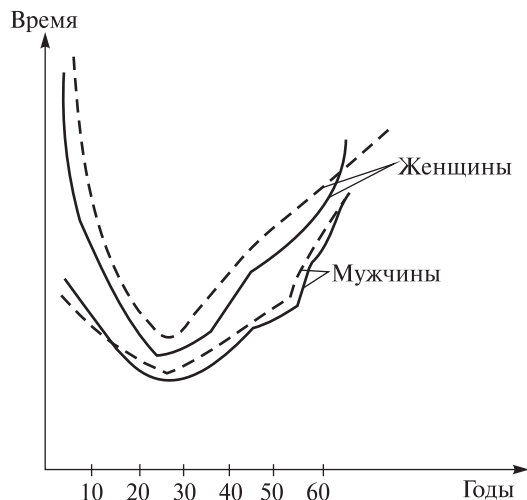


Рис. 7.3. Время реакции в зависимости от пола, возраста и типа раздражителя:

— — на свет
 — на звук

ла показывает, что оно уменьшается с увеличением интенсивности, но до определенной величины, которая является минимально возможной величиной времени реакции при данных условиях. Зависимость времени реакции от приема отравляющих веществ (алкоголь) показывает, что их наличие сначала уменьшает время реакции, а затем (через 15—20 мин) значительно увеличивает его.

Существенно зависит время реакции от информационного содержания сигнала (время реакции изменяется в широких пределах). Оно зависит от степени неожиданности сигнала (внезапности появления), от степени сложности сигнальных значений и т.д.

Четкое восприятие сигнальных показаний светофора является условием обеспечения безопасности работы железнодорожного транспорта. Поскольку одним из важных признаков световых сигналов является цвет, то важно так выбрать цвета сигнальных показаний, чтобы они отличались друг от друга и были хорошо видны при самых неблагоприятных условиях ночью и днем.

Эксперименты показывают, что в процессе опознания цвета сигнала только красный сигнал воспринимается как красный, поэтому его используют как запрещающий сигнал. Менее правильно опознается синий цвет, поэтому он применяется главным образом в световой сигнализации маневровых светофоров.

Таким образом, для правильного восприятия того или иного сигнала, в том числе и сигнала любой опасности, в производственной обстановке должно быть время, в течение которого преодолевается фактор неполного состояния готовности. У разных людей это время колеблется в широком диапазоне и в различные периоды рабочей смены неодинаково. Оно зависит от количества сигналов, на которые требуется реагировать, количества и качества помех при этом. Однако, в основном, снижение уровня бдительности в процессе трудовой деятельности чаще всего обуславливается развитием утомления. Например, после получаса напряженной работы, если не сделать кратковременного перерыва (небольшого отдыха), количество пропущенных сигналов возрастает.

Контроль бдительности представляет собой систему устройств, автоматически останавливающих поезд, если после предупреждения о сближении с препятствием машинист установленными действиями не подтвердит бдительность. О необходимости подтвердить бдительность машинист предупреждается звуковым сигналом. Пос-

ле подтверждения бдительности машинист берет на себя ответственность за снижение скорости поезда в зоне сближения с препятствием. Отрезок времени от подачи сигнала опасности до полной остановки подвижного состава складывается из многих компонентов, различных по продолжительности и влиянию на длину полного тормозного пути. При этом следует особо подчеркнуть, что сокращение длины тормозного пути, как правило, резко сокращает негативные последствия наездов. Необходимо улучшать качество сигнальных устройств (ручных и звуковых сигналов) путем повышения интенсивности генерируемого ими сигнала. Располагать приборы управления локомотива следует в рабочей зоне рук или ног на возможно близком расстоянии от их нормального (нерабочего) положения. Нужна четкая регламентация, какой рукояткой или ногой управляют эти приборы. Для одновременного приведения их в действие на каждую конечность должно приходиться по одной рукоятке или педали. Необходимо также учитывать мускульные возможности человека. Поэтому приборы управления, используемые относительно редко, нужно конструировать так, чтобы усилия, развиваемые человеком при мышечном действии на них, не превышали определенных максимальных значений. При частом использовании (несколько раз в минуту) приборов управления допустимая нагрузка снижается в 2—3 раза.

В трудовой деятельности машиниста можно выделить два потенциально опасных состояния: перегрузку, связанную с получением большого количества информации и ее переработкой, и недогруженность полезной информацией и работой. К комплексу мероприятий, снижающих вероятность появления состояния перегрузки у машинистов, относятся автоматизация процессов управления локомотивами, конструирование пультов с учетом требований эргономики, обеспечение режима труда и отдыха локомотивных бригад и т.д.

С другой стороны, автоматизация основных процессов управления локомотивом увеличивает продолжительность пребывания машиниста в состоянии оперативного покоя (незагруженности полезной информацией и работой). В поездных условиях такое состояние представляет серьезную опасность, которая увеличивается при больших скоростях движения, монотонных покачиваниях кабины локомотива, эффекте мелькания и других факторах. Все это

в конечном итоге может привести к наступлению гипнотического состояния, переходящего в сон. Поэтому своевременное выявление момента приближения машиниста к такому опасному состоянию является важным элементом системы мероприятий по повышению безопасности движения. В настоящее время существует ряд средств, с помощью которых контролируется бдительность локомотивной бригады. Используются для этого и рукоятки бдительности различных модификаций. Основным их недостатком является то, что контрольные сигналы выдаются независимо от психофизического состояния машиниста, т.е. его бдительности, проверяемой только в функции времени, пути и места расположения сигналов на пути. Такая система проверки бдительности, не решая полностью проблемы выявления начала дремотного состояния, создает дополнительную нагрузку на машиниста. Поэтому не удивительно, что она подвергается справедливой критике со стороны локомотивных бригад.

Вместе с тем существует возможность непрерывного контроля физиологических функций человека, объективной оценки его психологического состояния и подачи предупредительных сигналов только тогда, когда это состояние становится действительно опасным. Известны различные предложения по созданию автоматических средств контроля психофизического состояния человека.

Наиболее перспективным направлением является использование в качестве контролируемого физиологического параметра электрического сопротивления кожи человека (ЭСК). Следует отметить, что при использовании ЭСК в качестве контролируемого параметра к конструкции электродов для съема физиологической информации предъявляются самые минимальные требования.

Известно, что абсолютный уровень ЭСК отражает общее состояние (тонус) человека, а кратковременный — изменения его реакции на внешние и внутренние эмоциональные факторы. Эти изменения, называемые фазической составляющей ЭСК, могут быть выделены из суммарного сигнала с помощью полосового фильтра с последующим усилением.

В электрофизиологии употребляется термин «тоническая составляющая ЭСК». Под этим понимается разность между абсолютным значением ЭСК и его фазической составляющей. Однако, поскольку амплитуда фазической составляющей не превышает нескольких

процентов суммарного значения, под термином «тоническая составляющая» обычно понимается суммарное ЭСК.

Исследованиями установлено, что в определенный момент времени тоническая составляющая начинает возрастать, а фазическая — затухать. Именно такая картина получается при снижении уровня бодрствования человека. В МИИТе и ВНИИЖТе исследованы параметры ЭСК при снижении уровня бодрствования. Применена известная из научной литературы динамика: по мере приближения к дремотному состоянию значение ЭСК возрастает и при засыпании может увеличиться в несколько раз. При этом снижается частота и амплитуда импульсов фазической составляющей. Были определены и количественные значения параметров ЭСК, характерных для снижения уровня бодрствования. В связи с тем, что сигнал ЭСК может быть разделен на две составляющие, его информативность увеличивается: дополнительные признаки состояния человека получаются за счет сочетания параметров обеих составляющих сигнала ЭСК, снимаемого с одной пары электродов. Возможность разделения сигнала ЭСК на две составляющие позволяет построить три принципиально разных по сложности и надежности автоматических устройства контроля бодрствования: по относительному изменению тонической составляющей, по фазической составляющей, по обоим составляющим ЭСК.

Попытки создания автоматических средств контроля бодрствования по ЭСК предпринимались и ранее. Созданные при этом устройства срабатывают при достижении ЭСК постоянно заданного порогового значения. Однако уровни ЭСК у различных людей различны: от десятков КОМ до единиц МОМ и, кроме того, могут изменяться в широких пределах под действием внешних факторов вне зависимости от уровня бодрствования человека. В результате установление постоянного порога срабатывания по абсолютному уровню ЭСК практически не позволяет обнаружить снижение уровня бодрствования. Поэтому при создании подобных автоматических средств контроля уровня бодрствования одним из основных вопросов является нивелирование индивидуальных различий уровней ЭСК. Большое значение имеет также выбор рационального съема сигнала. Падение напряжения, снимаемого с электродов при пропуске измерительного тока, прямо пропорционально величине ЭСК, и следовательно, это падение напряжения будет измеряться

в большом динамическом диапазоне. С другой стороны, для исключения мешающего влияния биопотенциалов кожи и ЭДС поляризации электродов на сигналы ЭСК минимальное напряжение на электродах должно быть не менее 0,7 В. При таких условиях максимальное напряжение на электродах может достигать нескольких десятков вольт, что недопустимо по условиям электробезопасности: при длительном воздействии на человека постоянного тока электрофизиологами рекомендуется его величина не выше 100 мкА.

Другим обстоятельством, определяющим структуру автоматического устройства контроля и его надежность, является выбор информативных признаков физиологической функции. В результате проведенных исследований в качестве таких признаков выработаны относительное приращение тонической составляющей ЭСК и длительность интервала между двумя соседними импульсами фазической составляющей, амплитуды которых превышают определенный процент соответствующего абсолютного уровня ЭСК.

Следует отметить, что контролируемое состояние человека не имеет четко выраженных границ, которые однозначно подавались бы количественной оценке по физиологическим параметрам.

С учетом этих обстоятельств устройство автоматического контроля уровня бодрствования должно содержать узел автоматической установки заданного постоянного уровня напряжения на электродах независимо от исходного ЭСК и узел стабилизации напряжения на электродах при уменьшении ЭСК. В случае обнаружения тенденции к увеличению ЭСК, свидетельствующей о снижении уровня бдительности, стабилизирующее действие узла прекращается, а упомянутый постоянный уровень напряжения используется в качестве нуля отсчета для оценки величины приращения ЭСК.

Таким образом, устройство, содержащее такой узел отслеживания, преобразует фактический уровень ЭСК в нормированный электрический сигнал, сигнал фазической составляющей выделения, и следовательно, значение этого сигнала прямо пропорционально отношению фазической составляющей к абсолютному уровню ЭСК. Если этот сигнал фазической составляющей будет подан на вход порогового элемента, то импульс на его выходе будет формироваться в том случае, когда отношение фазической составляющей к абсолютному уровню ЭСК превышает заданное значение, однозначно определенное значениями порогового элемента.

7.2. Комплексные системы, обеспечивающие безопасное вождение локомотивов машинистами

Комплексные бортовые системы обеспечения безопасности движения объединяют в себе функции различных приборов безопасности, ранее применявшихся на сети железных дорог России, и дополнительные функции. К основным функциям комплексных систем относятся:

- прием сигналов от путевых устройств станционной и перегонной автоматики о местонахождении идущего впереди поезда, допустимой скорости движения и другой информации;
- измерение скорости движения, определение местоположения локомотива, положение органов управления локомотива, состояние тормозной системы;
- обработка принятых сигналов и измеренных параметров движения, формирование допустимой скорости, при превышении допустимой скорости принудительное торможение поезда;
- индикация и сигнализация машинисту информации, формируемой системой;
- контроль бдительности и бодрствования машиниста и принудительное торможение поезда при их недопустимом снижении;
- регистрация информации, формируемой системой параметров движения, местоположения локомотива и времени действия в энергонезависимой памяти.

К комплексным системам обеспечения безопасности движения относятся системы КЛУБ, КЛУБ-П, КЛУБ-У, КЛУБ-УП.

Комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ предназначено для установки в качестве основного устройства безопасности на всех типах локомотивов и мотор-вагонном подвижном составе (МВПС) на участках железных дорог с автономной и электрической тягой постоянного и переменного тока, оборудованных путевыми устройствами АЛСН, АЛС-ЕН, САУТ, САУТ-ЦМ.

КЛУБ должен обеспечивать:

- прием информации из канала АЛСН, ее дешифрацию и индикацию машинисту;
- изменение и индикацию фактической скорости движения;
- формирование допустимой скорости движения и ее индикацию в зависимости от конструктивных особенностей локомотива и показаний путевого светофора;

- контроль скорости движения и автостопное торможение при превышении допустимой скорости движения по показаниям светодинамики;

- контроль торможения перед светофором с запрещающим сигналом;

- выключение тяги при выдаче сигналов на автоматическое торможение;

- контроль бдительности машиниста;

- исключение самопроизвольного (несанкционированного) движения;

- невозможность движения при отключенном ЭПК и выключенной системе безопасности движения;

- прием сигналов режимов работы («ПОЕЗДНОЙ» или «МАНЕВРОВОЙ») от органов управления локомотива, формирование и индикацию соответствующих значений допустимых скоростей движения;

- возможность проверки и тестирования аппаратуры без захода локомотива на базовое предприятие;

- сохранение контроля бдительности машиниста при неисправностях приемных катушек;

- ввод и корректировку постоянных величин, учитывающих конструктивные особенности локомотива или МВПС:

- а) конструкционную скорость;

- б) скорость проследования путевого светофора с «желтым» сигналом;

- в) диаметр колес по кругу катания;

- г) длину участка торможения.

В состав КЛУБ входят следующие блоки:

- блок электроники локомотивный БЭЛ2М2;

- блок индикации локомотивный БИЛ2М;

- блок коммутации БК;

- блок ввода и диагностики БВД, БВДМ.

Комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-П предназначено для применения на специальном самоходном подвижном составе (ССПС) (мотовозах, дрезинах), отнесенном ко II категории и выполняющем передвижение или работы с обслуживающим персоналом на участках пути, оборудованных или не оборудованных устройствами АЛСН, как самостоятельно, так и в сцепе с вагонами и платформами.

КЛУБ-П обеспечивает:

- прием информации из канала АЛСН, ее дешифрацию и индикацию машинисту;
- изменение и индикацию фактической скорости движения;
- формирование допустимой скорости движения и ее индикацию в зависимости от конструктивных особенностей локомотива и показаний путевого светофора;
- контроль скорости движения и автостопное торможение при превышении допустимой скорости движения по показаниям светофоров;
- контроль торможения перед светофором с запрещающим сигналом;
- выключение тяги при выдаче сигналов на автоматическое торможение;
- контроль бдительности машиниста;
- исключение самопроизвольного (несанкционированного) движения;
- невозможность движения при отключенном ЭПК и выключенной системе безопасности движения;
- прием сигналов режимов работы («ТРАНСПОРТНЫЙ» или «РАБОЧИЙ», «ПОЕЗДНОЙ» или «МАНЕВРОВЫЙ») от органов управления локомотива, формирование и индикацию соответствующих значений допустимых скоростей движения;
- контроль максимально допустимой скорости движения 20 км/ч в рабочем режиме и формирование сигнала автостопного торможения при ее превышении;
- снятие контроля бдительности при движении со скоростью до 10 км/ч в рабочем режиме и при полной остановке ССПС, возможность проверки и тестирования аппаратуры без захода единицы ССПС на базовое предприятие;
- сохранение контроля бдительности машиниста при неисправностях приемных катушек;
- ввод и корректировку постоянных величин, учитывающих конструктивные особенности ССПС:
 - а) конструкционную скорость;
 - б) скорость проследования путевого светофора с «желтым» сигналом;

в) диаметр колес по кругу катания;

г) длину участка торможения.

В состав КЛУБ-П входят:

– блок электроники локомотивный БЭЛ-П;

– блок индикации локомотивный БИЛ-П;

– коробка соединительная ЦВИЯ.301.176.006;

– корпус с МФИЛ.301.156.002;

– рукоятка бдительности типа РБ-80;

– комплект ЗИП;

– датчик угла поворота Л 178/1-24 ТУ32-ПД-2Т2989-89, ТУ32-ПДТ-ЦТ2989-89;

– катушка приемная универсальная КПУ-1;

– комплект кабелей ЦВИЯ.464951.004.

Комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У предназначено для применения в составе комплексной унифицированной системы для регулирования и обеспечения безопасности движения поездов КУРС-Б, в целях повышения безопасности движения поездов в поездной и маневровой работе, автоматизации процесса расшифровки результатов записи параметров движения поездов и обеспечения достоверности расшифровки.

КЛУБ-У предназначено для применения на участках железных дорог с автономной и электрической тягой постоянного и переменного тока, оборудованных путевыми устройствами АЛСН, АЛС-ЕН, ТКС, САУТ, системой координации регулирования движения поездов на базе цифрового радиоканала, а также на станциях, оборудованных системой МАЛС, для работы на всех типах локомотивов, моторвагонного подвижного состава (МВПС) и несъемных самоходных подвижных единицах на железнодорожном ходу.

В состав КЛУБ-У входят:

БЭЛ-У — блок электроники локомотивный универсальный;

БК-У — блок коммутации универсальный (варианты исполнения БК-У-1, БК-У-2);

БСС — блок связи с САУТ-Ц;

БИЛ-УВ — блок индикации и ввода локомотивный универсальный;

БВЛ-У — блок ввода локомотивный (составная часть БИЛ-УВ);

УФИР — устройство формирования информации для регистрации;

БВД-У — блок ввода данных и диагностики универсальный;
ИП-ЛЭ — источник электропитания локомотивный электрон-
ной аппаратуры;

СУД-У — стационарное устройство дешифрации универсальное;

КР — кассета регистрации;

ППУ-РС — устройство приемопередающее цифровой радио-
связи;

А-ТКС — антенна точечного канала связи;

А-СНС — антенна спутниковой навигации;

КРТ — преобразователь избыточного давления;

ДПС-САУТ-МП — датчик пути и скорости;

Ф — фильтр питания датчика ДПС (Ф-ДПС-САУТ-МП);

ИП-ЛК — измеритель параметров локомотивных катушек;

ПК — приемные катушки (вариант исполнения КПУ-1);

ЭПК — электропневматический клапан (вариант исполнения
КПУ-1);

САУТ-ЦМ — система автоматического управления торможени-
ем поезда;

ТС КБМ — телемеханическая система контроля бодрствования
машиниста;

CAN — локальная вычислительная сеть;

ТКС — точечный канал связи;

МАЛС — маневровая автоматическая локомотивная сигнали-
зация;

РБ — рукоятка бдительности;

РБС — рукоятка бдительности специальная;

УФК — устройство формирования электронной карты;

КПТ — кодовый путевой трансмиттер;

ВК — кнопка выключения красного сигнала.

Комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-УП.

Система КЛУБ-УП рассчитана для применения на ССПС — спе-
циальном самоходном подвижном составе I категории.

Система КЛУБ-УП предназначена для применения на участках
железных дорог с автономной и электрической тягой постоянного
и переменного тока, оборудованных путевыми устройствами АЛСН
либо системой координатного регулирования движения поездов на
базе цифрового радиоканала и системой МАЛС на станциях (спе-
циальное исполнение). В состав КЛУБ-УП входят:

БЭЛ-УП — блок электроники унифицированный для ССПС I категории;

МЦО — модуль центрального обработчика;

МПД — модуль измерителя параметров движения;

БВУ — блок вводных устройств;

РК — радиоканал;

РС — модуль радиосвязи;

БИЛ-УВП — блок индикации и ввода параметров унифицированный;

БКР-УП — блок коммутации и формирования информации для регистрации;

КР — кассета регистрации;

СУД-У — стационарное устройство дешифрации;

БВЛ-УП — блок ввода параметров унифицированный для ССПС;

БВД-У — блок ввода и диагностики унифицированный;

УФК — устройство формирования электронной карты;

КПУ-1 — приемные катушки;

А-СНС — антенна спутниковой навигационной системы;

ППУ-РС — приемопередающее устройство цифровой радиосвязи;

ИП-ЛЭ — источник питания электронной аппаратуры;

ДПС — датчик пути и скорости;

ЭПК — электропневматический клапан;

КПТ — кодовый путевой трансмиттер;

УФИР — устройство формирования информации для регистрации;

РБ, РБС — рукоятка бдительности, рукоятка бдительности специальная;

УСК — устройство считывания кассеты регистрации;

ВК — кнопка выключения красного сигнала.

Для проверки бдительности машиниста разработан автономный прибор и усовершенствованы осветительные приборы и световые сигнальные системы локомотивов.

Принципиальное отличие от существующих приборов заключается в полной автономии функционирования и использовании преобразователя эргатической информации. Устройство автоматически отслеживает синхронное движение машиниста по заранее отра-

ботанному алгоритму и вырабатывает адекватный сигнал, подаваемый на штатные устройства безопасности. Контролирует все этапы бодрствования машиниста и не допускает наступления сонного состояния на рабочем месте.

Устройство представляет собой систему, определяющую частоту морганий век человека, и состоит из трех основных блоков: создания, преобразования и исследования кадра.

В блок создания кадра входят телекамера, АЦП и ОЗУ1. В блок преобразования — счетчики с предустановкой, схема перезаписи, ОЗУ2 и коммутаторы. Блок исследования кадра содержит пороговые элементы и логическую схему. Соответственно блок управления состоит из тактового генератора и счетчиков-делителей.

Освещенность объекта (лицо человека) в ночное время составляет около 0,2 лк. Существующие приемные видиконы работают с предметами, имеющими освещенность в пределах 1—10 лк, а суперортиконы более чувствительны — 0,1—1 лк. Из-за более высоких требований применяется приемная трубка типа плюбикон или ей подобная. В качестве вариантов была рассмотрена и дополнительная подсветка объекта с работой в инфракрасном диапазоне спектра.

Расстояние между объектом и приемным устройством — 400—1000 мм, рабочее пространство объекта — 400×400 мм (с учетом различных возможных перемещений головы человека), размер мишени (глаза и веки): минимальный — 9,5×12,5 мм и максимальный — 15×20 мм, также с учетом перемещений объекта. Масштаб настройки — 42. Рассчитанному фокусному расстоянию 2,4 см подходит короткофокусный объектив с данными 2 на 1,2 см.

Полученные данные позволяют контролировать положение мишени при отклонении на угол 30° по горизонтали (0,58 м в обе стороны от оси объектива) и 15° по вертикали (0,27 м вверх и вниз от той же оси).

Минимальную частоту кадров определяют два фактора: движения мишени (моргание век) должно попасть в кадр и движение объекта не должно вызывать значительного расширения границ нерезкости при определенной постоянной глубине резкости.

Важным этапом является исследование записанных кадров с целью обнаружения их различий. Здесь применен делитель-формиро-

ватель и два пороговых элемента. Если глаза открыты, то на выходе делителя-формирователя будет отмечен логический ноль (он обнуляется с каждым новым кадром). Если глаза постоянно закрыты, то логическая 1 будет устанавливаться с частотой, равной частоте кадров (частоте перезаписи). Если глазные веки периодически двигаются, то на выходе делителя-формирователя логическая 1 будет устанавливаться с частотой моргания и соответственно периодом, кратным периоду изменения кадров (60 мкс).

Для предотвращения появления возможных ошибок и ложных логических 0 и 1 используется дополнительный счетчик. В том случае, если бдительность не подтверждена (счетчик не установлен в «0»), то через 5 периодов подается звуковой сигнал, на который машинист обязан отреагировать, нажав рукоятку бдительности. Если этого не произошло, счетчик отсчитывает еще 5 периодов (общее число 10 периодов), и только после этого подается сигнал утраты бдительности. Частота генератора счетчика подбирается при налаживании устройства. От частоты зависит промежуток времени в 5 или 10 периодов.

Для получения результирующего сигнала бдительности, вырабатываемого устройством, необходимо сравнить несколько кадров, запечатлевших статичное изображение объекта и мишени. С этой целью после операций создания кадра производится его преобразование, заключающееся в перезаписи изображения объекта. Важным этапом является исследование записанных кадров с целью обнаружения их различий.

Применение автономной системы проверки бдительности машиниста позволит повысить безопасность движения поездов и отказать от существующей неудобной и громоздкой системы проверки бдительности.

Сегодня на сети железных дорог России возникла парадоксальная ситуация — современные локомотивы до сих пор имеют головное осветительное оборудование паровозов. Традиционная треугольная схема (один центральный прожектор в вершине треугольника и два буферных фонаря в основании) переходит по наследству с паровых экипажей на все современные локомотивы. Современные новейшие локомотивы: скоростные электровозы ЭП10, ЭП200, 2ЭС5К, тепловозы ТЭП70БС, 2ТЭ70, электропоезда се-

рий ЭД и другие по-прежнему имеют только одну прожекторную лампу ПЖ50-500 паровозов серии «Л».

В соответствии с инициативой производственного объединения «Коломенский завод» выполнен патентно-информационный поиск по проблемам освещения пути транспортными средствами.

Ось оптической системы прожектора не отклоняется от оси локомотива, что резко, вплоть до нуля, уменьшает освещенность впереди лежащего участка пути. Отсутствие или недостаток информации, поступающей к машинисту, особенно при больших скоростях движения, вызывает повышение нервно-эмоционального напряжения, приводящего к стрессу. Длительное и постоянное воздействие стрессовой обстановки развивает утомление, которое проявляется в снижении времени реакции, нарушении координации движений. При этом значительно повышается вероятность возникновения аварийной ситуации.

В кривых участках железнодорожного пути ночью значительно осложняется ведение поездов, на этих участках машинисты вынуждены вести составы вслепую, совершенно не видя лежащие впереди отрезки пути.

Совместно со специалистами Коломенского завода была разработана и изготовлена конструкция поворотного прожектора для установки в прожекторную полость тепловозов ТЭП80 и 2ТЭП71. Однако последующее прекращение проектирования этих тепловозов не позволило провести полномасштабные эксплуатационные испытания.

С другой стороны, предпринята попытка установки полуавтоматического поворотного прожектора на электропоезд ЭР2. Работа проводилась совместно с работниками депо Ильича Московской железной дороги. Опытный образец прошел полный комплекс стендовых испытаний и показал достаточную эффективность и надежность в работе.

Новый тяговый подвижной состав целесообразно оборудовать более эффективной мощной полипрожекторной системой дальнего и ближнего света с устройствами противоослепления.

Предлагается установить в верхней части кабины машиниста три двухфарных галогеновых блока, что позволит средними широкоугольными фарами с углом рассеяния в 10—15° освещать путь на

расстоянии до 150 м. Фары крайних блоков — узконаправленные с углом рассеяния в 2—3°, поворотные, имеют автоматический и ручной следящие приводы и освещают путь на прямых участках пути и в кривых на расстоянии до 500 м.

Важным направлением модернизации головного освещения локомотива является использование предупредительной проблесковой сигнализации.

Предлагается оборудовать отечественный тяговый подвижной состав светильниками типа «ПСТ» (проблесковый сигнал транспортный), созданными в ОАО «Электrolуч» (г. Москва) и обладающими мощным, но противоослепляющим действием. Эти экономичные, надежные в эксплуатации светильники широко применяются на транспортных средствах многих аэродромов в России и за рубежом. Нейтральный оранжевый цвет колпака не позволяет спутать проблесковый сигнал с сигналами светофоров. Проблески обладают противоослепляющим действием и хорошо заметны в тумане. Рассматриваемые вопросы являются новыми для отечественного железнодорожного транспорта.

На многие технические решения МИИТа получены авторские свидетельства и патенты, разработанный вариант поворотного прожектора электропоезда ЭР2 отмечен бронзовой медалью на межотраслевой Московской областной выставке.

7.3. Человеческий фактор и его влияние на безопасность движения подвижного состава

Значимость человека, управляющего поездом, в обеспечении безопасности движения очевидна. Надежность, качество работы машиниста локомотива, диспетчера и лиц ряда других профессий зависят от квалификации (обучения), психофизиологического состояния, уровня здоровья. Рассмотрим, главным образом, последние две составляющие.

Уровень здоровья человека, работа которого связана с движением поездов, должен соответствовать балансу: с одной стороны, не должно быть заболеваний с высоким риском нарушения выполнения профессиональных обязанностей (прежде всего с развитием угрожающих пароксизмальных состояний); с другой — практически неприемлемо выставление не только требований абсолютно-

го здоровья, но и слишком завышенных экспертных оценок даже при наличии целого ряда заболеваний. Требования к состоянию работников, связанных с движением поездов, определяются соответствующими периодически пересматриваемыми приказами (а практическая работа производится системой ВЭК — врачебно-экспертных комиссий). Несмотря на то, что данной системе в различных ее вариантах порядка 150 лет, до сих пор отсутствует научно разработанный подход к вопросу, определенный стандарт к этим требованиям. Необходимость таких разработок очевидна и требует своего осуществления.

В основу научной разработки указанных стандартов должны быть положены как качественные, так и количественные критерии. Примером последних лет может служить разработка допустимого риска внезапной смерти (ВС) у авиапилотов (Tunstall — Pedoe H., 1992). Последняя, в частности, показывает, что риск потери управления из-за вероятности внезапной смерти пилота при наличии второго пилота всегда ниже, чем при снижении этой вероятности путем отбора наиболее здорового пилота, но работающего в одиночку. Это надо учитывать при попытках внедрения технологии вождения поездов на магистрали в одно лицо.

Положение о том, что не всякая болезнь, в частности, в начальной стадии, снижает надежность и качество работы, иллюстрируется обследованием машинистов с гипертонической болезнью 1-й стадии без наличия начальных признаков недостаточности мозгового кровообращения. Оказывается, что качество и надежность работы у них выше даже по сравнению с «нормотониками» (т.е. здоровыми).

Основными заболеваниями, стоящими на первом плане с позиций безопасности движения поездов, являются определенные психические заболевания и заболевания с высоким риском ВС. Особое место занимают нарушения зрения.

Профилактике ВС машинистов в последние пять лет уделяется особое внимание. Статистика показывает, что благодаря вниманию к профилактике ВС среди машинистов, работе системы ВЭК, предрейсовым медосмотрам (ПРМО), а также работе ряда других звеньев железнодорожного здравоохранения ВС у машинистов имеет место в 3 раза реже, чем в адекватных для сравнения группах из общей популяции. Это один из примеров несомненного достиже-

ния железнодорожной медицины в обеспечении безопасности движения поездов в «звене человек».

С другой стороны, еще имеются возможности для дальнейшего снижения случаев ВС среди машинистов (в настоящее время имеют место на всей сети дорог 14—16 случаев ВС машинистов на работе в год). Об этом говорит, в частности, факт наличия ряда случаев допуска на ПРМО машинистов в рейс с уже развившимся острым инфарктом миокарда, от которого они и умерли в кабине локомотива.

Большее внимание следует уделять психиатрическому контролю. Встречаются случаи просмотра психических заболеваний, угрожающих безопасности движения. Здесь и острые психозы, и хронические психические болезни. Имеют место такие ситуации, когда машинист, будучи комиссован как профнепригодный в связи с хроническим психическим заболеванием, переезжает на другую дорогу, скрывает наличие данной патологии и вновь принимается на ту же работу.

В связи с этим в настоящее время встает вопрос о создании компьютерного обобщающего банка данных (реестра) обо всех отстраненных от работ, связанных с движением поездов, которым должны пользоваться все ВЭК и на дорогах при приеме человека на соответствующую должность.

Большим подспорьем в психиатрической экспертизе машинистов локомотивов могла бы быть работа специально подготовленных психологов (речь идет о специализации работающих в локомотивных депо инженерных психологов).

Особый вопрос — контроль за приемом алкоголя, наркотических и ряда угнетающих профессионально значимые психофизиологические функции лекарственных средств. Число случаев приема алкоголя машинистами незадолго до рейса (или тем более в рейсе) неуклонно снижается, и в настоящее время эти случаи носят единичный характер. Такая выраженная положительная динамика является результатом введения ПРМО.

Введение тестирования по показаниям на прием наркотиков на ПРМО ограничено юридическими нормами. Продолжаются попытки их коррекции под задачи медицинского обеспечения безопасности движения. (Можно, однако, заметить, что этот вопрос пока

практически не является первостепенным, так как случаи приема наркотиков очень редки даже среди молодых помощников машинистов). Наибольшее практическое значение в данном вопросе на современном этапе имеет внимание к контролю за приемом лекарственных препаратов, снижающих психофизиологические профессиональные качества работающего. Здесь есть существенные наработки последних десятилетий, интенсивно внедряемые в практику.

Очень большое значение в обеспечении безопасности движения поездов имеет борьба с засыпанием машиниста в рейсе. Основное внимание обращено на приборы контроля состояния машиниста в рейсе.

Ведение поезда — это самая ответственная часть перевозочного процесса. Локомотивная бригада, дежурные по станции и поездные диспетчеры — это круг лиц, взаимодействие которых в большой степени определяет уровень безопасности перевозочного процесса. Поэтому именно эти люди должны являться объектом работы над повышением уровня безопасности движения.

С позиции управления персоналом эта задача может быть разделена на ряд подзадач.

Во-первых, необходимо постоянно повышать уровень знаний указанных работников путем проведения технических занятий, бесед, разбора случаев аварий и браков в работе, приведших к нарушению безопасности. Именно наличие профессиональных знаний, умений и навыков будет определять правильность оценки сложившейся поездной ситуации, способствовать правильному принятию решений, а также даст способность предвидеть и не допустить выхода из-под контроля ситуации, угрожающей безопасности движения.

Во-вторых, необходимо создать приемлемые социальные условия, в том числе условия труда и отдыха для работников. Это наиболее сложный вопрос, так как включает в себя ряд мероприятий, которые необходимо учитывать при разработке и реализации социальной политики корпорации ОАО «РЖД».

Проблема безопасности движения поездов не может быть сведена только к обеспечению исправности технических устройств и систем безопасности. Какими бы совершенными и надежными не были эти устройства, управляет ими все же человек, а поэтому именно человек должен находиться в центре внимания при рассмотрении этой проблемы.

В повышении качества и эффективности работы на железнодорожном транспорте, обеспечении безопасности движения, рациональном использовании трудовых ресурсов большое значение имеют профессиональный отбор, психофизиологические обследования, контроль за функциональным состоянием работников в процессе их работы, консультации психолога и проведение коррекционных мероприятий.

Рассмотрим структуру программного комплекса с применением ПЭВМ для психофизиологического профессионального отбора работников железнодорожного транспорта, разработанного на кафедре «Управление и информатика в технических системах» МИИТа.

Общими для работников всех видов движения (грузовое, пассажирское, маневровое) психологическими качествами, обеспечивающими профессиональную пригодность машинистов, помощников машинистов, диспетчеров являются: готовность к экстренному действию, высокий уровень устойчивости внимания и скорости его переключения, эмоциональная устойчивость, стрессоустойчивость, способность к командному взаимодействию.

Для диагностики форм поведения кандидата, которые могут положительно либо отрицательно влиять на эффективность профессиональной деятельности работников железнодорожного транспорта вышеуказанных категорий, используются психологические тесты, наблюдения в ходе тестирования, беседы, проводимые психологом (психологами).

Оценка высших психологических функций проводится в целях диагностики способностей человека к слежению за изменяющимся зрительным полем и собственными действиями к восприятию, переработке и запоминанию большого объема информации и принятию решений в экстремальных ситуациях.

Психофизиологическое обследование кандидатов, работников железнодорожного транспорта проводится в соответствии с указаниями МПС о совершенствовании психофизиологической службы (от 1.12.1999 г. № 310у) с привлечением ПЭВМ и специальных программных средств LABVIEW, реализующих виртуальные приборы для определения эмоциональной устойчивости, стрессоустойчивости, времени сложной двигательной реакции, оценки чувства времени и др.

Для диагностики способностей к эффективной и надежной работе в команде и выполнения обязанностей руководителя применяется моделирование процессов решения профессионально ориентированных задач группой кандидатов и оценивание их работы отдельно для каждого из работников и их командного взаимодействия. Выявление внутренних конфликтов, определение неформальных лидеров проводят с использованием метода социометрических измерений.

Заключение психолога по результатам профессионального отбора оформляется в виде индивидуальной карты с перечислением использованных методик личностного тестирования и сохраняется в памяти ПЭВМ для оценки динамики профессионализма работников железнодорожного транспорта.

Рассмотрим психофизиологический мониторинг функционального состояния работников локомотивных бригад с использованием комплексов КАПД-01-СТ (АСПО).

Работа по своевременной психофизиологической диагностике и коррекции с использованием автоматизированной системы пред рейсовых осмотров на базе комплексов КАПД-01-СТ (в дальнейшем АСПО) в условиях психофизиологических подразделений Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД) начата с декабря 2004 г.

Опыт работы психофизиологических лабораторий ВСЖД с января 2005 г. показывает, что функциональное состояние работников локомотивных бригад с установленными единичными случаями отклонений показателей АСПО от норм развивается по одному из 3 динамических направлений: 1) быстрое самопроизвольное восстановление показателей; 2) восстановление на фоне проведенной психофизиологической коррекции; 3) отсутствие эффекта от коррекции в условиях оздоровительно-восстановительных центров, назначение и (или) коррекция медикаментозного лечения цеlexовым терапевтом.

Из общего количества случаев отклонений от нормы со стороны индексов регуляции и показателей гемодинамики 46,6 % (1119 случаев) относились к первому динамическому направлению, когда имели место кратковременные психологические причины (ссора в семье, некорректно проведенный инструктаж). В 26,6 % (638 случаев) были установлены объективные признаки функциональных нарушений, назначены краткосрочные индивидуальные кур-

сы в условиях оздоровительно-восстановительных учреждений или кабинетов психофизиологической разгрузки и мобилизации депо; в 6,7 % (39 случаев) работники локомотивных бригад были направлены к цеховому терапевту сразу после осмотра психофизиологом, либо после получения недостаточного эффекта от коррекционных мероприятий в условиях оздоровительно-восстановительных центров депо.

Таким образом, индексы регуляции сердечной деятельности и показатели гемодинамики позволяют определить симптомы адаптации.

Существенно снизить влияние человеческого фактора на безопасность движения можно внедрением на железных дорогах автомашиниста на основе нейросетей.

Проблема создания универсального автомашиниста до сих пор не решена. Предлагаемые устройства не отличаются универсальностью и не отвечают требованиям эксплуатации. Эксплуатация тягового подвижного состава (ТПС) налагает определенные ограничения на создаваемые системы автоведения поезда (САВП). Ограничения могут быть не только технического характера, но и алгоритмического. В основе каждой САВП лежит алгоритм, который идеализирует поезд как систему. Сложность заключается в формализации задачи, нелинейности характеристик, динамическом изменении количества переменных, связи между которыми порой найти очень сложно. Условия, в которых находится система «поезд», в общем случае являются случайными и «нечеткими». Использование усредненных зависимостей, полученных в результате эксперимента и последующей аппроксимации, как это предполагается в правилах тяговых расчетов для поездной работы, может привести к неудовлетворительным результатам. Очевидно, что у разных электропоездов одной и той же серии характеристики различаются. Также возникают сложности с прогнозированием сцепления, напряжения в контактном проводе, поездной обстановки и т.д.

Проблемы САВП могут быть решены путем применения искусственных нейронных сетей (НС), позволяющих производить нелинейную оптимизацию, различать образы с точностью до 99 %, обучаться. Эти три особенности НС позволяют создать адаптивную САВП с собственным модулем диагностики состояния локомотива. Последний реализуется на основе НС, которая будет распозна-

вать техническое состояние локомотива, изношенность его оборудования и корректировать заданные характеристики. Ядром системы является НС, принимающая решения о целесообразности того или иного изменения режима движения на основании анализа текущего состояния системы «поезд». Входными векторами НС являются выходы НС технического состояния, заданное время движения, текущее время движения, координата, режим. Основную НС необходимо использовать вместе с реализацией адаптивно резонансной теории (АРТ) из-за наличия большого количества образов. На начальном этапе сеть может быть обучена с помощью алгоритма обучения с учителем, в качестве которого может выступать как опытный машинист, так и программа на базе алгоритма динамического программирования. Отличительной особенностью является генерация правильного выхода НС для ее входа, который не был учтен в процессе обучения (обобщение знаний). Эта особенность позволяет НС правильно выбирать режим, если условия отличаются от идеальных. Реализовать решение такой же точности на основе динамического программирования сейчас возможно лишь с применением очень точных моделей и сверхмощных ЭВМ. Предполагается использование трехслойной НС с сжимающей сигмоидальной активационной функцией нейронов (нечеткая система). Все состояния электровоза формируют нечеткое множество $[0; 1]$, где 0 — неисправное состояние, а 1 — состояние номинальных характеристик. Аналогичным образом рассматриваются и внешние условия, которые, в свою очередь, образуют нечеткие множества, например, процесс сцепления может быть описан множеством $[0; 1]$, где 0 — нет сцепления, 1 — наилучшее сцепление. Фактически НС моделирует процесс ведения поезда и является экспертной системой, которая определяет дальнейшее состояние его с учетом всех ограничивающих факторов.

Обученная НС позволит очень быстро реагировать на изменяющиеся условия, а также оптимизировать расход электроэнергии в условиях дефицита информации (реальная поездная обстановка) и случайного характера возмущений, т.е. НС моделирует систему «поезд» и позволяет производить нелинейную оптимизацию движения поезда благодаря своим особенностям: параллельно распределенной структуре, способности обучаться и обобщать информацию.

Применение автомашиниста позволит повысить безопасность и надежность работы локомотива.

Главнейшим фактором обеспечения безопасности движения поездов является неукоснительное соблюдение и выполнение требований правовых и нормативных документов, регламентирующих работу железных дорог.

Обеспечение безопасности движения, как и безопасности труда, да и вообще любой безопасности — сложный процесс, опирающийся на технические средства безопасности и на человеческий фактор.

В свою очередь «человеческий фактор» имеет, по нашему мнению, три основные составляющие, три корня:

- правовая и нормативная документация;
- квалификация, компетентность персонала;
- дисциплина исполнения.

Работа железнодорожного транспорта в условиях реформирования выявила серьезные дефекты в этих составляющих.

Начинать следует с основного — наличия грамотного правового и нормативного обеспечения.

Основными нормативными документами по безопасности движения всегда являлись Правила технической эксплуатации железнодорожного транспорта, Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации, Инструкция по движению поездов, а также приказы МПС СССР, позже МПС Российской Федерации и ОАО «РЖД».

В настоящее время МПС Российской Федерации не существует, а его права и обязанности частично переданы Министерству транспорта Российской Федерации (Постановление Правительства России от 06.04.2004 г. № 162).

Федеральный Закон «О техническом регулировании» (184-ФЗ 2002 г.) устанавливает, что министерства, в том числе Минтранс России (обеспечивающий вместо МПС разработку необходимых нормативных документов) имеют право издавать документы только «рекомендательного характера (статья 4 часть 3).

Основные же нормы содержания технических средств транспорта (сюда относятся ширина рельсовой колеи, нормы содержания элементов колесных пар и т.д.) должны утверждаться Правительством России в виде «технических регламентов». При этом разработчиком их может быть любая неспециализированная организация или частное лицо (статья 9 часть 2).

Из изложенного выше необходимо сделать следующие выводы: в связи с тем, что ПТЭ, ИСИ, ИДП являются основными докумен-

тами по организации движения на железнодорожном транспорте в части обеспечения безопасности движения поездов, Минтранс России должен, пересмотрев ряд положений, утвердить в правительстве многие документы в качестве «технических регламентов», в том числе и действующие нормативы содержания технических средств пути, вагонов, локомотивов.

Одновременно с реорганизацией МПС РФ, созданием ОАО «Российские железные дороги» в составе Госгортехнадзора Российской Федерации ликвидирован отдел по надзору за безопасностью движения на железнодорожном транспорте. Директивным письмом от 21.11.2003 г. за № БК-03-35/380 Госгортехнадзор уведомил ОАО «РЖД» о том, что государственный надзор за обеспечением безопасности перевозок опасных грузов в организациях и на предприятиях федерального железнодорожного транспорта, в том числе ОАО «РЖД», территориальными органами Госгортехнадзора России не осуществляется.

Действующие ранее «Правила безопасности при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом» были утверждены коллегией Госгортехнадзора (протокол № 50 1994 г.).

Один из главнейших вопросов этих Правил — требования к персоналу, связанному с безопасностью перевозок опасных грузов.

В Правилах Госгортехнадзора этот персонал разделен на три группы:

- руководители и специалисты;
- персонал, обслуживающий перевозки;
- персонал, обслуживающий специализированные вагоны.

В настоящее время такой порядок с определением состава комиссий необходимо установить нормативным документом Минтранса, хотя в соответствии с Федеральным Законом «О техническом регулировании» 184-ФЗ он может носить только рекомендательный характер.

Таких документов, которые надо срочно пересматривать, десятки.

От качества обучения, знаний, понимания производственным персоналом стоящих задач зависит, как будут обеспечиваться безопасность движения, здоровье и жизнь людей, экологическая безопасность на железнодорожном транспорте.

Глава 8. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

8.1. Организационная структура, задачи и возможности железнодорожной транспортной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЖТСЧС)

ЖТСЧС является функциональной подсистемой РСЧС. Она предназначена для организации и проведения мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС на транспортных средствах и коммуникациях железных дорог, а также транспортного обеспечения ликвидации других ЧС по плану взаимодействия с МЧС России. В системе создаются аналогичные координационные, постоянно действующие органы управления и органы повседневного управления во всех звеньях ее функционирования от ФАЖТ и ОАО «РЖД» до отдельных объектов экономики включительно.

Силы и средства постоянной готовности ЖТСЧС (автономность не менее трех суток) включают: 244 восстановительных поезда (свыше 8000 специалистов, 2 дежурных смены, готовность к выезду 40 мин); 322 пожарных поезда (свыше 8000 специалистов, дежурство круглосуточно в 4 смены дежурным караулом 3—5 человек, готовность к выезду 10 мин). Из 322 поездов на 96 пожарных поездах (ПП) установлены станции перекачки нефтепродуктов (из аварийной цистерны в исправную). На состав дежурного караула все ПП имеют современные СИЗ (дыхательные аппараты со сжатым воздухом и химкомплекты). Планируется оснастить все ПП 1-й категории и части ПП 2-й категории еще 270 станциями перекачки нефтепродуктов и по одной на дорогу станций перекачки АХОВ. ВП и ПП находятся в оперативном подчинении НОДов в системе ЖТСЧС.

Координационным органом отделенческой подсистемы ЖТСЧС является комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности (КЧС ПБ) отделения железной до-

роги (НОД КЧС ПБ). Она предназначена для организации и выполнения работ по предупреждению ЧС, смягчению их последствий, уменьшению ущерба от них и ликвидации последствий ЧС во взаимодействии со средствами и силами других министерств и ведомств (по планам взаимодействия). Председателем комиссии является (как правило) первый заместитель начальника отделения железной дороги.

Основные задачи комиссии:

- организация и контроль за проведением мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС, а также обеспечению устойчивой работы потенциально опасных производств в условиях ЧС;
- организация наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды;
- прогнозирование ЧС в зоне ответственности (на подведомственной территории);
- обеспечение готовности органов управления (дежурного диспетчерского аппарата, КЧС), сил и средств к действиям в ЧС;
- участие в разработке и осуществлении федеральных и иных целевых программ, а также организация разработки и реализация отделенческих программ по предупреждению и ликвидации ЧС;
- создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации последствий ЧС;
- руководство работами по ликвидации ЧС, а также привлечение трудоспособного населения, проживающего или временно оказавшегося в зоне ЧС, к этим работам;
- планирование и организация эвакуации населения, размещение эвакуированного населения и возвращение его после ликвидации ЧС в места постоянного проживания;
- взаимодействие с другими КЧС ПБ, органами МЧС России и другими организациями по вопросам предупреждения и ликвидации ЧС, оказание помощи выделением ВП или ПП, медицинских формирований и других сил и средств для участия в АСДНР по ликвидации ЧС;
- организация подготовки персонала, должностных лиц, аварийно-спасательных формирований к действиям в ЧС, а также их аттестация;
- разработка планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС и другие вопросы, связанные с защитой населения и территории от ЧС мирного и военного времени.

8.2. Нормативно-правовая база в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

Правовое обеспечение в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций — это совокупность законов и иных нормативно-правовых актов федеральных органов государственной власти Российской Федерации и органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

Законодательные основы защиты населения и территорий от ЧС составляют: Конституция РФ, федеральные конституционные законы, указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, ведомственные нормативно-правовые акты и внутриорганизационные нормативно-правовые акты.

Федеральные законы РФ:

- «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 г.;
- «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» от 14.07.1995 г.;
- «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 г.;
- «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1999 г.;
- «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 г. и др.

Указы Президента РФ:

- «О гражданской обороне» от 08.05.1993 г.;
- «Вопросы гражданской обороны Российской Федерации» от 27.05.1996 г.;
- «О структуре федеральных органов исполнительной власти» от 10.01.1994 г.;
- «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» от 02.08.1999 г.;

Положение о войсках гражданской обороны» от 27.05.1996 г.

Постановления Правительства РФ:

- «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов» от 01.03.1993 г.;
- «Об утверждении положения о подготовке населения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 21.05.2007 г.;

— «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.05.2007 г.;

— «О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информации в области защиты территории и населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 24.03.1997 г.;

— «О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 10.11.1996 г.

Федеральный закон Российской Федерации «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» действует на всей территории Российской Федерации и распространяется на отношения, которые формируются в процессе деятельности органов государственной власти РФ, субъектов РФ, органов местного самоуправления, предприятий, организаций и учреждений независимо от их организационно-правовой формы, должностных лиц и граждан в области защиты населения и территории от ЧС.

Целями закона являются:

— предупреждение возникновения и развития ЧС;

— снижение размеров ущерба и потерь от ЧС;

— ликвидация ЧС.

Закон определяет задачи единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС), а также границы зон ЧС. В нем закреплены полномочия Президента РФ, Федерального собрания РФ, Правительства РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, организаций в области защиты населения и территории от ЧС.

В этом законе изложены основные принципы защиты населения и территории от ЧС, права и обязанности граждан РФ, а также обязанности организаций в этой сфере. Определены задачи в области подготовки населения.

В частности, в ст. 18 (п. 1) излагаются права граждан РФ в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Граждане Российской Федерации имеют право:

— на защиту жизни, здоровья и личного имущества в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;

— в соответствии с планами ликвидации чрезвычайных ситуаций использовать средства коллективной и индивидуальной защиты и другое имущество органов исполнительной власти субъектов

Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, предназначенное для защиты населения от чрезвычайных ситуаций;

- быть информированными о риске, которому они могут подвергнуться в определенных местах пребывания на территории страны, и о мерах необходимой безопасности;

- обращаться лично, а также направлять в государственные органы и органы местного самоуправления индивидуальные и коллективные обращения по вопросам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

- участвовать в соответствии с установленным порядком в мероприятиях по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- на возмещение ущерба, причиненного их здоровью и имуществу вследствие чрезвычайных ситуаций;

- на медицинское обслуживание, компенсации и льготы за проживание и работу в зонах чрезвычайных ситуаций;

- на бесплатное государственное социальное страхование, получение компенсаций и льгот за ущерб, причиненный их здоровью при выполнении обязанностей в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- на пенсионное обеспечение в случае потери трудоспособности в связи с увечьем или заболеванием, полученным при выполнении обязанностей по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в соответствии с порядком, установленным для работников, инвалидность которых наступила вследствие трудового увечья;

- на пенсионное обеспечение по случаю потери кормильца, погибшего или умершего от увечья или заболевания, полученного при выполнении обязанностей по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в соответствии с порядком, установленным для семей граждан, погибших или умерших от увечья, полученного при выполнении гражданского долга по спасению человеческой жизни, охране собственности и правопорядка.

В ст. 19 излагаются обязанности граждан Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Граждане Российской Федерации обязаны:

- соблюдать законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, законы и иные нормативные правовые акты

субъектов Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

- соблюдать меры безопасности в быту и повседневной трудовой деятельности, не допускать нарушений производственной и технологической дисциплины, требований экологической безопасности, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций;

- изучать основные способы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, приемы оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правила пользования коллективными и индивидуальными средствами защиты, постоянно совершенствовать свои знания и практические навыки в указанной области;

- выполнять установленные правила поведения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций;

- при необходимости оказывать содействие в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

В ст. 14 изложены обязанности организаций в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Организации обязаны:

- планировать и осуществлять необходимые меры в области защиты работников организаций и подведомственных объектов производственного и социального назначения от чрезвычайных ситуаций;

- планировать и проводить мероприятия по повышению устойчивости функционирования организаций и обеспечению жизнедеятельности работников организаций в чрезвычайных ситуациях;

- обеспечивать создание, подготовку и поддержание в готовности к применению сил и средств по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обучение работников организаций способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях в составе невоенизированных формирований;

- создавать и поддерживать в постоянной готовности локальные системы оповещения о чрезвычайных ситуациях;

- обеспечивать организацию и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ на подведомственных объектах производственного и социального назначения и на прилегающих к ним территориях в соответствии с планами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- финансировать мероприятия по защите работников организаций и подведомственных объектов производственного и социального назначения от чрезвычайных ситуаций;

- создавать резервы финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- предоставлять в соответствии с установленным порядком информацию в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также оповещать работников организаций об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций.

В законе утвержден порядок финансирования и материального обеспечения мероприятий по защите населения и территорий от ЧС. Изложен порядок осуществления надзора и контроля в области защиты населения и территорий от ЧС.

Нормативными документами ОАО «РЖД» (МПС) в области предупреждения и ликвидации ЧС являются:

- федеральный закон «О федеральном железнодорожном транспорте» от 20.06.1995 г.;

- приказ МПС РФ № 4-Ц «О дальнейшем совершенствовании системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте» (ЖТС ЧС) от 21.02.1996 г.;

- указание МПС РФ № М-849у «О системе обучения, повышения квалификации и аттестации работников железнодорожного транспорта, связанных с предупреждением и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций» от 26.09.1996 г.;

- правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам;

- правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте;

- руководство по взаимодействию МЧС и МПС России по вопросам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

- нормативно-правовые документы, регулирующие создание и функционирование ведомственных аварийно-спасательных формирований.

Постановлением Правительства РФ от 18.04.1992 г. № 261 (в дальнейшем № 1113, № 794,) «О создании российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях» устанавливалось, что эта система предназначена для предупреждения

ЧС в мирное и военное время, а в случаях их возникновения — для ликвидации последствий, обеспечения безопасности населения, защиты окружающей среды и уменьшения ущерба объектам экономики. Соответственно этому были определены ее задачи. РСЧС состоит из территориальных и функциональных подсистем и имеет пять уровней: федеральный, региональный, территориальный, местный, объект. Функциональной подсистемой РСЧС в ОАО «РЖД» является железнодорожная транспортная система по предупреждению и ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте (ЖТСЧС).

Основополагающим документом в области предупреждения и ликвидации ЧС в ОАО «РЖД» является приказ МПС от 21.02.1996 г. № 4-Ц «О дальнейшем совершенствовании системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте».

В этом приказе, во-первых, определены основные принципы безопасности:

- обеспечение приоритетов решений по проблемам безопасности;
- обеспечение надежности устойчивости технических средств, устройств и технологий;
- участие работников железнодорожного транспорта в мероприятиях по обеспечению производственной безопасности;
- непрерывность обучения и повышения квалификации в области предупреждения аварий и катастроф;
- обеспечение готовности сил и средств к ликвидации последствий возможных аварийных ситуаций с наименьшими потерями и издержками;
- неотвратимая ответственность за неисполнение законов и иных нормативных актов, нормативов и других регламентов, регулирующих вопросы безопасности.

Во-вторых, приказом утверждено Положение о функциональной подсистеме железнодорожного транспорта единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В этом Положении определены основные задачи ЖТСЧС:

- обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств, предназначенных для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- создание и использование финансовых, материально-технических, продовольственных, медицинских резервов, необходимых для обеспечения работ по безопасности движения поездов и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- сбор, обработка, обмен и выдача информации о чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте;

- организация обучения и подготовки работников железнодорожного транспорта, повышение их квалификации в области предупреждения чрезвычайных ситуаций, оперативной ликвидации их последствий, обеспечение безопасности перевозок опасных грузов, экологическая безопасность;

- осуществление международного сотрудничества в области предупреждения ЧС и действий в чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте;

- осуществление взаимодействия с территориальными подсистемами, подсистемами других министерств, ведомств, входящих в РСЧС.

Осуществление функций ЖТСЧС возлагается на координирующие, постоянно действующие органы управления и органы повседневного управления.

Координирующие органы:

- в ОАО «РЖД» — Центральная комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- в управлениях железных дорог — НКЧС;

- в отделениях железных дорог — НОДКЧС;

- на предприятиях и в организациях — объектовые комиссии (ОКЧС). ОКЧС создаются в случае необходимости и при наличии соответствующей материально-технической базы.

Постоянно действующие органы управления:

- в ОАО «РЖД» — департаменты;

- в управлениях железных дорог — соответствующие службы;

- в отделениях дорог — отделы.

Органами повседневного управления являются:

- в ОАО «РЖД» — главный диспетчер и диспетчерский аппарат Главного управления (департамента) перевозок, дежурный аппарат Главного управления (департамента) по безопасности движения и экологии;

— в управлениях железных дорог — старший дорожный диспетчер оперативно-распорядительного отдела, дежурный аппарат службы перевозок, главные ревизоры по безопасности движения железных дорог;

— в отделениях железных дорог — дежурный аппарат отделений, станций, дистанций и других линейных предприятий, а также предприятий и организаций железнодорожного транспорта.

Силы и средства ЖТСЧС по ликвидации чрезвычайных ситуаций состоят:

— из восстановительных и пожарных поездов, действующих в пределах своих тактико-технических возможностей;

— аварийно-полевых команд (АПК);

— медицинских бригад центральных, дорожных и линейных клинических больниц;

— пожарных и аварийно-спасательных команд предприятий и организаций ОАО «РЖД»;

— добровольных аварийно-спасательных команд и подразделений.

В случае недостаточности сил и средств ЖТСЧС для ликвидации возникших ЧС на железнодорожном транспорте по обращению начальника железной дороги или начальника отделения железной дороги в соответствующие органы ОАО «РЖД» могут быть привлечены в установленном порядке силы и средства РСЧС.

Глава 9. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

9.1. Существующие подходы к оценке устойчивости функционирования объектов железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций

Устойчивость перевозочного процесса как сложной системы зависит от устойчивости его элементов.

Критерии устойчивости перевозочного процесса (способности противостоять внешним и внутренним дестабилизирующим факторам) — количественные характеристики: высокая — 80 % и более; достаточная — 50—80 %; недостаточная — менее 50 %. Безопасный уровень перевозочного процесса — состояние перевозочного процесса, при котором величина риска возникновения ЧС пренебрежимо мала.

Сама устойчивость носит вероятностный, нелинейный характер и может быть выражена формулой:

$$\theta_{\text{ус}} = \prod_{i=1}^k Y_i, \quad (9.1)$$

где $\theta_{\text{ус}}$ — показатель устойчивости системы (в идеальном случае равна 1,0);

Y_i — показатели устойчивости элементов системы — хозяйств ОАО «РЖД» в долях единицы;

k — общее число элементов системы.

$$Y_i = \sum_{j=1}^m \text{ЦДРВ} \sum_{j=1}^m \text{ЦДРП} \sum_{j=1}^m \text{ЦСС} \sum_{j=1}^m \text{ДРУГИЕ} \sum_{j=1}^m \text{ДЗО} - \\ - \text{ОАО «ФПК»} (\eta_m g_n),$$

где η_m — коэффициенты весомости (значимости) каждого вида функционального филиала ОАО «РЖД» на устойчивость перевозочного процесса, определяемые методом экспертной оценки (для ЦДРВ — 0,5; для ЦДРП — 0,3; для ЦСС — 0,05; для ДР. — 0,1; для ДЗО-ОАО «ФПК» — 0,05).

g_n — относительная величина событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта каждого вида функционального филиала ОАО «РЖД», определяемая по зависимости:

$$g_n = \frac{B_m}{B_d}, \quad (9.2)$$

где B_m — фактическая величина нарушений правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта каждого вида функционального филиала ОАО «РЖД», на 1000 событий/год⁻¹ (для ЦДРВ — 0,431; для ЦДРП — 0,297; для ЦСС — 0,028; для ДР. — 0,17; для ДЗО-ОАО «ФПК» — 0,05);

B_d — минимально возможная (эталонная) величина происшествий каждого вида функционального филиала ОАО «РЖД» в год, 1 происшествие/год.

Предпочтительным является вариант с большей величиной показателя θ .

Комплексный интегрированный показатель устойчивости железнодорожного транспорта составил 0,32.

Учитывая весомость (значимость) ЦДРВ ($\eta_m = 0,5$) и численность вагонного парка (624 900 единиц), в разделах работы наиболее детально исследован вагоноремонтный комплекс.

Рассмотрим внешние и внутренние опасности (угрозы) и дестабилизирующие факторы, влияющие на устойчивость перевозочного процесса (рис. 9.1).

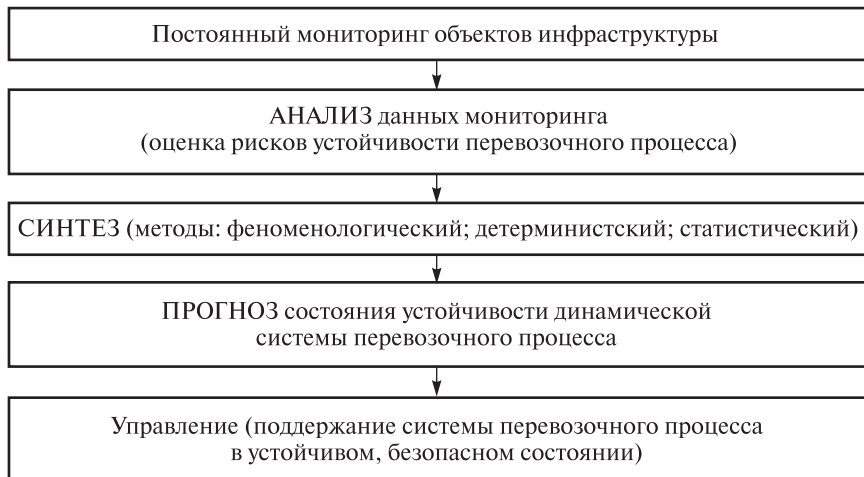


Рис. 9.1. Алгоритм процесса исследования угроз и дестабилизирующих факторов, влияющих на устойчивость перевозочного процесса

Для общей оценки подобной сложной системы необходим анализ объектов инфраструктуры, связанных с перевозочным процессом. На основании анализа даем оценку степени устойчивости перевозочного процесса и возможных характерных воздействующих дестабилизирующих факторов.

Оценка состояния устойчивости перевозочного процесса на отдельных участках железных дорог (с наибольшей интенсивностью перевозок) должна начинаться с мониторинга риска, т.е. процесса количественного и качественного определения показателей (критериев) угроз.

Процедура оценки устойчивости перевозочного процесса представлена на рис. 9.2.

Анализ устойчивости можно свести преимущественно к определению (расчету) вероятностей наступления неблагоприятного события — возникновения ЧС в процессе функционирования технических систем железнодорожного транспорта, непосредственно обеспечивающих безопасность движения, и математического ожидания ущерба людям (пассажирам, персоналу и населению прилегающей территории), окружающей среде и самим техническим системам.

Известно, что признаками ЧС являются: наличие человеческих жертв (погибшие); ущерб здоровью людей (пострадавшие); ущерб окружающей природной среде; значительные материальные потери; нарушение условий жизнедеятельности людей.

С учетом данных показателей (признаков ЧС) к необходимым условиям возникновения ЧС на железнодорожном транспорте можно отнести:

- наличие перевозочного процесса по перемещению людей и грузов;
- наличие уязвимой окружающей среды;
- наличие перевозимых материальных ценностей;
- наличие нормальных условий жизнедеятельности людей.

К достаточным условиям возникновения ЧС относится обстановка на определенной территории (участке железной дороги), при которой показатели риска возникновения ЧС хотя бы по одному из 5 вышеприведенных признаков ЧС превышают допустимый (или заданный) уровень.

Поэтому предупреждение ЧС — это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально воз-

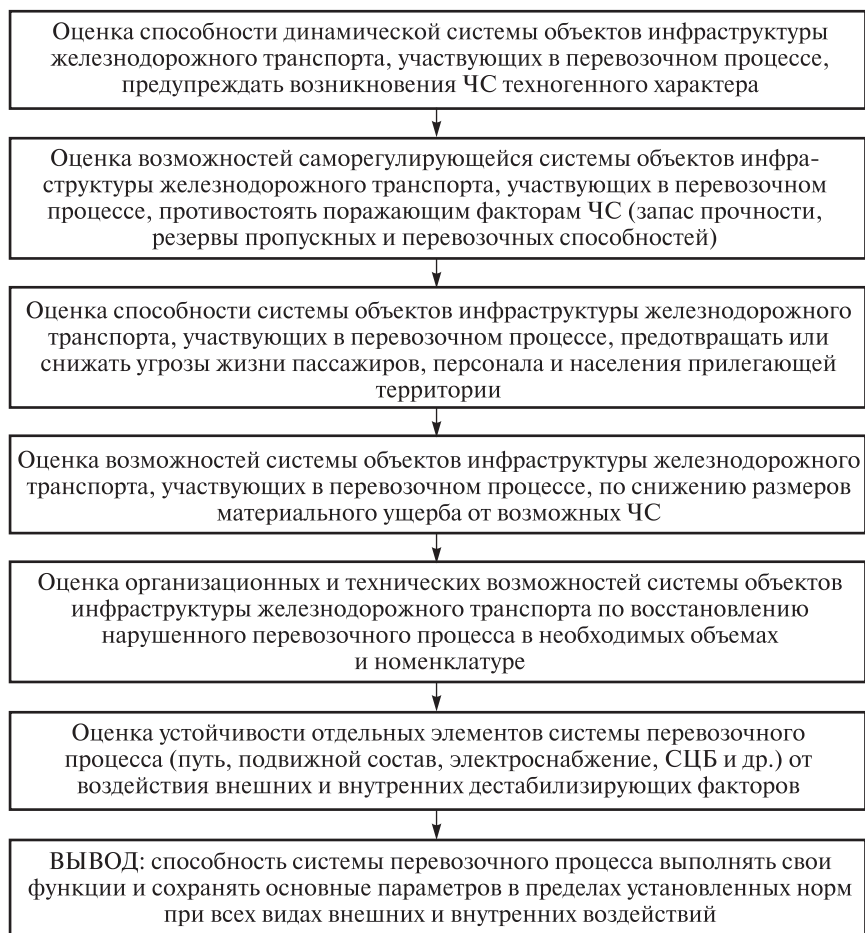


Рис. 9.2. Методология оценки устойчивости перевозочного процесса

можное уменьшение риска возникновения ЧС, а также на смягчение их последствий, т.е. на спасение пострадавших и сохранение их здоровья, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь.

Для достижения целей предупреждения ЧС в ОАО «РЖД» создана, функционирует и постоянно развивается ЖТСЧС как функциональная подсистема РСЧС. Разработаны и реализуются про-

граммы усиления технического оснащения восстановительных (243 единицы) и пожарных (322 единицы) поездов, повышения их технических и организационных возможностей по эффективному реагированию на возможные ЧС в зоне ответственности.

В рамках технократической концепции после идентификации опасностей (выявления принципиально возможных рисков) необходимо оценить их уровень и последствия, к которым они могут привести, т.е. вероятность соответствующих событий и связанный с ними потенциальный ущерб. Для этого используют феноменологические, детерминистские и вероятностные методы оценки риска.

Проведем анализ возможного использования детерминистского и вероятностного методов в области обеспечения устойчивости перевозочного процесса.

Итак, анализ последовательности этапов развития ЧС начинается от исходного события — нарушения безопасности движения (крушения, аварии, особого брака, брака, аварийной ситуации с опасными грузами). Понятно, что при определенном состоянии сложной и неустойчивой, высокодинамичной системы перевозочного процесса на железнодорожном транспорте любое из названных нарушений безопасности движения несет постоянный риск возникновения ЧС и может привести к перерастанию их в ЧС. Причем вероятность возникновения ЧС зависит от множества случайных и трудно поддающихся точному математическому прогнозу возможностей развития процессов. При этом анализируются разветвленные цепочки событий и отказов оборудования, выбирается подходящий математический аппарат и оценивается полная вероятность аварий. Расчетные математические модели в этом подходе, как правило, можно значительно упростить в сравнении с детерминистскими схемами расчета. Основные ограничения вероятностного анализа безопасности (ВАБ) связаны с недостаточностью сведений по функциям распределения параметров, а также недостаточной статистикой по отказам оборудования. Кроме того, применение упрощенных расчетных схем снижает достоверность получаемых оценок риска для тяжелых аварий. Тем не менее, вероятностный метод в настоящее время считается одним из наиболее перспективных для применения в будущем.

Использование вероятностного метода в целях обеспечения безопасности и устойчивости перевозочного процесса будет подразу-

мевать как оценку вероятности возникновения ЧС, так и расчет относительных вероятностей вариантов развития событий. Вероятность возникновения ЧС зависит от множества факторов, основными из которых являются следующие:

- тип ЧС (природного, техногенного, биолого-социального или военного характера); для каждого типа ЧС рассчитывается своя вероятность;

- износ основных производственных фондов (ОПФ) ОАО «РЖД», а также уровни износа и уровни остаточного ресурса по каждому хозяйству, каждому объекту инфраструктуры и каждому элементу (техническому средству, устройству), входящему в данный объект инфраструктуры;

- опасность оцениваемого объекта, характеризующая его возможности (в том числе и количественные показатели) в процессе эксплуатации при определенных обстоятельствах (условиях) причинить ущерб человеку (персоналу и пассажирам железнодорожного транспорта, населению прилегающей территории) и окружающей среде;

- опасность природная, которая характеризуется свойствами или состоянием определенной части литосферы, гидросферы, атмосферы или космоса, представляющими угрозу для людей (персонала и пассажиров железнодорожного транспорта, населения прилегающей территории) и материальных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта;

- социально-экономическое положение государства и общества.

Таким образом, оценку рисков ЧС целесообразно производить в соответствии со следующим алгоритмом (рис. 9.3).

Рассмотрим основные виды территориальных проявлений и ЧС на объектах железнодорожного транспорта, несущие угрозы устойчивости перевозочного процесса.

1. Подрывы пассажирских поездов и в поездах.
2. Подрывы грузовых поездов.
3. Обстрелы подвижного состава и железнодорожных объектов.
4. Территориальные проявления с использованием компонентов радиационного, биологического и химического оружия.
5. Наложение посторонних предметов на путь.
6. Незаконное вмешательство в действия администрации.

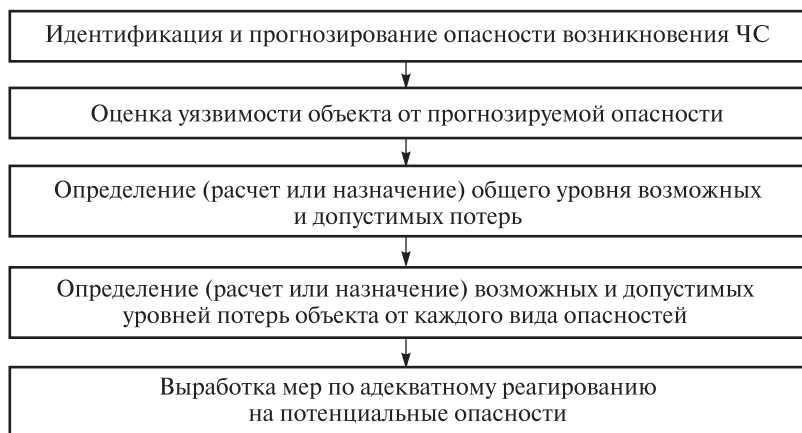


Рис. 9.3. Алгоритм оценки рисков ЧС на железнодорожном транспорте

7. Ложные телефонные сообщения о готовящемся террористическом акте.

8. Разоборудование узлов и механизмов инженерной инфраструктуры.

9. Ненадлежащее исполнение нормативных документов, регламентирующих функционирование железнодорожного транспорта.

Возможные виды чрезвычайных ситуаций на объектах:

1. ЧС природного характера — ЧС, вызванные опасными природными явлениями в атмосфере, гидросфере и литосфере (наводнения, землетрясения, природные пожары, оползни, ледоходы, ледоставы, зажоры, заторы, сели, камнепады, ураганы, смерчи, карстовые провалы и др.).

2. ЧС техногенного характера — ЧС, вызванные авариями и катастрофами на объектах.

3. ЧС биолого-социального характера — ЧС, вызванные эпидемиями, эпизоотиями, эпифитотиями, нашествиями грызунов и насекомых, незаконным вмешательством посторонних лиц в деятельность администрации объектов.

4. ЧС военного характера — ЧС, вызванные диверсиями и террористическими актами.

Основными принципами обеспечения транспортной безопасности на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта являются:

- законность;
- соблюдение баланса интересов личности, общества и государства;
- взаимная ответственность личности, общества и государства в области обеспечения транспортной безопасности;
- непрерывность;
- интеграция в международные системы безопасности;
- взаимодействие субъектов транспортной инфраструктуры, органов государственной власти и органов местного самоуправления.

Противодействие терроризму на объектах основывается на следующих основных принципах:

- обеспечение и защита основных прав и свобод человека и гражданина;
- законность;
- приоритет защиты прав и законных интересов лиц, подвергающихся террористической опасности;
- неотвратимость наказания за осуществление террористической деятельности;
- системность и комплексное использование политических, информационно-пропагандистских, социально-экономических, правовых, специальных и иных мер противодействия терроризму;
- сотрудничество государства с общественными и религиозными объединениями, международными и иными организациями, гражданами в противодействии терроризму;
- приоритет мер предупреждения терроризма;
- единоначалие в руководстве привлекаемыми силами и средствами при проведении контртеррористических операций;
- сочетание гласных и негласных методов противодействия терроризму;
- конфиденциальность сведений о специальных средствах, технических приемах, тактике осуществления мероприятий по борьбе с терроризмом, а также о составе их участников;
- недопустимость политических уступок террористам;
- минимизация и (или) ликвидация последствий проявлений терроризма;

— соразмерность мер противодействия терроризму степени террористической опасности.

Оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры, транспортных средств от террористических проявлений проводится специализированными организациями и подразделениями ФСБ и МВД РФ на основе публичного договора. Результаты проведенной оценки уязвимости утверждаются компетентными органами в области обеспечения транспортной безопасности, являются информацией ограниченного доступа, либо сведениями, составляющими государственную тайну. В целях принятия мер по обеспечению транспортной безопасности устанавливаются различные уровни безопасности в транспортном комплексе. Перечень уровней безопасности и порядок их объявления при изменении степени угрозы, совершения акта незаконного вмешательства в деятельность транспортного комплекса, в том числе железнодорожного транспорта, устанавливается Правительством Российской Федерации.

В целях упорядочения и унификации методик расчета устойчивости перевозочного процесса и рисков возникновения на них ЧС целесообразно произвести категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств железнодорожного транспорта, т.е. отнесение их к определенным категориям (группам) с учетом степени угрозы возникновения ЧС и тяжести (масштабов) возможных последствий.

Необходимо использовать следующую систему категорирования. Известно, что для важности функционирования железнодорожного транспорта объекты подразделяются на особо важные, повышенной опасности, жизнеобеспечения. Критерии категорирования объектов: характер и масштаб возможного ущерба в случае реализации основных угроз безопасности объекта; стоимость хранимых материальных ценностей; месторасположение; максимально возможная посещаемость (человекоемкость для вокзалов, пассажировместимость — для пассажирских поездов).

К особо важным следует отнести объекты, имеющие важное оборонное и экономическое значение, разрушение и повреждение которых может привести к длительному (6 ч и более) перерыву движения поездов по главному ходу, к значительному материальному ущербу, угрозе жизни и здоровью персонала объекта, пассажиров железнодорожного транспорта и населения на прилегаю-

щей к объекту территории. Последствия реализации угроз безопасности выходят за пределы объекта и выше. К этой категории в ОАО «РЖД» относятся:

- стратегические объекты федерального значения (внеклассные и разводимые мосты, туннели, путепроводы);
- административные здания аппарата управления ОАО «РЖД», управлений и отделений железных дорог;
- повседневные пункты управления и вычислительные центры (ГВЦ ОАО «РЖД», ЕЦДУ железных дорог);
- узлы связи, размещенные в отдельно стоящих зданиях, а также в составе запасных пунктов управления;
- пассажирские и пригородные поезда, грузовые поезда, перевозящие опасные грузы;
- объекты инфраструктуры высокоскоростных железных магистралей;
- средние и малые железнодорожные мосты.

К объектам повышенной опасности следует отнести объекты массового скопления людей, базы хранения взрывчатых веществ и материалов (ВВ и ВМ), горюче-смазочных материалов (ГСМ, более 200 т), разрушения которых могут привести к значительному материальному ущербу и (или) к большому количеству (более 10 человек) пострадавших. Последствия реализации угроз безопасности объекта не выходят за его пределы и могут привести к возникновению ЧС локального или местного уровня. К данной категории в ОАО «РЖД» относятся:

- железнодорожные вокзалы станций внеклассных, 1 и 2-го классов;
- негосударственные учреждения здравоохранения (НУЗ), образовательные учреждения;
- базы хранения и склады ВВ, ВМ, ГСМ;
- сортировочные станции (внеклассные, 1-го класса);
- промывочно-пропарочные станции;
- дома культуры железнодорожников;
- детские оздоровительные лагеря;
- дома отдыха локомотивных бригад и общежития железнодорожников.

К объектам жизнеобеспечения следует отнести функциональные объекты, обеспечивающие устойчивую деятельность железнодорож-

ного транспорта. Последствия реализации угроз безопасности объекта не выходят за его пределы и могут привести к возникновению ЧС локального уровня и в основном к материальному ущербу. К данной категории в ОАО «РЖД» относятся:

- тяговые подстанции;
- пункты водоснабжения;
- средние и малые железнодорожные мосты, виадуки;
- посты электрической централизации;
- крупные котельные (мощностью более 10 МГВт);
- продовольственные склады и базы;
- базы материально-технического обеспечения, в том числе склады и базы специального назначения.

Степени антитеррористической защиты и устойчивости от воздействия ЧС объектов — количественная интервальная характеристика их качественного состояния. Целесообразно рассматривать показатели степени антитеррористической защиты и устойчивости объектов от воздействия ЧС в увязке со степенями повреждения объекта при совершении террористического акта или возникновении ЧС. Предлагаются следующие степени антитеррористической защиты и устойчивости от воздействия ЧС объектов: высокая, средняя, слабая.

Высокая степень антитеррористической защиты и устойчивости от воздействия ЧС объектов обеспечивает уровень защиты и устойчивости объекта, при котором возможный объем повреждений составляет от 20 до 40 % (легкие повреждения). Объект функционирует без особых ограничений.

Средняя степень антитеррористической защиты и устойчивости от воздействия ЧС объектов обеспечивает уровень защиты и устойчивости объекта, при котором возможный объем повреждений составляет от 40 до 60 %. Объект функционирует со значительными ограничениями.

Слабая степень антитеррористической защиты и устойчивости от воздействия ЧС объектов обеспечивает уровень защиты и устойчивости объекта, при котором возможный объем повреждений составляет от 60 до 80 % (тяжелые повреждения). Объект функционирует в аварийном (резервном) режиме, либо временно прекращает работу.

9.2. Методика количественного определения ущерба при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта

В настоящее время проблема возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте в силу специфики его функционирования является, безусловно, актуальной. На железнодорожном транспорте с особой остротой ощущается повышенная опасность. Особенность работы железнодорожников большинства профессий состоит в расположении рабочих мест и рабочих зон в непосредственной близости от подвижного состава или в контакте с ним, т.е. на путях перегонов и станций, технологических путях вагонных и локомотивных депо и т.д.

В связи с этим целый ряд технологических операций, выполняемых железнодорожниками, осуществляется в пределах поперечного очертания подвижного состава в условиях риска.

Необходимо отметить, что в последние годы наблюдается внедрение понятия «риск» в различные сферы деятельности. Большинство ученых считает, что риск — это «большая» или «малая» опасность каких-то явлений или действий.

Многочисленные определения риска от предельно общих до имеющих прикладной характер по существу отражают взаимодействие между действительностью и возможностью возникновения событий с нежелательными последствиями.

В обобщенном понятии риск — это образ или метод действия в условиях отсутствия информации, т.е. когда энтропия равна нулю. Риск — это категория случайная и рассматривается как неопределенность, вероятность, случайность, неожиданность.

Содержание риска в научной трактовке — это отклонение параметров объектов (процессов) от устойчивого уровня. Такое понятие означает следствие риска — если отклонение в благоприятную сторону, то будет положительное явление, в неблагоприятную — отрицательное.

В социально-политических и техногенных аспектах исследования риска позволяют рассматривать его как специфическую форму управленческой деятельности, которая реализуется субъектом (оператором ЛПР) в различных условиях принятия решений — определенности, неопределенности, конфликта, отсутствия информа-

ции. В любых точных научных исследованиях важно иметь количественную оценку того процесса или объекта, которые исследуются. Одним из наиболее оперативных показателей оценки риска может быть следующий:

$$R = U(1 - P), \quad (9.3)$$

где $(1 - P)$ — вероятность возникновения неблагоприятного события;

U — ущерб от неблагоприятного события.

Если в исследуемой системе или процессе может быть несколько неблагоприятных событий с разными вероятностями P_j и величинами ущерба U_i от i -го неблагоприятного события, $i = 1 \dots N$, то показателем риска можно выбрать следующий:

$$R = \sum_i U_i (1 - P_i). \quad (9.4)$$

При этом выполняется условие $P_i = 1$.

Риск определяется как «характеристика ситуации или действия, когда возможны многие исходы, существует неопределенность в отношении конкретного исхода и, по крайней мере, одна из возможностей нежелательна».

В.И. Даль определил риск словами «рисковать», рискнуть (*risque*): пускаться наудачу, на верное дело, отважиться, идти на авось, делать что-либо без количественного расчета (оценки).

Известно также определение, что «риск — это вероятность опасности с ущербом», что было принято в теории надежности и теории игр, разработанных 40 лет назад. Новая трактовка рисков, особенно управляемых рисков, основана на понятиях цепочек событий и их различных мер, не только вероятностных и в теории принятия решений.

Исследование риска подразделяется на два блока. Это оценка и управление риском.

Задача оценки риска — это идентификация опасности, характеристика риска и сравнение его с другими рисками с целью определения его приемлемости. Рисковые события в деятельности человека всегда присутствуют. Задача управления риском — это разработка целей и планов действий в принятии решений по снижению и контролю риска.

Анализ риска — это изучение состояния, ситуации (ситуаций), сценариев с присущими признаками опасности, неопределенности, случайности.

Управление риском — это действие в условиях опасности, неопределенности и случайности.

Управляемый риск — это процесс оптимального распределения затрат на снижение различных видов риска в условиях ограниченности экономических ресурсов общества, обеспечивающий такой уровень безопасности населения и окружающей среды, какой только достижим в существующих в данном обществе экономических и социальных условиях.

Потенциальный риск может изменяться в результате более глубокого понимания явлений и системы, при этом не изменяется величина реального риска. Тогда о риске можно говорить как о мере опасности или как о возможности чрезвычайных событий, или как о мере, включающей в себя как возможность, так и последствия чрезвычайных событий (происшествий).

Люди воспринимают более высокие риски, если знают, что существуют надзорные и контрольные органы и иные институты. Отсюда возникает понятие субъективного риска, а различие между ним и объективным риском становится проблемой, которую необходимо решать, что достигается введением некоторого баланса между риском и выгодой.

Безопасность техносферы и общества обеспечивается только при достижении определенного уровня риска. Так как нулевого риска в принципе не существует, то это означает, что в любой точке земного шара имеются природные опасности, создающие риск (например, цунами в Таиланде, землетрясение на Гаити, сели в Португалии и т.д.). И вопрос заключается в величине этого риска.

В этой связи концепция системной безопасности базируется на установлении величины так называемого приемлемого риска, т.е. величины риска социально-политического и приемлемого для безопасного и независимого развития страны. Под приемлемым риском будем понимать такой уровень риска, который является оправданным с точки зрения экономических, военных, социально-политических, научно-технических факторов, т.е. с которым общество готово мириться ради могущества страны, ее защищенности, высокой интеллектуальности, для получения благ в результате своей деятельности.

Как физическая категория риск должен оцениваться через двумерное множество показателей: меру неопределенности появления

негативного события (степень риска) и меру последствий — ущерб (цена или величина риска). В опасных ситуациях с вероятностью результатов, приближающихся к нулю, допустимо оценивать риск только по величине возможного ущерба.

Риск — случайное (неопределенное) дискретное событие, наступление которого несет нежелательные события или ущерб H_R . Как математическая категория риск R должен определяться хотя бы через двухмерный показатель R и содержать некоторую меру v случайности события или меру степени риска и меру ущерба H_R , т.е.

$$R = (v, H_R), \quad (9.5)$$

где v — мера частоты;

H_R — мера ущерба (оценка) риска, т.е. серьезность последствий при реализации рискованных ситуаций.

С учетом условий и внешней среды, где реализуется риск, зависимость (9.5.) можно представить как

$$R = \left(v, \frac{\tilde{H}_R}{\Sigma_0} \right), \quad (9.6)$$

где Σ_0 — комплекс условий и характеристики внешней среды, при которых оценивается риск.

В случае редких событий при $v \rightarrow 0$

$$R = (0, \tilde{H}_R),$$

или

$$R = \left(0, \frac{\tilde{H}_R}{\Sigma_0} \right). \quad (9.7)$$

Оценку риска согласно соотношениям следует производить по величине ущерба. Такие методы применяются при оценке рисков и ущербов при землетрясениях.

Исследователи в своих работах при рассмотрении вопросов соотношения показателей безопасности и эффективности функционирования системы представили математический аппарат континуальных вычислений, позволяющих исследовать безопасность динамической системы на непрерывном множестве состояний.

При этом рассмотрены стратегии действий в рискованных событиях.

Стратегия 1. При малой степени риска, т.е. $v_1 \cong 0$ означает действие «на авось», хотя риск по его оценке в виде ущерба $H_R \neq 0$ может быть большим.

Стратегия 2. При $v_1 \cong 0$, $v_2 \neq 0$ означает действие с компенсацией ущерба путем уменьшения этого ущерба и возможных последствий за счет вложения «средств» в структуру системы для уменьшения возможной опасности, обнаруженной через показатель $v_2 \neq 0$.

Это означает повышение надежности системы и защищенности и уменьшение v_1 . Мерой риска могут быть величины: вероятностные, детерминированные и прочие; компоненты оценки не могут быть сведены к скалярной свертке, а должны рассматриваться в комплексе совместно с величиной ущерба H_R . В некоторых работах предложена схема определения двухмерного показателя риска по двум параметрам: по вероятностной мере $v_{R1} \cong v_{R2}$, дающей оценку возможности случайного появления рисков события, и по величине ущерба при условии, что «риск — это вероятность».

Некоторые исследователи предлагают риск R оценивать на основе множества из трех элементов:

$$\tilde{R} = \left(v_{R1}, v_{R2}, \frac{\tilde{H}_R}{\sum_0} \right), \quad (9.8)$$

где v_{R1} — традиционная мера риска первого рода, отражающая возможности возникновения случайного события;

v_{R2} — мера риска 2-го рода, оценивающая потенциальную опасность, заложенную в структуру цепочек событий или группы сценариев в системе.

Когда вероятностная мера катастрофы «почти нуль»:

$$v_{R1} = v_{R2} = 0, \quad (9.9)$$

предлагается степень опасности, обусловленной возникновением системной ошибки, в виде меры риска 2-го рода v_{R2} связывать со свойствами цепей событий в рискованных ситуациях.

Вторая мера v_{R2} зависит от частоты проявления случайных свойств событий, является объективным показателем признаков опасности, заложенных в структуру системы в процессе смены ее состояний. Сумма числа отказов в цепях системы (L_K) (на дереве отказов) с учетом длины цепей принимается за меру рисков второго рода v_{R2} . Общий риск опасности в этом случае определяется как сумма рисков элементов вдоль цепи событий:

$$\mu_{R2} \sum (\beta) = \sum_{i(\beta)} m_i, \quad (9.10)$$

где β — номер цепи событий из множества M_{L*} альтернативных цепей, ведущих к катастрофе.

В работах предложен метод суммы рисков и шансов с отсчетом значений рисков:

$$\mu_{R2} \sum (\beta) = \sum_i m_i + \sum_j r_j = \Delta \mu_{R2}, \quad (9.11)$$

где m — экспертные значения «шансов» избежать опасности на i -ом элементе цепи;

$\Delta \mu_{R2}$ — дефект риска.

Система может быть безопасной, если этот дефект не превышает допустимых пределов ΔR_2 :

$$\Delta \mu_{R2} \geq \Delta R_2. \quad (9.12)$$

Опасность и риск будут тем более значительными, чем больше мера μ_{R2} при определенных условиях $\sum_0$ или $\sum_{0,1}, \sum_{0,2} \dots$. Подобная мера опасности или риска уже зависит от частоты проявления случайных свойств.

Для классификации оценивания рисков на основе характеристик множества факторов рисков событий примем два определения риска:

а) риск — это опасность с нечеткой мерой оценивания уровня опасности или угроз неопределенности результатов опытов с нежелательными последствиями;

б) риск — это случайное (неопределенное) дискретное событие, реализация которого несет нежелательное последствие — ущерб H_R .

Различие в этих определениях отражает только способы и методику вычисления показателей риска, а именно:

— способы оценивания степени риска или меры неопределенности;

— способы определения цены риска (ущерб).

Предлагается различать следующие типы моделей риска и их разновидности:

а) модели с различием степени риска;

б) модели с нечеткой мерой степени риска (μ_1) и интегральной оценкой величины риска по классификатору. Здесь имеется в виду $\mu = \text{const}$, $H_R^{\%} = \text{const}$ — для катастроф;

в) многоуровневые модели с нечеткой мерой степени цены риска в форме таблиц RISK ASSESSMENT TOOL по Боингу, например, с тремя уровнями нечеткой меры ущерба $H_R^{\%}(1), H_R^{\%}(2), H_R^{\%}(3)$ и тремя уровнями нечеткой меры степени риска $\mu_1(1), \mu_1(2), \mu_1(3)$. При этом может быть введена и многоуровневая модель Risk Matrix в виде матрицы нескольких уровней μ_1 и ущерба $H_R^{\%}$.

В моделях риска первого типа в качестве меры степени риска могут быть заданы конкретные числа в виде вероятностей событий и соответствующие значения ущербов, не всегда рассматриваемые раздельно. В качестве меры степени риска могут быть использованы нормированные коэффициенты риска, получаемые апостериорно на основе статистики в виде коэффициентов опасности (безопасности):

$$\mu = H(1 - p), \quad (9.13)$$

где H — ущерб от неблагоприятного события;

$1 - p$ — вероятность наступления неблагоприятного события.

Если в системе возникнут несколько неблагоприятных событий с разными вероятностями и величинами ущерба, то используется средний риск:

$$\mu \approx \sum_{i=1}^n H_i(1 - p_i), \quad (9.14)$$

где $1 - p_i$ — вероятность появления i -го неблагоприятного события;

n — количество неблагоприятных событий.

Коэффициент безопасности $S = t/H$ показывает, какая доля периода безопасности приходится на единицу ущерба, нанесенного реализацией неблагоприятного события. Для нескольких неблагоприятных событий средний коэффициент безопасности будет выражаться следующей формулой:

$$\mu^{\%} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{H_i}, \quad (9.15)$$

где t_i — период безопасности до i -го неблагоприятного события;

H_i — ущерб от i -го неблагоприятного события.

Основное применение моделей первого типа — это задача из класса 1 для систем в «пассивном эксперименте при игре с природой». Модели второго типа — модели с оценкой среднего риска, о чем сказано выше.

Рассмотрим классы и характеристики методов решения задач по рискам.

Класс 1 — «пассивный эксперимент в игре с природой». В этом классе оцениваются последствия типов отказов в сложных системах из-за проявления случайных факторов, приводящих к нарушению структуры системы. Состояние среды фиксировано.

Класс 2 — «активный эксперимент игры с природой». Здесь оценивается эффективность системы по показателям мини-минимума риска принятия решений в стратегических или статистических рисках в условиях недостаточности информации о состоянии внешней среды и случайности принимаемых решений. Основной вывод состоит в предложении нецелесообразности развивать способ оценивания возможностей возникновения катастроф по методу цепей случайных событий.

В классе первом по описанию рисков должны рассматриваться сравнительные подходы к определению риска в высоконадежных системах. Здесь сопоставляются применимость методов теории надежности и безопасности систем для оценки рисков возникновения катастроф в особой ситуации, а именно: метод β -коэффициентов (с усредненной опасностью по всем априорно известным факторам, влияющим на величину потерь).

Понятие β -коэффициента взято из теории оценивания рисков при инвестировании проектов, где этот коэффициент имеет название «коэффициент дисконтирования». Он применяется также в области финансовых операций при обосновании бизнес-планов, при принятии решений о выборе инвестиционных проектов, когда целенаправленная деятельность рассматривается как игра с природой или «с неизвестным противником». Основной формализованный смысл — это вырожденная, при постоянном ущербе рандомизированная на дискретных состояниях природы игра:

$$K \in \Omega; K \sim P_0 = \{P_j/E_0\}, \quad (9.16)$$

где P_0 — дискретное распределение состояния природы: $K \in \Omega: \Omega \sim \Omega_j$.

Средний риск есть результат усреднения ущерба, возникающего в каждом изменении состояния природы:

$$R^{\%} = \sum_j P_j R(\theta_j) = \sum_j P_j H_{Rj}. \quad (9.17)$$

В случае изучения катастроф оценка ущерба $H_R^{\%}$ от риска в любом состоянии имеет только два значения:

$$H_{Rj} = H_R = \text{const.} \quad (9.18)$$

Коэффициент среднего риска в форме

$$\beta_j = \frac{R_j}{\bar{R}_{j\infty}} \quad (9.19)$$

назначается экспертно на основе опыта или по результатам соглашений на переговорах «игроков» — партнеров. Здесь в (9.19) $\bar{R}_{j\infty}$ — общая допустимая норма риска, $\bar{R}_j$ — вариация среднего риска при игре с номером j (или при решении с номером i).

Если ущерб велик, вероятность катастрофы «почти нуль», тогда «пассивная игра» состоит в ожидании со случайным временем появления катастрофы, несущей ценную информацию о причинах катастрофы и о влиянии отдельных факторов на развитие рискованных ситуаций. Байесовский подход переоценивания вероятностей гипотез о вкладе отдельных факторов в катастрофическую ситуацию не имеет значения для практики, так как число факторов или гипотез будет велико, а статистика этого события недостоверна из-за малой выборки.

При активном эксперименте системы игры с природой рассматриваются методы минимизации среднего риска «как потери или платежа» в игре двух игроков. Показано, что понятие среднего риска практически не имеет смысла в вырожденной игре, характеризующей оценивание риска катастроф в транспортных системах, особенно в авиации или подводном плавании, при вероятности катастрофы «почти нуль».

Разновидности задач в классе первом (пассивный эксперимент в игре системы с природой) характеризуются типами моделей с различными степенями риска, а также с нечеткой мерой μ степени риска. Эти задачи имеют решения по оценке безопасности класса систем с дискретным состоянием, в том числе и высоконадежные.

Игра с учетом нестохастического состояния среды θ , $\theta \in \Omega$ и стохастического выбора решений $\alpha \in A$ (альтернатив) с помощью перебора правил решений $\alpha \in D$, выбираемых в зависимости от случайных значений x непрерывного характера $\chi^* \in \chi$ имеет вид с распределением вероятности:

$$\xi \sim (W_{\xi}(x), F_{\xi}(x))_s, \quad (9.20)$$

где $W_{\xi}(x)$ — плотность распределения вероятности;

F_{ξ} — функция распределения вероятности.

Результатом игры является условный (при условии $\theta \in \Omega$) средний риск:

$$R \approx R(\theta / A, DF_{\xi}(x)) = \int ((\theta) / A, D, F_{\xi}(x)), \quad (9.21)$$

где A — множество решений $H = \{a_i\}$;

D — множество правил $d_j \in D$, таких, что $d_j = d_j(\xi)$ для принятия решений о выборе при $a_j = a_j(d_j(\xi))$.

Операция усреднения понимается как определение математического состояния среды $\theta \in \Omega$ и может быть дискретным, т.е. $\Omega = \{\theta_j / E_0\}$, где j — номер состояния природы, E_0 — комплекс условий, определяющий игру системы с природой. Под природой следует понимать состояние погоды и климата при движении погоды и т.п.

Можно различать риск при быстрых или медленных повреждениях. Источник риска обладает повреждающими факторами, которые воздействуют на окружающую среду, материальные объекты, организм человека в течение определенного времени. Когда последствия реализации риска неизвестны, то под риском понимают наступление неблагоприятного события, вероятность которого определяется как

$$R = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (9.22)$$

или как вероятность превышения установленного предела

$$R = P\{\xi \succ x\}, \quad (9.23)$$

где ξ — случайная величина;

x — значение предела.

В случае необходимости определения риска при эксплуатации сложной и особо важной технической системы риск оценивают (по сложившейся практике) как вероятность наступления неблагоприятного события, умноженную на величину ущерба, нанесенного реализацией риска — $R = PU$. В общем случае вероятность не-

благоприятного случайного события (ущерб) не равна вероятности аварии. В этом случае вероятность ущерба при условии аварии будет определяться как

$$P\{U\} = P\{A\}P\{U / A\}. \quad (9.24)$$

Только в этом случае, когда каждый i -й опасности (или чрезвычайного происшествия (ЧП)), происходящей с вероятностью P_i , можно однозначно поставить в соответствие ущерб U_i , тогда вероятность ущерба будет равна вероятности ЧП.

В этом случае риск можно определить как величину ожидаемого ущерба U^* , т.е.

$$R = U^* = \sum_{i=1}^n U_i P_i. \quad (9.25)$$

Если последствия ЧП необходимо определить числом летальных исходов людей и известна вероятность P_N для N_q летальных исходов, тогда риск представляется как

$$R = P_N N_q, \quad (9.26)$$

где q — положительное число.

Ущерб и риск в установившейся практике ряда отраслей промышленности чаще всего оценивают в денежном выражении. В этом смысле, если ущерб затруднительно подсчитать, за величину риска принимают вероятность повышения предела допустимости. Когда одновременно существует угроза здоровью и материальным объектам, риск целесообразно оценивать в векторном виде с различными единицами измерения по координатным осям $R^* = U^*P$. Перемножение данного уравнения производится покомпонентно в соответствии с табл. 9.1, что позволяет сравнивать риски.

При оценке индивидуального риска следует определить ожидаемое значение ущерба через функцию совместного распределения $F(U, t)$ вероятности случайных величин ущерба и периода безопасности t в виде

$$U^* = \int U dF(U, t), \quad (9.27)$$

тогда индивидуальный риск можно определить как ожидаемое значение ущерба, причиненного опасным событием за интервал времени t , и отнесенное к группе людей численностью в N человек:

$$R = U^*/tU. \quad (9.28)$$

Общий риск для группы людей будет определяться как

$$R = U^* N. \quad (9.29)$$

Таблица 9.1

Типы ущербов и оценочные параметры

Тип ущерба	Объекты		Люди	
	Оцениваемый количественно	Неоцениваемый количественно	Ущерб здоровью	Летальный исход
Оценочные параметры	Ожидаемое значение	Вероятность превышения предела	Оценка вероятности	Оценка вероятности

Во многих случаях определение ущерба представляется затруднительным в силу его сложного строения. Поэтому ущерб подразделяют на экономический, социальный, экологический, государственный, физических и юридических лиц и т.д.

В связи с этим с точки зрения системного анализа опасностей риск более просто характеризуется вероятностью несчастного случая (единичного или группового), нанесенного персоналу и населению страны, и степенью потенциального нанесения повреждения человеку, о котором можно судить, например, по степени повреждения рабочего или природной среды.

При определении допустимого риска R_D при наличии отдельно взятого источника опасности следует принять во внимание тот факт, что человеку всегда угрожают несколько источников опасности, а следовательно, должно выполняться неравенство $R_D < R_A$. Известно, что в качестве значения допустимого риска при наличии отдельно взятого источника опасности можно принять:

$$R_D = \begin{cases} 10^{-5}, \text{ л}_{\text{и}}/\text{чел.год}, \\ 10^{-4}, \text{ нс}_{\text{пн}}/\text{чел.год}, \\ 10^{-3}, \text{ нс}_{\text{вн}}/\text{чел.год}, \end{cases} \quad (9.30)$$

где $\text{л}_{\text{и}}$ — летальный исход;

$\text{нс}_{\text{пн}}$ — несчастный случай постоянной нетрудоспособности;

$\text{нс}_{\text{вн}}$ — несчастный случай временной нетрудоспособности.

Считается приемлемым критерием максимального числа летальных исходов в год значение $N_0 = 100$.

Если можно ожидать при неблагоприятных событиях число легальных исходов $N > N_0$, то значение допустимого риска следует уменьшить пропорционально N/N_0 .

Если плотность людей на единицу площади рабочей зоны определяется функцией $P \rightarrow (r)$, тогда общий риск применительно к отдельному источнику опасности определится как

$$R = \int R(r)P(r)dr. \quad (9.31)$$

Риск, обусловленный наличием источника опасности, следует оценивать и управлять им, а также устанавливать меру последствия от реализации риска. Поэтому следует осуществлять управляющее воздействие риском с целью принятия оптимальных решений. Реализация рискованных ситуаций (рисков) на различных предприятиях и в различных условиях определяется следующими показателями.

Показатель тяжести несчастных случаев или коэффициент нетрудоспособности

$$KN = D/D^*, \quad (9.32)$$

где D — число всех дней нетрудоспособности;

$D^* = \beta_T T$ дн/ч — пороговое (или его называют реперное) число нетрудоспособных дней;

T — количество рабочего времени за год, ч в год;

$\beta_T = 10^{-3}$ дн/ч.; коэффициент тяжести определяется как $KT = D/N$, где N — число несчастных случаев.

Коэффициент m частоты несчастных случаев определится как N/N^* , где N — пороговое число несчастных случаев.

$$N^* = \begin{cases} \alpha_T T \\ \alpha_M M \end{cases}, \quad (9.33)$$

где $\alpha_T = 10^{-6}$ нс/чел.; $\alpha_M = 10^{-3}$ нс/чел.;

T — число часов, отработанных за рассматриваемый период;

M — среднее число работающих, подверженных опасности.

В России пороговое число определяют как $N^* = \alpha_M M$, в странах западной Европы как $N^* = \alpha_T T$. Расчет по этой формуле позволяет более полно учесть объем выполненной работы. Коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом $K_{л} = N_{л}/(MT)$ л./чел., $N_{л}$ — число летальных исходов.

Обычно $MT = 108$ чел.-ч, что соответствует расчетному времени, когда 1000 человек работают по 40 ч в неделю в течение года.

Основными особенностями магистрального рельсового транспорта, которые вызывают специфические опасности для людей, обслуживающих железнодорожные устройства, являются:

- многопутные парки станций с разносторонним движением по соседним путям, где в условиях интенсивных маневровых передвижений и высокого уровня шумов ухудшается ориентирование человека, увеличивается опасность наезда подвижного состава на работников;

- ограниченные расстояния между осями соседних путей на перегонах и станциях, определяемые установленными габаритами подвижного состава (Т) и сооружений (С);

- работа в условиях движения поездов и маневровых передвижений подвижного состава, как правило, строго ограниченная;

- погрузка и выгрузка грузов, включающая крупные грузовые терминалы: товарные станции, грузовые дворы, контейнерные площадки, морские и речные порты, предприятия промышленного железнодорожного транспорта;

- перевозка грузов, включающая железнодорожный путь, парк грузовых вагонов, грузовые локомотивы;

- сортировка грузов (грузовых вагонов), включающая сортировочные станции, парк маневровых локомотивов, сортировочные горки;

- пассажирские перевозки, включая вокзалы, пассажирские, пригородные и скоростные вагоны и локомотивы;

- управление движением поездов, включающее подсистемы сигнализации, централизации, диспетчерского управления;

- электроснабжение электрической тяги, включающее электрические преобразовательные подстанции, линии электрической передачи и контактную сеть, дистанции электроснабжения;

- ремонт и эксплуатация локомотивов и вагонов, включая локомотивные и вагонные ремонтные депо;

- ремонт и эксплуатация железнодорожного пути и сооружений, включая путевые машинные станции, дистанции пути;

- системы связи.

Каждое из перечисленных производств обладает специфическими рисками и опасностями для работников.

Так, погрузка и выгрузка грузов характеризуется наличием в местах погрузки и выгрузки опасных производственных объектов: гру-

зоподъемных машин и механизмов; предметов и материалов, находящихся на высоте; движущегося подвижного состава. Это создает риск или возможность следующих видов происшествий: воздействие движущихся, разлетающихся предметов; падение предметов, материалов; падение с высоты; удар; придавливание; захват инструментами, приспособлениями и др.

Перевозка грузов предполагает наличие движущегося подвижного состава. Это создает риск или возможность следующих видов происшествий: наезд подвижного состава на работников; воздействие движущихся, разлетающихся предметов; падение с высоты и с движущегося подвижного состава; крушение, авария на железнодорожном транспорте и др.

Сортировка грузовых вагонов опасна следующими видами происшествий: удар; придавливание; захват инструментами, приспособлениями; наезд подвижного состава и др.

На рис. 9.4 приведены основные причины производственного травматизма в ОАО «РЖД» за 2013 г. в форме известной причинно-следственной диаграммы Исикавы.

Анализ данной схемы свидетельствует о том, что наибольший процент травматизма приходится на блок организационных причин — 52,2 %, в котором наибольший удельный вес составляет неудовлетворительные организация и контроль за производством работ (26,2 %); на второй блок — человеческий фактор — приходится 31,5 %, где наибольший удельный вес составляет нарушение требований инструкций по ОТ для работающих, требующих осторожности (13,4 %).

На третий блок причин — воздействие внешней среды — приходится 6 %. Из них наибольший удельный вес дает физическое воздействие посторонних на работников железнодорожного транспорта. На долю четвертого блока — технические причины — приходится 5,9 % с наибольшим удельным весом — 3,5 % на эксплуатацию неисправных машин, механизмов, оборудования, ПС, инструментов. И на последний пятый блок — учебные причины — приходится 4,4 % производственного травматизма.

Основная масса происшествий связана с технологией железнодорожного транспорта, а именно с процессом перевозки, погрузки, выгрузки и с соответствующими этой технологии травмирую-

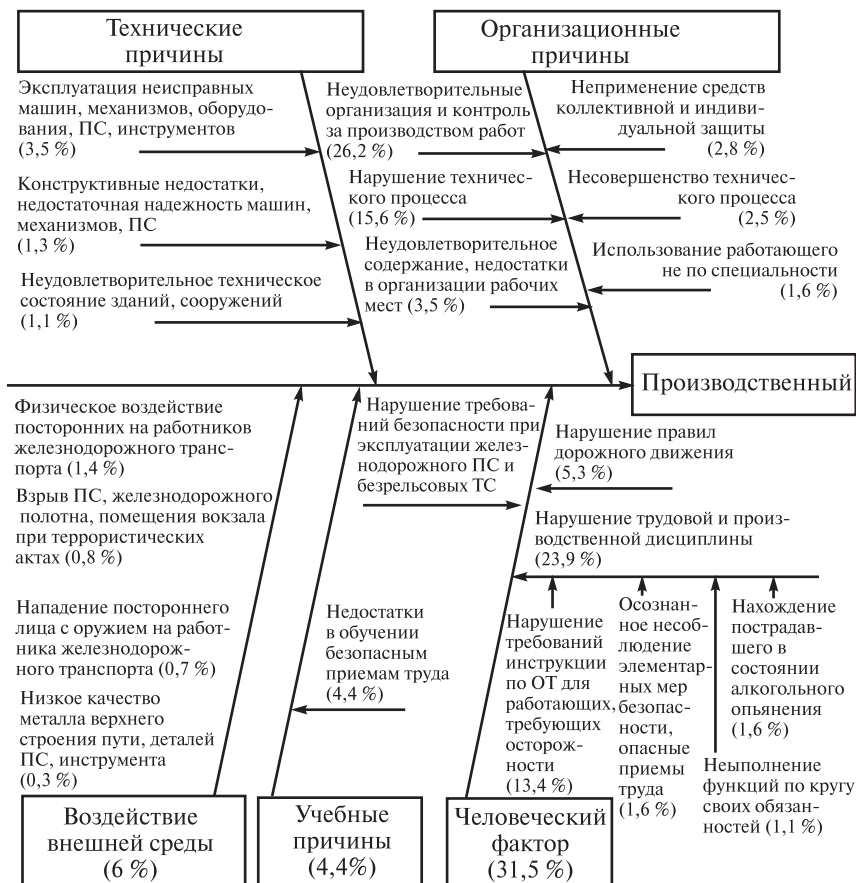


Рис. 9.4. Основные причины производственного травматизма в ОАО «РЖД» в 2013 г.

щими факторами, обусловленными движением подвижного состава, грузов, материалов, предметов.

Из общего ряда происшествий большой удельный вес составляют также поражения электрическим током, дорожно-транспортные происшествия на служебном и личном автомобильном транспорте и криминальные нападения на железнодорожников при исполнении ими служебных обязанностей.

Глава 10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

10.1. Мониторинг состояния объектов железнодорожного транспорта природного и техногенного характера

Железнодорожный транспорт общего пользования является потенциальным источником возникновения чрезвычайных ситуаций с большим числом пострадавших, значительным материальным ущербом, наступлением неблагоприятных экологических и санитарно-гигиенических последствий.

К основным факторам риска на железнодорожном транспорте относятся:

- перевозки большого количества (более 300 млн т) опасных грузов до 2,5 тыс. наименований, которые составляют более 23 % от общего объема перевозок и масса которых за последние годы постоянно возрастает;
- перевозки легковоспламеняемых жидкостей и сжиженных газов, взрывчатых материалов и других особо опасных грузов;
- перевозки основного объема радиоактивных и ядерных материалов, в том числе всех объемов отработавшего ядерного топлива;
- относительно невысокий, но не исключенный полностью, риск появления значительного количества пострадавших людей;
- уязвимость (кроме чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера) также от чрезвычайных ситуаций военного и биолого-социального характера, в том числе от совершения террористических актов и диверсий.

Несмотря на сложные экономические, разнообразные и зачастую неблагоприятные климатические условия, железнодорожный транспорт, составляющий основу транспортной системы страны и призванный своевременно, качественно, безопасно обеспечивать потребности населения и экономики страны в перевозках людей и грузов, в целом работает относительно устойчиво.

По состоянию на 2013 г. общее количество крушений и аварий, произошедших на железнодорожном транспорте общего пользования, составило 23 техногенных ЧС, в которых погибли 30 и пострадали 151 человек.

Наиболее значимым ЧС явилось крушение пассажирского поезда № 166 Москва—Санкт-Петербург «Невский экспресс» 27 ноября 2009 г. В результате крушения с рельсов сошли 3 хвостовых вагона, погибли 26 человек, ранены 130 человек.

Всего на объектах железнодорожного транспорта выявлено 8 случаев террористических проявлений (7 подрывов поездов и 1 случай обстрела караула воинского эшелона), произошедших на участках Северо-Кавказской железной дороги и не имевших серьезных последствий.

В 2013 г. подразделениями ведомственной охраны железнодорожного транспорта во взаимодействии с органами внутренних дел на транспорте зарегистрировано свыше 350 случаев незаконного вмешательства в деятельность железнодорожного транспорта, свыше 50 анонимных сообщений о минированных объектах транспорта.

Обнаружено 88 единиц взрывчатых веществ и боеприпасов, свыше 70 подозрительных бесхозных предметов.

На сетях железных дорог развернуты и находятся в постоянной готовности к выезду на пожары или для ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами 234 пассажирских поезда. Около 25 % пожарных поездов по своим тактико-техническим характеристикам отнесено к категории специализированных — способных наряду с тушением пожаров выполнять широкий спектр работ по перегонке и нейтрализации опасных грузов.

Статистические данные о ЧС техногенного характера, а также события, связанные с нарушением правил безопасности движения, приведены в табл. 10.1 и 10.2.

Федеральное агентство железнодорожного транспорта завершило формирование системы органов управления, предназначенных для решения задач противодействия терроризму на железнодорожном транспорте. Созданы и функционируют антитеррористические комиссии управлений и отделений, железных дорог.

В целях координации работы ОАО «РЖД» по противодействию терроризму на железнодорожном транспорте создан «Центр координации работы по защите объектов федерального железнодорож-

Таблица 10.1

Статистические данные о ЧС техногенного характера

Год	Виды источников ЧС	Количество ЧС разного масштаба, единиц						Численность пассажиров, чел.			Материальный ущерб, млн руб.
		Всего	Регионального	Территориального	Местного	Локального	Погибших	Пострадавших	Эвакуированных		
2007	Крушения и аварии на железнодорожном транспорте	12	—	—	10	2	3	—	—	28,7	
2008	Крушения и аварии на железнодорожном транспорте	10	—	—	10	—	—	—	—	28,7	
2009	Крушения и аварии на железнодорожном транспорте	8	—	—	6	2	—	—	—	28,7	
2010	Крушения и аварии на железнодорожном транспорте	4	—	—	4	—	—	—	—	18,7	
2011	Крушения и аварии на железнодорожном транспорте	11	—	1	1	9	5	1	—	*	
2012	Аварии, крушения грузовых и пассажирских поездов	11	—	—	—	—	2	33	—	*	
2013	Аварии, крушения грузовых и пассажирских поездов	23	1	—	6	16	30	151	—	*	

* — нет данных.

Таблица 10.2

**События, связанные с нарушением правил безопасности движения
и эксплуатации железнодорожного транспорта**

	12 месяцев		+/- %
	2012 г.	2013 г.	
1	2	3	4
Итого по ОАО «РЖД»	4327	4558	+5
Итого по сети железных дорог	2788	1829	-34
Октябрьская	261	134	-49
Калининградская	14	7	-50
Московская	187	147	-21
Горьковская	215	174	-19
Северная	244	164	-33
Северо-Кавказская	124	106	-15
Юго-Восточная	162	98	-40
Приволжская	155	92	-41
Куйбышевская	228	109	-52
Свердловская	224	139	-38
Южно-Уральская	187	131	-30
Западно-Сибирская	185	103	-44
Красноярская	88	67	-24
Восточно-Сибирская	140	94	-33
Забайкальская	190	129	-32
Дальневосточная	184	135	-27
Итого по функциональным филиалам	1539	2729	+77
ЦДРВ	1352	941	-30
ЦДРП	46	44	-4
ЦСС	2	1	-50
ЦД**		15	
ЦТР**		1698	
Другие	96	20	-79
ДЗО — ОАО «ФПК»	43	39	-9
Создающиеся дирекции			
Т общее, в том числе:	1725	2669	+55
ТР *	875	395	-55
Т*	11	398	
Тслуж*	839	178	-79

1	2	3	4
Д общее, в том числе:	74	74	0
Ддор*		59	
Дслуж*	74		
М общее, в том числе:	4	4	0
ДМ*		3	
М служ*	4	1	–75
По хозяйствам:			
В	431	284	–34
П	297	236	–21
Ш	28	26	–7
Э	170	178	+5
ПРИГ	59	71	+20

* — с момента издания приказа о создании дирекций железных дорог;

** — с момента выхода создающихся дирекций из состава железных дорог.

ного транспорта», а в управлениях и отделениях железных дорог — соответственно самостоятельные отделы, сектора.

Особенность современного периода состоит в том, что ОАО «РЖД» наряду с решением задач по организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте общего пользования осуществляет совместно с правоохранительными органами комплекс мер по обеспечению устойчивой работы железных дорог, охраны объектов, защиты населения и работников от имеющих место проявлений терроризма и противоправных действий.

Работа по противодействию терроризму на железнодорожном транспорте общего пользования является одной из важнейших составляющих национальной безопасности.

Основными направлениями в работе являются:

- выработка организационных мер, технических решений и рекомендаций, направленных на повышение эффективности работы по выявлению и устранению причин и условий, способствующих проявлению терроризма и противоправных действий на железнодорожном транспорте;

- координация деятельности с официальными органами исполнительной власти, призванными осуществлять работу по борьбе с терроризмом с целью пресечения таких случаев на объектах железнодорожного транспорта и минимизации их последствий;

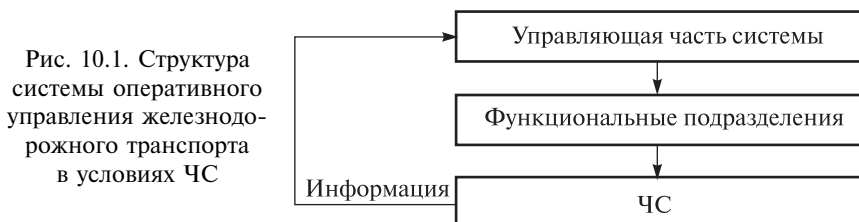
- обеспечение безопасности жизни и здоровья пассажиров и работников железнодорожного транспорта от противоправных действий;
- усиление охраны и пропускного режима на особо важных объектах;
- профилактика правонарушений в пассажирском комплексе (на вокзалах, в дальних и пригородных поездах, в пунктах отстоя);
- усиление охраны грузовых сортировочных станций, где осуществляется работа с опасными грузами; сопровождение грузовых поездов, перевозящих взрывчатые материалы;
- организация совместно с правоохранительными органами регулярных проверок ведомственных помещений, сдаваемых в аренду.

10.2. Система оперативного управления в условиях чрезвычайных ситуаций

Важнейшим элементом в ликвидации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте является функционирование системы оперативного управления.

Организационная структура системы оперативного управления (СОУ) в условиях ЧС на железнодорожном транспорте представляет собой взаимосвязанные друг с другом функциональные элементы.

По своей структуре эта система является иерархической организационной системой (рис. 10.1).



Управляющая часть системы (ЦУЧС) отвечает за формирование и принятие оперативных решений, распределение ресурсов и делегирование полномочий по принятию решений.

Функциональные подразделения (ФП) являются исполнительной частью системы и непосредственно принимают участие в ликвидации ЧС. Рабочая информация о результатах деятельности ФП

и о текущем состоянии ЧС как объекте управления поступает оперативно в управляющую часть системы, которая имеет свою внутреннюю структуру, представленную на рис. 10.2.

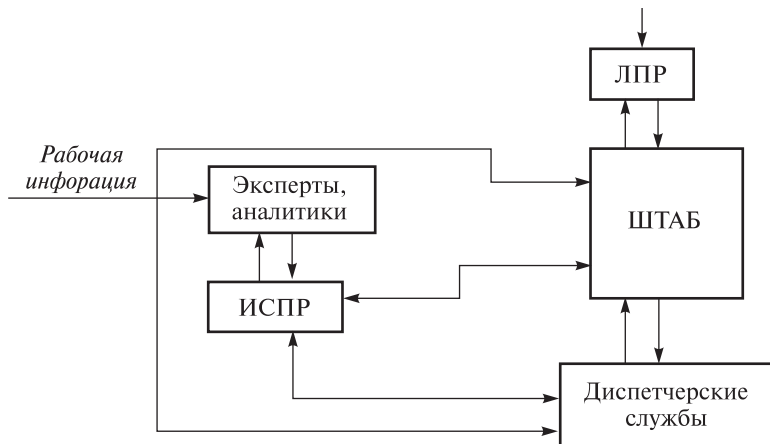


Рис. 10.2. Структура управляющей части СОУ ЧС

На управляющую часть системы возлагается принятие оперативных решений, связанных с планированием действий, их координацией и управлением ФП, а также с распределением ресурсов между ФП и прогнозированием развития ЧС. Оперативные решения ЦУЧС формируют как результаты групповых решений на основании анализа текущей ситуации и согласования управленческих решений, полученных независимыми экспертами и аналитиками. Решения ЦУЧС представляются руководителю работ по управлению и ликвидации ЧС как ответственному лицу, принимающему решения (ЛПР). Именно он принимает окончательное решение и несет персональную ответственность как за результаты работ, так и за последствия от реализации принятых решений.

Функционально диспетчерские службы как элементы управляющей части системы интерпретируют и доносят до каждого ФП решения, принятые руководителем работ.

Эффективность оперативного управления в условиях ЧС зависит от располагаемых ресурсов, морально-психологического состояния кадров, состояния и степени готовности технических средств, ор-

ганизаторского опыта и мастерства сотрудников ФП, своевременно и правильно принятых управленческих решений.

Эффективное управление возможно организовать только с помощью современных информационных технологий, на базе которых и строится информационная система поддержки принятия решений (ИСППР).

Рассмотрим основные проблемы при создании ИСППР:

1) необходимость создания резерва времени для оперативного принятия решения за счет сокращения требуемого времени на ликвидацию ЧС, определяемого имеющимися ресурсами и возможностями, по сравнению с реальным располагаемым временем, определяемым динамикой развития ЧС;

2) необходимость определения оптимального (рационального) соотношения между централизованным и децентрализованным управлением при распределении функций между ФП и ЦУЧС;

3) необходимость оценки меняющейся текущей ситуации, необходимость своевременного выявления действий неопределенных и случайных факторов, а также тенденции развития ЧС в нежелательном направлении;

4) необходимость частой и быстрой коррекции результатов планирования и алгоритмов оперативного управления;

5) необходимость принятия решений по планированию при низкой точности и малой достоверности исходных данных;

6) необходимость оценки последствий от принимаемых решений;

7) необходимость системной интеграции множества частных решений, полученных аналитическим путем или на основе экспертных оценок, в общее решение;

8) необходимость декомпозиции общей цели на множество локальных целей и оценки их достижимости за требуемое время с помощью располагаемых средств и ресурсов;

9) необходимость умения принимать решения по реорганизации в реальном времени структуры СОУ ЧС с целью повышения эффективности ее функционирования;

10) необходимость оценки эффективности функционирования ИСППР, которая характеризуется оперативностью (быстродействием, реактивностью) и результативностью как способностью к достижению поставленной цели, а также качеством выполнения работ.

Далее рассмотрим организационную структуру взаимодействия ЦУЧС с функциональными подразделениями на примере ОАО «РЖД» с позиций мультиагентной и функционально-технологической концепций.

Согласно мультиагентной концепции организации любая сложная система представляется в виде множества взаимосвязанных и взаимодействующих агентов как активных элементов, имеющих свои локальные цели и ресурсы, которые согласованы с глобальной целью системы и располагаемыми ресурсами.

Возможность представления функционального элемента СОУ ЧС в виде агента определяется наличием в его составе человека, анализирующего ситуацию, принимающего решение и осуществляющего обмен информацией с другими агентами. Агенты самостоятельно принимают решения и их исполняют, а также отчитываются перед ЦУЧС о проделанной работе. В мультиагентной концепции организации реализуется принцип децентрализованного управления. Центральный элемент системы ЦУЧС является главным агентом, отвечающим за реализацию глобальной цели с помощью подчиненных ему функциональных агентов. ЦУЧС осуществляет координацию деятельности агентов. Структура мультиагентной системы представлена на рис. 10.3 как в виде многосвязной системы (см. рис. 10.3, а), так и в виде двухуровневой системы (см. рис. 10.3, б). В общем случае некоторые агенты могут взаимодействовать временно друг с другом, образуя коалиционные структуры.

В СОУ ЧС железнодорожного транспорта в качестве коалиционных организационных структур, образованных агентами, высту-

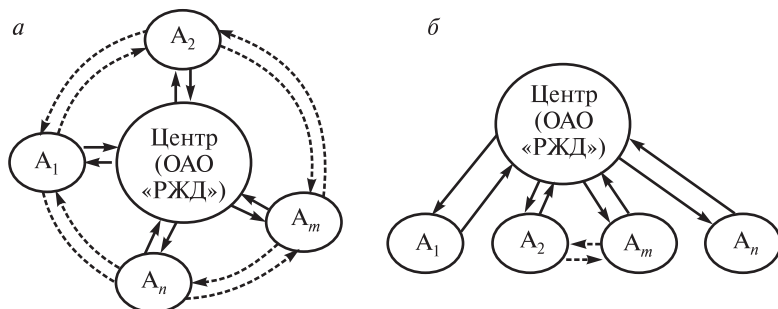


Рис. 10.3. Структура мультиагентной системы на примере ОАО «РЖД»: а — многосвязная система; б — двухуровневая система

пают ФП, а в качестве главного агента — ЦУЧС ОАО «РЖД». Среди коалиционных структур агентов, участвующих непосредственно в ликвидации ЧС, можно выделить следующие ФП:

- 1) по спасению людей и материальных ценностей;
- 2) по ликвидации источника ЧС;
- 3) по оказанию медицинской помощи пострадавшим в результате ЧС;
- 4) по эвакуации населения и материальных ценностей;
- 5) по охране и обеспечению правового порядка на территории ЧС;
- 6) по материально-техническому обеспечению деятельности ФП;
- 7) по строительству временных сооружений (дамб, плотин, больниц и т.д.);
- 8) по разведке состояния зон разрушения и возможного возникновения новых очагов опасности;
- 9) по обеспечению различных видов контроля: экологического, эпидемиологического, ветеринарного;
- 10) по обеспечению ЦУКС оперативной информацией о состоянии и развитии ЧС, о возникших потребностях в ресурсах;
- 11) по поддержанию оперативной связи с другими ФП;
- 12) по поддержанию морально-психологического состояния ликвидаторов и населения.

В случае ликвидации крупномасштабных ЧС в состав ФП компании входят мобильные оперативные группы (МОГ) (рис. 10.4).

Представим управление ликвидаций ЧС как целенаправленные действия, которые выполняют мобильные оперативные группы.

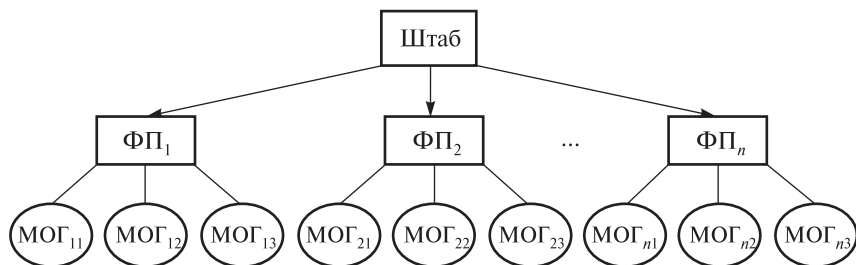


Рис. 10.4. Мультиагентная система управления ЧС на железнодорожном транспорте

Эти действия состоят из сбора информации о развитии ЧС, объеме, характере и сроках проведения необходимых работ по ликвидации ЧС, ресурсах, планировании и распределении этих работ, принятии решений по управлению, доведению информации до всех МОГ и контроль за реализацией принятых решений.

Специфика ЧС на железнодорожном транспорте заключается в их быстротекучести, что требует выработки особых требований к организации управления МОГ и ФП. Наиболее важные из них:

- необходимость наличия эффективной системы обнаружения угрозы и факта возникновения ЧС;

- четкость координации и управления действиями всех МОГ и техническими средствами, особенно на первых этапах развития БП ЧС;

- использование эффективной технологии выполнения работ, направленной на сбережение ресурсов, быструю локализацию ЧС или защиту населения и потенциально опасных объектов;

- оперативность как способность немедленно приступить к ликвидации ЧС и локализации источников ЧС, а также к проведению поисково-спасательных работ;

- наличие единой разветвленной сети связи и оповещения в зонах возможных ЧС на основе как стационарных, так и передвижных средств связи;

- наличие в ФП и МОГ специалистов по работе с личным составом, обеспечивающих контроль морально-психологического состояния ликвидаторов и местного населения;

- наличие мобильных транспортных средств и средств оказания первой помощи;

- наличие МОГ, отвечающей за охрану мест, из которых эвакуировано население;

- наличие у ликвидаторов эффективных средств индивидуальной защиты и возможность их использования.

Управление ЧС на железнодорожном транспорте как сложным динамическим объектом требует создания гибких управленческих структур.

Особенностью системы оперативного управления ЧС является то, что под командованием руководителя ФП из МОГ могут образовываться различные управленческие структуры. Эффективность и возможность каждой из структур может быть оценена заранее

с помощью компьютерного моделирования для различных реально возможных ситуаций. Это дает принципиальную возможность повышения эффективности информационной системы поддержки принятия решений также и в ходе ликвидации ЧС за счет оперативного проведения расчетов на основе реальных параметров развития ЧС.

Рассмотрим структуры мультиагентной СОУ в условиях ЧС на железнодорожном транспорте (рис. 10.5).

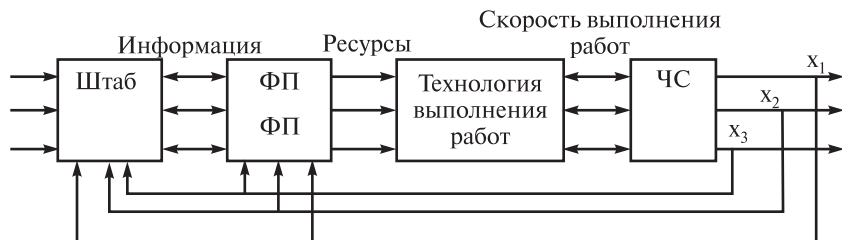


Рис. 10.5. Структура мультиагентной СОУ ЧС

Видно, что в модели реализован принцип распараллеливания процесса выполнения функций по управлению и ликвидации ЧС. Реализация этого принципа позволяет значительно повысить эффективность системы управления, сократить время на достижение заданной цели.

Выполним декомпозицию всего объема работ (действий, операций, функций), который должна выполнять система.

Декомпозиция предполагает «разбиение» на множество отдельных более мелких работ (операций, функций), каждая из которых требует использования одной и той же технологии, т.е. способов, приемов, техники, оборудования, специалистов и т.д. Будем считать, что выполнение полного объема работ обеспечивает достижение поставленной цели. Для выполнения этих работ также требуется некоторый объем ресурсов, который должен быть распределен между множеством отдельных работ. Здесь ЧС рассматривается как технологический объект управления.

Таким образом, в приведенном функционально-технологическом подходе осуществляется переход от одного объекта управления (чрезвычайной ситуации) к другому объекту (объему работ, функций, действий). Безусловно, содержание, динамические свойства

и отдельные характеристики этих объектов различны, но все же между ними существует прямая зависимость, которая устанавливается эмпирическим путем. Поэтому эти объекты управления прием условно-эквивалентными. Данный методологический подход применим и для организации оперативного управления процессом ликвидации последствий ЧС на железнодорожном транспорте.

Сочетание мультиагентного и функционально-технологического подходов организации управления в ЧС на железнодорожном транспорте позволяет создавать высокоэффективную систему оперативного управления. При этом ФП, как активные агенты, выполняют множество работ, в исполнении которых они специализировались.

Рассмотрим объединение мультиагентного и функционально-технологического подходов в единую, системную модель — пирамиду, состоящую из множества триад (рис. 10.6).

Необходимо учесть, что каждая из триад выступает в качестве базового элемента системы.

Выделим основные элементы для построения системы: C , A , H , F , R , V , T_x .

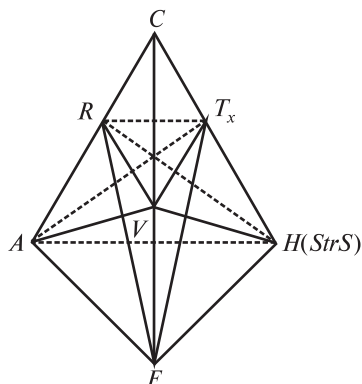


Рис. 10.6. Системная модель ликвидации ЧС на основе сочетания мультиагентного и функционально-технологического подходов:

C — множество целей, связанных с ликвидацией БПЧС; A — множество агентов, участвующих в ликвидации ЧС; $H(StrS)$ — множество связей между агентами, образующих множество оргструктур; F — множество функций, выполняемых агентами в рамках образованных оргструктур; R — множество ресурсов, предназначенных для ликвидации ЧС; V — множество объемов работ, необходимых для ликвидации ЧС; T_x — множество технологий выполнения работ по ликвидации ЧС

Приведенные элементы образуют модель системы ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте.

Для построения системной модели были выделены семь основных элементов: эти элементы образуют модель системы ликвидации ЧС: $S = \{C, A, H, F, R, V, T_x\}$.

Из этого множества элементов

$$C_7^3 = \frac{7!}{3!4!} = 35$$

неповторяющихся триад как отдельных подсистем, отражающих те или иные свойства системы ликвидации ЧС (рис. 10.7).

Триады группы *A* отражают роль агентов в формировании свойств системы. Триада *ARC* требует согласования множества целей с множеством располагаемых ресурсов и профессиональным уровнем агентов.

Триада *ARV* отражает ту же проблему, только здесь множество целей отражено на множество конкретных объемов выполняемых работ. Эта триада предполагает решение таких задач, как подбор высококвалифицированных ликвидаторов — спасателей, их умение работать с современной техникой в сложных условиях ЧС, а также проведение анализа структуры ресурсов для выполнения намеченных работ.

Группа *A*

<i>ARC</i>	<i>AFC</i>	<i>AHC</i>	<i>AVC</i>	<i>AT_xC</i>
<i>ARV</i>	<i>AFV</i>	<i>AHV</i>	<i>AVT_x</i>	—
<i>ARF</i>	<i>AFT_x</i>	<i>AHT_x</i>	—	—
<i>ART_x</i>	<i>AFH</i>	—	—	—
<i>ARH</i>	—	—	—	—

Группа *C*

<i>FCV</i>	<i>FVT_x</i>	<i>FT_xH</i>
<i>FCT_x</i>	<i>FVH</i>	
<i>FCH</i>	—	

Группа *E*

<i>CHV</i>

Группа *B*

<i>RCV</i>	<i>RVF</i>	<i>RFT_x</i>	<i>RT_xH</i>
<i>RCF</i>	<i>RVT_x</i>	<i>RFT</i>	—
<i>RCT_x</i>	<i>RHV</i>	—	—
<i>RCH</i>	—	—	—

Группа *D*

<i>T_xVC</i>	<i>T_xCH</i>
<i>T_xVH</i>	—

Рис. 10.7. Триады системной модели

Триада *ARF* требует согласования множества ресурсов и профессионального уровня агентов с множеством выполняемых функций, которые эквивалентны поставленным целям и планируемым объемам работ.

Триада *ART_x* предполагает, что множество агентов должно знать и уметь использовать множество технологий, в том числе ресурсосберегающих.

Триада *ARH* предполагает согласование множества агентов и образованных ими оргструктур с множеством используемых ресурсов.

Триады *AFC*, *AFV*, *AFT_x* требуют согласования знаний и умений множества агентов с множеством выполняемых функций, множеством поставленных целей, планируемых объемов работ и используемых технологий.

Триада *AFH* предполагает согласование множества оргструктур, образованных множеством агентов, с множеством выполняемых функций, так как сложная функция может быть реализована только в определенном классе оргструктур.

Триады *AHC*, *AHV*, *AHT_x* требуют также согласования множества образованных агентами структур с намеченным множеством целей, планируемых работ и используемых технологий.

Триады *AVC*, *AVT_x*, *AT_xC* требуют согласования знаний и умений множества агентов с множествами выполняемых работ, используемых технологий и поставленных множеством целей.

Триады группы *B* раскрывают роль ресурсного обеспечения в формировании свойств системы. Триады этой группы ориентируют на ресурсное согласование множеств целей, объемов работ, используемых технологий и оргструктур как по номенклатуре, так и по объему. При этом предпочтение отдается ресурсосберегающим технологиям, так как только они могут обеспечить высокую эффективность выполнения работ по ликвидации ЧС.

Триады группы *C* требуют согласования множества выполняемых функций с множеством целей, объемов работ, технологий и оргструктур.

Триады группы *D* ориентируют на согласование множества технологий с множеством целей, выполняемых работ и оргструктур.

Триада *CHV* требует согласования множества целей с множеством объемов работ и оргструктур, выполняющих эти работы.

Приведенная системная модель учитывает множество организационных проблем, связанных с ликвидацией ЧС на железнодорожном транспорте.

Рассмотрим методологический подход к взаимодействию центра ЖТСЧС с ФП ОАО «РЖД».

Это взаимодействие можно охарактеризовать следующими положениями:

1) ЖТСЧС управляет ФП как активными агентами путем планирования и распределения ресурсов и темпов их поставок между ФП по их запросам;

2) ЖТСЧС обеспечивает доставку ресурсов и определяет территорию деятельности ФП;

3) ФП реализуют выданные ресурсы на выполнение запланированного объема работ с максимальной эффективностью и дают информацию о затраченных ресурсах, после чего выполняют новый запрос.

Естественно, что каждое ФП ОАО «РЖД» самостоятельно определяет для себя запросы в ЖТСЧС по плановым темпам расхода ресурсов, учитывая темпы ликвидации ЧС, темпы нарастания угрозы, располагаемый объем ресурсов.

Каждое ФП ОАО «РЖД» использует вполне определенные типы ресурсов: трудовые (ликвидаторы, спасатели), материальные, технические, технологические, топливно-энергетические и др. Иногда в реальных условиях на железнодорожном транспорте расход отдельных ресурсов на ликвидацию ЧС может превышать запланированный, т.е. ресурсы будут расходоваться неэффективно. Для ЖТСЧС важно спрогнозировать эту ситуацию и в любой момент времени точно знать, какие и в каком объеме ресурсы израсходовало любое из ФП ОАО «РЖД» при ликвидации ЧС. При этом необходимо учесть особенность протекания процессов управления в условиях динамических многоочаговых ЧС на железнодорожном транспорте — неопределенность эффективности используемых ресурсов по отношению к конечному результату, скорости, направления развития ЧС, характера последствий от ошибочности управленческих решений. В этих условиях важное значение приобретают задачи планирования темпов расходования ресурсов.

Рассмотрим отдельные этапы взаимодействия ЖТСЧС с ФП ОАО «РЖД».

Например, над ликвидацией ЧС трудятся n ФП ОАО «РЖД», которые выполняют n объемов работ $\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ соответствующими темпами. При этом для работы ФП компании планируется использовать m видов ресурсов $\{R_1^0, R_2^0, \dots, R_m^0\}$, которые поставляются тоже соответствующими темпами. Рассмотрим для ЖТСЧС возможность создания системы оперативной поддержки темпов выполнения работ ФП ОАО «РЖД» за счет корректировки темпов расхода ресурсов, что весьма актуально для координации действий ФП на уровне планирования. При этом темп расходования ресурсов определяет скорость выполняемых работ, а их эффективность — темп ликвидации ЧС.

Представим уравнение для плановых темпов выполнения работ в матрично-векторной форме:

$$\dot{V}^0 = A\dot{R}^0, \quad (10.1)$$

где $A = [\alpha_{ij}]$ — матрица коэффициентов плановых темпов поставки m видов ресурсов для выполнения n типов работ;

$\dot{V}^0, \dot{R}^0$ — матрицы плановых темпов выполнения работ и поставки ресурсов соответственно.

Деятельность ФП компании при ликвидации ЧС должна стремиться к выполнению условия (10.1). Кроме того, должно обеспечиваться точное поддержание темпов доставки ресурсов к ФП, т.е. справедливо обратное соотношение:

$$\dot{R}^0 = A^{-1}\dot{V}^0. \quad (10.2)$$

Реальный же темп выполнения работ определится так:

$$\dot{V}^0 = B\dot{R}^0,$$

где $B = [\beta_{ij}]_{n \times m}$ — матрица коэффициентов фактических темпов выполнения работ, учитывающая эффективность используемой технологии поддержания темпов;

$\dot{V}$ — фактический темп выполнения работ.

В ЧС достаточно часто фактический темп выполнения работ ниже запланированного, т.е. $\dot{V}^0 > \dot{V}$, что объясняется рядом причин: не всегда высокая эффективность используемой технологии выполнения работ, технологического оборудования; слабая организация работ и др. По этой причине имеет место неравенство $B < A$, т.е. для выполнения работ запланированным темпом требуется более высокий темп поставки ресурсов.

Именно по этой причине создаваемая система управления должна предусматривать и возможность выработки дополнительных плановых темпов поставки ресурсов $\Delta \dot{R}_\Pi^0$, что можно, например, осуществить пропорционально неосуществленным темпам выполнения работ.

Уравнение для дополнительных плановых темпов ресурсов примет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \dot{V} &= A(\dot{R}^0 + \Delta \dot{R}_\Pi^0); \\ \Delta \dot{R} &= CE \dot{v}; \\ E \dot{v} &= \dot{V}^0 - \dot{V}, \end{aligned} \right\} \quad (10.3)$$

где $C = [c_{vj}]$ — вектор располагаемых (имеющихся) у штаба объемов всех видов ресурсов.

На рис. 10.8 приведена структурная схема поддержания плановых темпов выполнения работ.

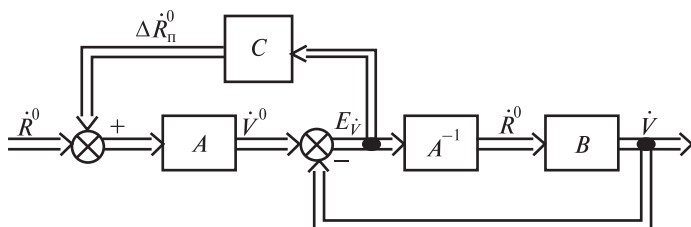


Рис. 10.8. Система поддержания плановых темпов выполнения работ по возникшему отклонению E_v

Необходимо определить матрицу коэффициентов с учетом выполнения условия (10.2). Обозначим передаточную функцию как $\Phi(S) = \frac{\dot{V}}{\dot{V}^0}$ и приравняем ее к матрице A , тем самым получив выражение для матрицы C :

$$C = A^{-1}, \quad (10.4)$$

откуда:

$$V = AR^0 = V^0. \quad (10.5)$$

При анализе приведенных зависимостей видно, что имеет место пропорциональное отставание фактических темпов $\dot{V}(t)$ от пла-

новых $\dot{V}^0(t)$. При этом запрос ФП компании, равный отставанию, центр управления удовлетворяет полностью.

Поэтому необходимо разработать систему поддержания плановых темпов, основанную на гибридном принципе (рис. 10.9).

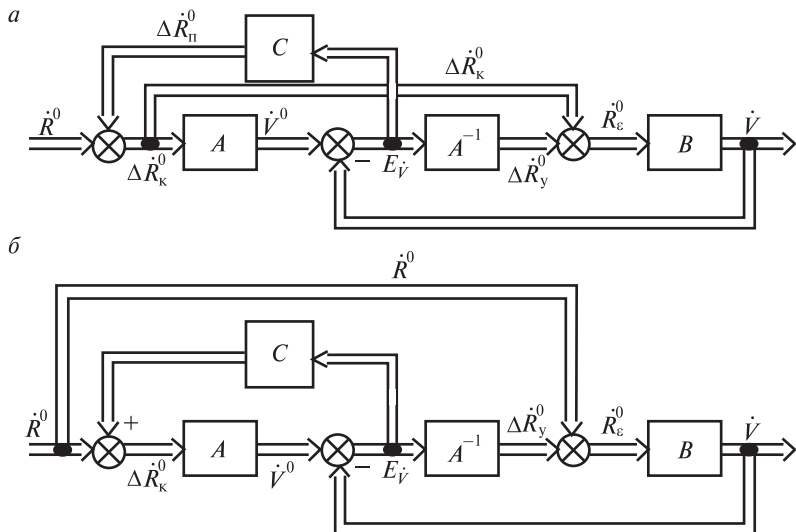


Рис. 10.9. Системы поддержания плановых темпов, построенные по гибридному принципу

Определим матрицу числовых коэффициентов для этих структур из условия обеспечения равенства (10.3).

Для системы (случай *a*) матрица будет равна:

$$C = [A - B]^{-1} [I + (BA^{-1})^2]. \quad (10.6)$$

Для системы (случай *б*) примет вид:

$$C = A^{-1} [I + (BA^{-1})^2]. \quad (10.7)$$

При полученных значениях матрицы C в том и другом случае обеспечивается поддержание требуемых темпов выполнения работ ($V = AR^0$).

Приведем динамическую модель системы поддержания плановых темпов, учитывающую динамику выполнения работ, транспортировку ресурсов и осуществление заказов на ресурсы (рис. 10.10).

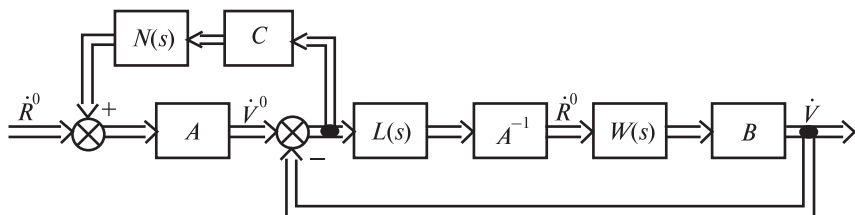


Рис. 10.10. Динамическая модель системы поддержания плановых темпов

Основными элементами системы являются матричная передаточная функция (МПФ) выполнения работ ФП — $W(s)$ с темпом $\dot{V}(t)$ при темпе переработки ресурсов $\dot{R}^0(t)$; $L(s)$ — МПФ транспортировки ресурсов к месту ликвидации ЧС; $N(s)$ — МПФ поступления запросов на корректировку плановых темпов доставки ресурсов с учетом фактического темпа их расходования.

Технические требования к динамическим параметрам МПФ $W(s)$, $L(s)$, $N(s)$ можно свести к согласованию плановых и фактических темпов расхода ресурсов из условия обеспечения устойчивого функционирования системы в целом (матрицы A и B).

Работоспособность данной модели можно рассмотреть на примере взаимодействия ЖТСЧС и деятельности ФП ОАО «РЖД» по поддержанию темпа работ $\dot{V}$ при темпе расхода ресурса $\dot{R}^0$. Принципиальная схема этой системы представлена на рис. 10.11.

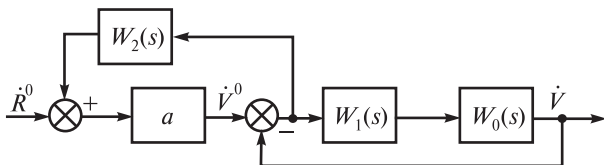


Рис. 10.11. Динамическая модель деятельности ФП

Характеристическая функция для системы будет иметь вид:

$$D(s) = 1 + W_1(s)W_0(s) - aW_2(s).$$

Учитывая значения передаточных функций и равенство $ak_2 = 1$, характеристическое уравнение системы примет вид:

$$T_1 T_0 T_2 s^3 + (T_1 + T_0) T_2 s^2 + T_2 (1 + k_1 b) s + k_1 b = 0. \quad (10.8)$$

Воспользуемся условием устойчивости по Гурвицу и запишем уравнение как

$$T_2^2(T_1 + T_0)(1 + k_1 b) > k_1 b T_1 T_0 T_2.$$

Отсюда получим следующее неравенство:

$$T_2 \left(\frac{1}{T_0} + \frac{1}{T_1} \right) > \frac{b}{a+b}, \quad (10.9)$$

определяющее условия согласования динамических параметров с темпами реализации ресурсов. В пределе при $b = a$ получим:

$$\frac{1}{T_0} + \frac{1}{T_1} > \frac{0,5}{T_2}.$$

При автономном действии ФП ОАО «РЖД» запрос ресурсов и поддержание необходимых темпов выполнения работ по ликвидации ЧС производятся обособленно (компактно) и матрицы A , B , C будут диагональными.

В случае взаимосвязанного распределения темпов и ресурсов для ликвидации ЧС ФП компании задача ЖТСЧС усложняется. Рассмотрим данную проблему на примере планирования для двух ФП ОАО «РЖД» (рис. 10.12).

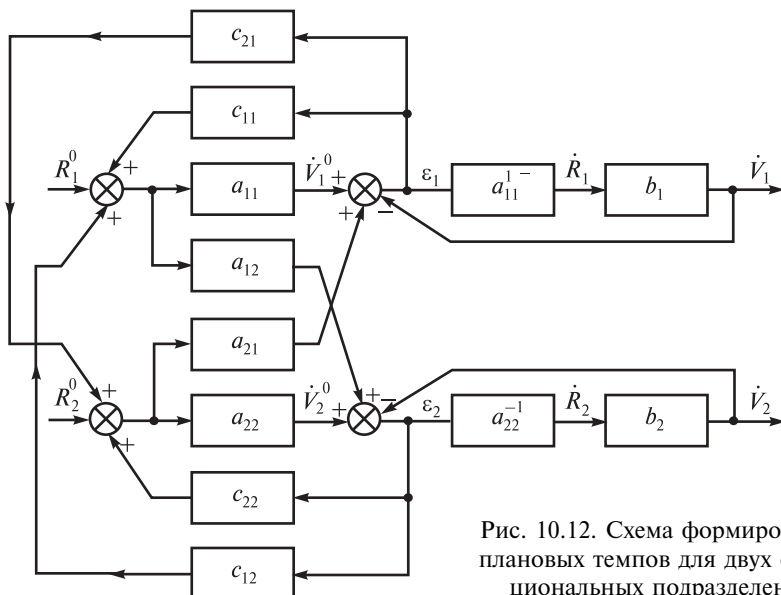


Рис. 10.12. Схема формирования плановых темпов для двух функциональных подразделений

Заметим, что формирование скорректированных плановых темпов возможно по двум запросам, пропорциональным отклонениям фактических темпов от плановых для двух ФП компании. Соответственно и распределение плановых скорректированных темпов также идет на два ФП.

В случае выполнения для коэффициентов a_{ij} и c_{ij} условия (10.9) ФП компании будут функционировать в «коллективе» так же, как они функционировали автономно.

Проведенные исследования подтверждают, что в реальных условиях ЧС необходимо осуществлять регулирование темпов выполнения работ различными подразделениями ОАО «РЖД» на уровне их планирования.

Предлагаемое планирование расходования ресурсов и рациональная организация выполнения работ значительно повысят темпы восстановительных работ при ликвидации ЧС.

В практической деятельности заинтересованных служб, принимающих участие в обеспечении комплексной безопасности и устойчивости объектов железнодорожного транспорта, должно уделяться внимание оперативному мониторингу возникновения и развития потенциально возможных ЧС и всесторонней оценке трудоемкости восстановительных работ, что в настоящее время практически отсутствует.

10.3. Динамическая модель взаимодействия функциональных подразделений как самоуправляемых агентов

Важнейшим элементом в динамической модели является ФП в качестве активного агента системы. Кроме того, ФП является и самоуправляемым агентом, так как самостоятельно формирует, исполняет и контролирует свои действия по реализации ресурсов, направленных на выполнение намеченного объема работ по ликвидации последствий от ЧС на железнодорожном транспорте.

Здесь ЧС на железнодорожном транспорте как объект управления трансформирован в некоторый объем работ, после выполнения которого ЧС должна перейти в желаемую ситуацию. Само ФП как автономный самоуправляемый агент представляет собой систему управления, состоящую из таких элементов, как планирующий (ПЭ), прямого управления (ЭПУ), управляющий (УЭ), исполняющий (ИЭ),

анализирующий и информирующий (АИЭ). Структура СОУ процессом выполнения работ в ФП строится по комбинированному принципу: сочетание прямого управления с замкнутым управлением по принципу обратной связи (рис. 10.13).

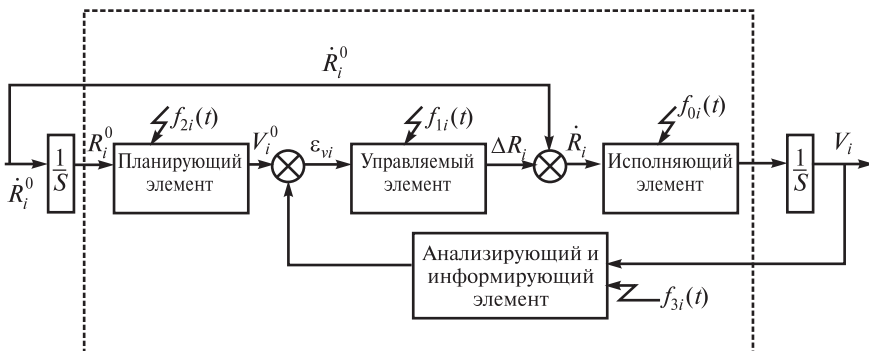


Рис. 10.13. Структура функционального подразделения (ФП) как самоуправляемого активного агента

Обозначим через R_i^0 , R_i , ΔR_i плановый, фактический и дополнительный темпы расхода ресурсов. Если бы элементы (агенты) системы не обладали инерционными свойствами, а сама система не испытывала возмущения $f_{1i}(t)$ со стороны внешней среды, то намеченный объем работ осуществлялся бы строго по плану, т.е. $V_i = V_i^0(t)$ при плановом расходе ресурсов $R_i^0(t)$. Однако в силу указанных причин всегда существует некоторое отклонение $\epsilon_{vi}(t)$ между плановым и текущим объемом работ. Поэтому в СОУ существует канал обратной связи, в котором управляющий элемент (УЭ) корректирует плановый расход ресурсов R_i^0 в функции от отклонения $\epsilon_{vi}(t)$ с целью сохранения равенства $V_i = V_i^0(t)$. Планирующий элемент (агент) формирует плановый объем работ $V_i^0(t)$ и сроки его выполнения, а исполнительный элемент (агент), расходуя ресурсы, формирует темп $V_i(t)$ выполнения работ, а следовательно, и объем выполнения работ $V_i(t)$, направленный на изменение состояния ЧС в локальной зоне. ИЭ выступает как объект управления (ОУ), в котором реализуется технология и формируются темпы выполнения работ.

Представленная структура есть структура ФП как самоуправляемого активного агента. В качестве элементов-агентов здесь выступают как отдельные лица, так и группа людей, оснащенных соответствующими техническими средствами.

При построении динамической модели активного агента были сделаны следующие допущения:

- процесс выполнения объема работ считается непрерывным и его динамика может быть описана дифференциальными уравнениями;
- характер выполняемых работ может быть разнотипным, неоднородным, т.е. параметры и характеристики ИЭ могут меняться в процессе функционирования в широком диапазоне;
- на малом отрезке времени параметры ИЭ как объекта управления считаются неизменными;
- за технологическую подготовку фронта работ и за готовность технических и транспортных средств отвечают другие ФП, действиями которых руководит ЦУЧС;
- ФП строит свое управление таким образом, чтобы к заданному сроку выполнить намеченный (запланированный) объем работ, например, путем поддержания определенного темпа выполнения работ.

Рассмотрим процесс построения динамических моделей отдельных элементов ФП.

Построение модели начнем с модели элемента ИЭ как объекта управления, в качестве которого рассматривается технологический процесс выполнения определенного объема работ. При этом входной переменной является темп расхода ресурсов $\dot{R}(t)$ исполнительным элементом ФП, а выходной — темп $\dot{V}_i(t)$ и объем выполняемых работ $V_i(t)$. В общем случае «в малом» эти переменные для i -го ФП можно связать следующим дифференциальным уравнением:

$$T_{0i} \frac{d^2 V_i(t)}{dt^2} + \frac{dV_i(t)}{dt} = k_{0i} \left[T_i \frac{\dot{R}_i(t - \tau_i)}{dt} + R_i(t - \tau_i) \right] + f_{0i}(t), \quad (10.10)$$

где T_{0i} — постоянная времени, которая отражает инерционность перехода от одного темпа выполнения работ к другому;

T_i — постоянная времени, которая отражает такие характеристики деятельности ИЭ, как уровень профессионализма ликвидаторов, использования современных технологий и высокопроизводительного оборудования, уровень организации работ;

τ_i — чистое запаздывание во времени, связанное с временными затратами на анализ сложившейся ситуации, характера и эффективности выполняемых работ, на передислокацию людей и техники внутри локальной зоны;

k_{0i} — коэффициент, отражающий влияние темпов расхода ресурсов на выполнение работ;

$f_{0i}(t)$ — возмущающее воздействие на объект управления в виде различных факторов, мешающих выполнению работ (плохие природные условия, нехватка ресурсов, поломка техники, болезни и травмы людей и т.д.) и способствующих снижению темпа выполнения работ.

Отметим, что при переходе от одного типа работ к другому типу того же профиля, например, от расчистки дорог к разбору завалов, параметры (T_{0i} , T_i , τ_i , k_{0i}) объекта управления могут значительно измениться.

Применяя преобразование Лапласа к уравнению (10.10) при нулевых начальных условиях, получим оператор преобразования в виде передаточной функции:

$$W_{oi}(S) = \frac{k_{0i}(T_i S + 1)}{s(T_{0i} S + 1)} e^{-\tau_i S}. \quad (10.11)$$

Данную динамическую модель целесообразно разбить на две части, первая из которых будет представлять собой модель относительных темпов выполнения работ $\dot{V}_i$ (рис. 10.14).

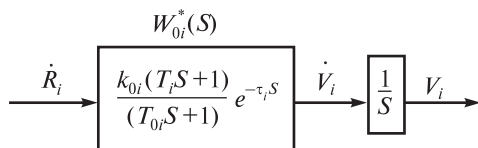


Рис. 10.14. Динамическая модель ИЭ как ОУ

Учитывая указанные выше допущения, коэффициент передачи анализирующего и информирующего элемента равен единице.

Динамическая модель управляющего элемента (УЭ) в форме передаточной функции имеет вид:

а) в случае астатического алгоритма управления:

$$W_{yi}(S) = \frac{k_{yi}(T_{yi} S + 1)}{s(\tau_{2i} S + 1)} e^{-\tau_{yi} S}; \quad (10.12)$$

б) в случае статического алгоритма управления:

$$W_{yi}(S) = \frac{k_{yi}(T_{yi}S + 1)}{\tau_{2i}S + 1} e^{-\tau_{yit}S}, \quad (10.13)$$

где τ_{2i} — постоянная времени, характеризующая инерционность принятия решения;

τ_{yi} — чистое временное запаздывание на принятие решения;

T_{yi} — постоянная времени, которая отражает уровень профессионализма организации работ по управлению, эффективность применения новых информационных технологий и технических средств, способствующих поддержке принятия решения;

k_{yi} — коэффициент, характеризующий чувствительность УЭ к отклонениям ε_{vi} , пропорционально которому формируется корректирующий темп расхода ресурсов.

На УЭ может действовать возмущение $f_{li}(t)$, характеризующее те внешние факторы, которые отрицательно влияют на процесс принятия решения (неполное и нечеткое представление о ЧС из-за нехватки оперативных данных, недостаточный опыт в управлении в условиях ЧС, различные возмущения психофизиологического характера).

Динамическая модель планирующего элемента отражает связь между плановым объемом работ $\dot{V}_i^0$, плановым объемом R_i^0 и темпом $\dot{R}_i$ расхода ресурсов и может быть представлена (в случае безынерционного планирования) в виде следующих уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \dot{V}_i^0 &= k_{ni} R_i^0, \\ R_i^0 &= \int \dot{R}_i^0 dt, \\ \dot{V}_i^0 &= k_{0i} \dot{R}_i^0, \end{aligned} \right\} \quad (10.14)$$

где k_{ni} — коэффициент планирования.

Динамический процесс оперативного планирования в общем случае лучше и полнее отражает передаточная функция вида:

$$W_{ni}(s) = \frac{\dot{V}_i^0}{R_i^0} = \frac{k_{ni}(T_{ni}S + 1)}{\tau_{li}S + 1} e^{-\tau_{ni}S}. \quad (10.15)$$

Отметим, что внутри этой системы может быть организована подсистема, отвечающая за поддержание заданного темпа $\dot{V}_i^0$ выполнения работ. На рис. 10.15 представлена структура этой подсистемы.

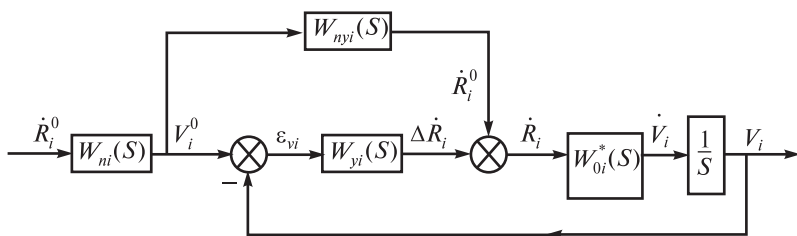


Рис. 10.15. Динамическая модель действий функционального подразделения (ФП) как самоуправляемого агента

мы. При этом предполагается, что плановый темп расходования ресурсов пропорционален плановому темпу выполнения работ $\dot{V}_i^0$:

$$V_i^0 = k_{ni} \dot{R}_i^0. \quad (10.16)$$

Динамическая модель подсистемы регулирования темпа выполнения работ представлена на рис. 10.16.

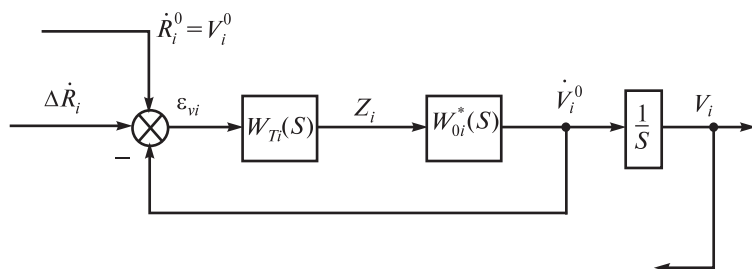


Рис. 10.16 Динамическая модель подсистемы регулирования темпа выполнения работ

Многообразие структур системы оперативного управления (СОУ) выполнением работ по ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте определяется используемыми принципами и целями управления.

Во всех СОУ используется комбинированный принцип управления, когда управление по разомкнутой схеме сочетается с управлением по принципу обратной связи. При этом в качестве целей управления могут выступать:

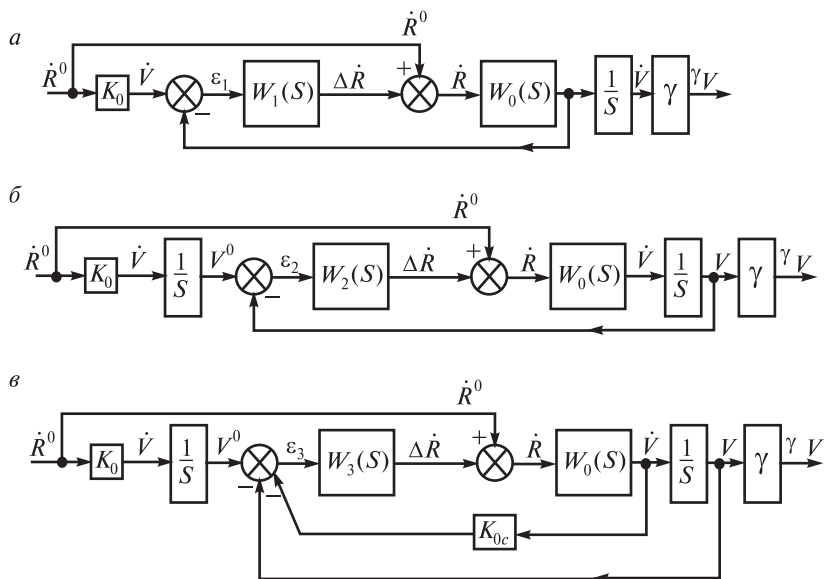


Рис. 10.17. Структурные схемы СОУ выполнением работ ФП по ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте:

a — поддержание заданных темпов $\dot{V}_0(t)$ выполнения работ; *б* — поддержание заданных объемов $V_0(t)$ выполнения работ; *в* — поддержание заданных объемов с учетом темпов $V(t)$ выполнения работ

а) поддержание заданных темпов $\dot{V}_0(t)$ выполнения работ (рис. 10.17, *a*);

б) поддержание заданных объемов $V_0(t)$ выполнения работ (рис. 10.17, *б*);

в) поддержание заданных объемов с учетом темпов $V_0(t)$ выполнения работ (рис. 10.17, *в*).

Приведенные динамические модели ФП как самоуправляемых агентов отражают такие важнейшие параметры, как инерционность действий, уровень профессионализма, наличие запаздывания в принятии решений, эффективность использования собственных ресурсов.

10.4. Моделирование динамических процессов при оперативном управлении ликвидацией чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте

Приведенные выше динамические модели оперативных действий функциональных подразделений ОАО «РЖД» по ликвидации ЧС позволяют методом моделирования оценить их эффективность при различных условиях ликвидации развивающейся ЧС.

Отметим, что любое из ФП должно в процессе взаимодействия выполнить определенный объем работ таким темпом, который гарантировал бы ликвидацию ЧС и не допустил бы возникновения катастрофической ситуации, сопровождаемой крупномасштабными потерями.

ФП при оперативном управлении в ЧС решает следующие задачи:

- не допустить ЧС до катастрофической ситуации;
- ликвидировать ЧС с минимально возможным ущербом;
- ликвидировать ЧС с минимальной степенью угрозы (с максимальной степенью безопасности).

Рассмотрим упрощенную линейную модель ликвидации ЧС. Она построена из уравнений (10.15) и (10.16) с сохранением их физического содержания и выявления самых существенных факторов.

Процесс развития ЧС описывается следующим уравнением:

$$\dot{x} = a_1 x - b_1 u + f_1(t) + x_0, \quad (10.17)$$

где a_1 — параметр, характеризующий динамику развития ЧС;

b_1 — параметр, характеризующий влияние на состояние ЧС управляющих воздействий по ликвидации ЧС;

x — темп нарастания ЧС;

x_0 — скорость.

Учитывая, что система оперативного управления состоит из трех подсистем (информационной подсистемы анализа ситуации, подсистемы принятия оперативного решения, исполнительной подсистемы), уравнение информационной подсистемы запишем в виде:

$$\dot{J} = \gamma_0(J_0, J_1, J_2, J_3, P, Y). \quad (10.18)$$

Оно несет информацию о текущем состоянии системы в целом.

Уравнение движения подсистемы принятия оперативного решения в общем виде можно записать следующим образом:

$$\dot{Z} = \mu(Z, P^0, P, F, X, X_0, Y), \quad (10.19)$$

где Z — множество управленческих решений по использованию располагаемых ресурсов.

Здесь функция $\mu(\cdot)$ выражает алгоритм управления в общем случае, когда имеется оперативная рабочая информация о состоянии обоих объектов, о воздействии факторов окружающей среды, о наносимом и допустимом ущербе.

Уравнение движения исполнительной подсистемы в общем случае имеет вид:

$$\dot{U} = \lambda(U, F, Z), \quad (10.20)$$

где F — множество факторов, мешающих (или способствующих) исполнению множества Z принятых управленческих решений;

λ — функция, выражающая алгоритм реализации (исполнения) принятых управленческих решений (команд) и характеризующая эффективность, в том числе точность этой реализации.

Состояние охранного объекта как объекта управления характеризуется темпом $\dot{Q}$ наносимого ущерба, который зависит от соотношения темпов нарастания ЧС и выполнения работ:

$$\dot{Q} = a_2 x - b_2 u, \quad (10.21)$$

где a_2 — параметр прямого ущерба, наносимого в результате ЧС;

b_2 — параметр, характеризующий влияние управляющих воздействий на уменьшение ущерба.

Принятие решения осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом:

$$\dot{z} = -a_3 z + b_4 \dot{Q} + b_5 x - \dot{Q}_0, \quad (10.22)$$

где z — координата принятия решения по темпу расхода ресурсов;

a_3 — параметр, характеризующий инерционность принятия решения;

b_4, b_5 — параметры, несущие информацию о темпе нарастания ущерба, о темпе развития ЧС соответственно;

$\dot{Q}_0$ — минимальный уровень допустимого темпа нарастания ущерба, чаще всего $\dot{Q}_0 = 0$.

В данной модели не учитывается инерционность и запаздывание в передаче информации о ЧС и ущербе.

Уравнение исполнительной системы принимает вид:

$$\dot{u} = -a_4 u + k_4 z + f_2(t), \quad (10.23)$$

где a_4 — параметр, характеризующий инерционность исполнения принятого решения по обеспечению требуемого темпа выполнения работ;

k_4 — параметр, характеризующий усиление принятого решения по темпам расхода ресурсов на выполнение работ;

$f_2(t)$ — внешние факторы, как способствующие, так и препятствующие исполнению принятого решения.

На рис. 10.18 рассмотрена структурная схема СОУ ликвидации ЧС. В этой схеме объектом управления является охранный объект, состояние которого характеризуется параметром Q . А сама ЧС в системе является неустойчивым элементом. Одной из главных задач исследования данного класса систем является обеспечение устойчивости. При этом система при действии внешних и управляющих факторов является устойчивой, если темп Q наносимого ущерба минимален или равен нулю. В этой структуре реализуется принцип управления процессом ликвидации ЧС по минимуму темпа нарастания ущерба с использованием информации о темпах развития ЧС.

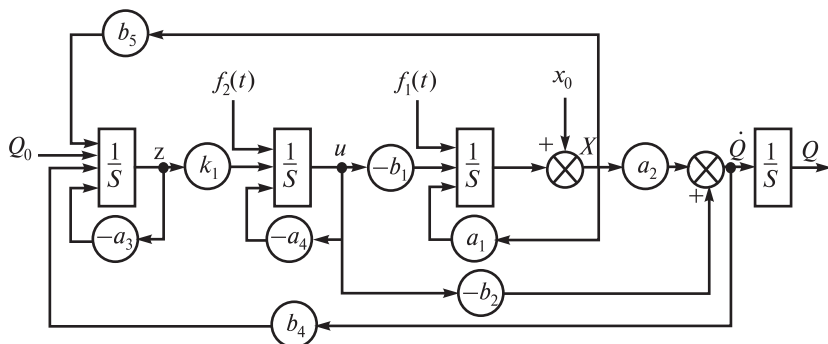


Рис. 10.18. Структурная схема системы управления ликвидацией ЧС

Проведем анализ условия устойчивости для структуры, представленной на рис. 10.18. Для этого преобразуем данную структуру последовательно к видам, представленным на рис. 10.19.

Расшифруем приведенные элементы структуры:

$$W_0(s) = \frac{k_1 b_1}{s^3 + \lambda_1 s^2 + \lambda_2 s + \lambda_3}; \quad W_2(s) = \frac{b_2 s + \lambda_4}{b_1},$$

где

$$\lambda_1 = a_3 + a_4 - a_1; \quad \lambda_2 = a_3 a_4 - a_4 - a_1(a_3 + a_4);$$

$$\lambda_3 = k_1 b_1 b_5 - a_1 a_3 a_4; \quad \lambda_4 = a_2 b_1 - b_2 a_1.$$

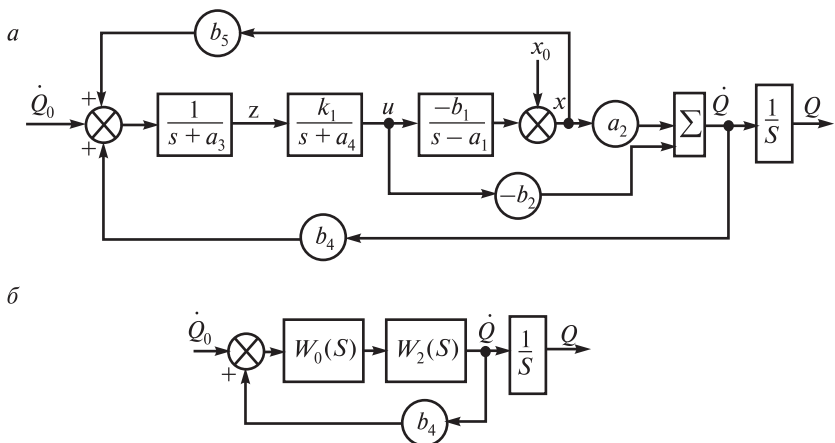


Рис. 10.19. Преобразование структуры СУ БП ЧС

Предварительно проанализируем устойчивость подсистемы с передаточной функцией $W_0(s)$. Для характеристического уравнения этой подсистемы

$$D_0(s) = s^3 + \lambda_1 s^2 + \lambda_2 s + \lambda_3 = 0 \quad (10.24)$$

должны соблюдаться следующие необходимые условия, связанные с положительностью его коэффициентов, т.е. $\lambda_i > 0$:

$$\begin{aligned} a_3 + a_4 &> a_1, \\ a_3 a_4 &> a_1(a_3 + a_4), \\ k_1 b_1 b_5 &> a_1 a_3 a_4. \end{aligned} \quad (10.25)$$

Кроме того, желательно, чтобы эта подсистема также была устойчива. Согласно Гурвицу это условие запишется так:

$$\lambda_1 \lambda_2 > \lambda_3 \quad (10.26)$$

или

$$(a_3 + a_4 - a_1)[a_3 a_4 - a_1(a_3 + a_4)] > k_1 b_1 b_5 - a_1 a_3 a_4.$$

Из данного условия установим ограничение на выбор коэффициента k_1 :

$$k_1 < \frac{(a_3 + a_4)[a_3 a_4 - a_1(a_3 + a_4) + a_1^2]}{b_1 b_5} = \frac{(a_3 + a_4)(\lambda_2 + a_1^2)}{b_1 b_5}.$$

Кроме того, желательно, чтобы параметры элемента с передаточной функцией $W_2(s) = b_2s + \lambda_4$ были положительными, т.е. $\lambda_4 > 0$. Отсюда должно выполняться условие:

$$a_2b_1 > b_2a_1. \quad (10.27)$$

Характеристическое уравнение системы в целом:

$$D(s) = 1 - (-W_0)W_2b_4 = 0. \quad (10.28)$$

В развернутом виде:

$$D(s) = s^3 + \lambda_1s^2 + \lambda_2s + \lambda_3 + k_1b_4(b_2s + \lambda_4) = 0,$$

или

$$D(s) = s^3 + c_1s^2 + c_2s + c_3 = 0, \quad (10.29)$$

где $c_1 = \lambda_1$;

$$c_2 = \lambda_2 + k_1b_2b_4;$$

$$c_3 = \lambda_3 + k_1b_4\lambda_4.$$

Рассмотрим задачу выбора параметра k_1 из условия обеспечения устойчивости системы в целом.

$$\begin{aligned} a_3 + a_4 &> a_1; \\ k_1b_2b_4 + a_3a_4 &> a_1(a_3 + a_4); \\ k_1b_1b_5 + k_1b_4\lambda_4 &> a_1a_3a_4; \\ b_1a_2 &> b_2a_1. \end{aligned} \quad (10.30)$$

Условие (10.28) выполняется при выполнении условий (10.25) и (10.27).

Условие устойчивости системы (10.30) определим как

$$c_1c_2 > c_3. \quad (10.31)$$

Необходимо определить, в каком диапазоне изменения коэффициента k_1 при заданных значениях других параметров система будет устойчива.

Из условия устойчивости системы получим:

$$\lambda_1(\lambda_2 + k_1b_2b_4) > kb_1b_5 - a_1a_3a_4 + k_1b_4\lambda_4.$$

Ограничение на выбор коэффициента k_1 примет вид:

$$k_1 < \frac{\lambda_1\lambda_2 + a_1a_3a_4}{b_1b_5 + b_4\lambda_4 - \lambda_1b_2b_4}. \quad (10.32)$$

Правая часть неравенства должна быть положительной. В противном случае в данной системе не может быть обеспечена устойчивость.

Для этого коэффициент обратной связи b_4 должен быть выбран из условия

$$b_1 b_5 + b_4 \lambda_4 > \lambda_1 b_2 b_4. \quad (10.33)$$

Отсюда

$$b_4 < \frac{b_1 b_5}{\lambda_1 b_2 - \lambda_4}, \quad (10.34)$$

или

$$b_4 < \frac{b_1 b_5}{(a_3 + a_4) b_2 - a_2 b_1}. \quad (10.35)$$

Поэтому для устойчивости системы в целом необходимо согласовать выбор коэффициентов k_1 и b_4 .

Рассмотрим работоспособность разработанной модели. Заданы следующие значения для параметров ЧС и СОУ:

$$a_1 = 0,2; a_2 = 2; a_3 = 5; a_4 = 2;$$

$$b_1 = 1,5; b_2 = 2; b_5 = 2.$$

Необходимо определить значения параметров k_1 и b_4 из условия устойчивости системы.

Проверим выполнение необходимых условий устойчивости согласно (10.25). В данном случае эти условия выполняются. Определим ограничение (10.35) на выбор коэффициента k_1 :

$$k_1 < \frac{(5+2)[(5 \cdot 2 - 0,2 \cdot 7) + 0,2^2]}{1,5 \cdot 2} = 20,16.$$

Определим ограничение (10.35) на выбор параметра b_4 из условия устойчивости системы в целом и положительности коэффициента k_1 :

$$b_4 < \frac{1,5 \cdot 2}{7 \cdot 2 - 1,5 \cdot 2} = 0,272.$$

Из данного условия выбираем параметр b_4 , например, $b_4 = 0,2$.

При выполнении условия (10.35) ограничение (10.30) на коэффициент k_1 будет более слабым, чем ограничение (10.26).

Поэтому предпочтительнее следующие параметры:

$$k_1 = 2; b_4 = 0,2.$$

На рис. 10.20 показаны переходные процессы в СОУ ЧС при данных и синтезированных значениях параметров системы при источнике $x_0(t)$ возникновения ЧС в виде импульсного сигнала.

СОУ способна ликвидировать возникшую ЧС за конечное время с некоторым ущербом. Будем считать процесс ликвидации законченным, когда темп нарастания ущерба равен нулю. Приведенная модель позволяет дать качественную картину ликвидации ЧС. Для количественной оценки необходимы данные, адекватные некоторой конкретной ЧС. В рассмотренном примере темп нарастания ЧС не ограничен. В реальности темп развития ЧС, каким бы большим он не был, всегда ограничен.

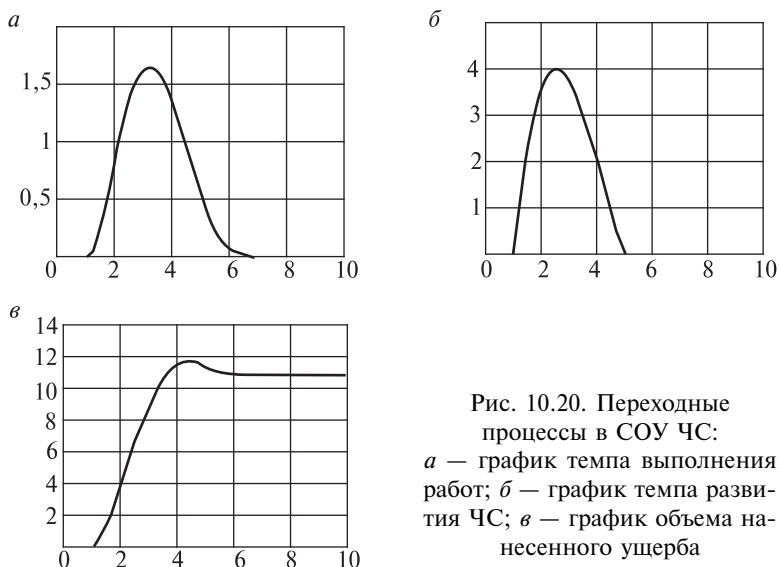


Рис. 10.20. Переходные процессы в СОУ ЧС:
a — график темпа выполнения работ; *б* — график темпа развития ЧС; *в* — график объема нанесенного ущерба

При оперативном управлении в ЧС, как правило, сочетают принципы управления по разомкнутой схеме и по обратной связи. Канал управления по разомкнутой схеме (канал прямого действия) реализует действия, предусмотренные инструкциями и правилами поведения ЧС и отражающими начальный план по ликвидации ЧС. На рис. 10.21 показана общая схема СОУ ликвидацией ЧС, реализующая три принципа управления: по разомкнутой схеме, по обратной связи и по возмущению.

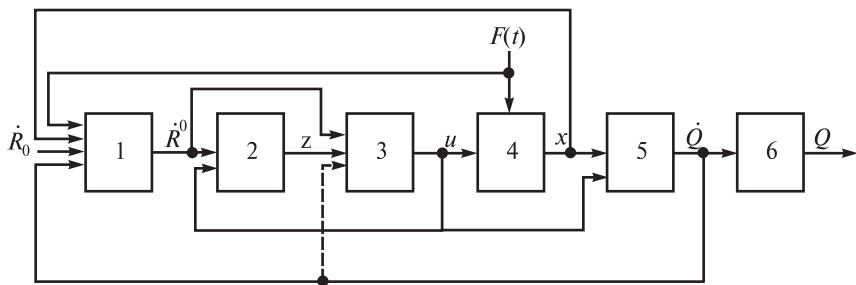


Рис. 10.21. Общая схема СОУ ЧС:

1 — блок планирования темпов выдачи ресурсов ($\dot{R}^0$); 2 — блок принятия управленческих решений; 3 — блок исполнительной подсистемы; 4 — блок развития БПЧС; 5 — блок расчета темпов наносимого ущерба; 6 — блок расчета объема нанесенного ущерба

Реализация приведенных трех принципов управления повышает эффективность СОУ ликвидацией ЧС.

В общем случае наносимый ущерб может носить не только количественный, но и качественный характер. При качественном характере ЧС может нанести ущерб используемым ресурсам (людям, техническим средствам), что снижает эффективность деятельности исполнительной подсистемы (функциональных подразделений). Это влияние в виде отрицательной обратной связи показано пунктирной линией.

При построении СОУ ликвидацией ЧС крайне важной является проблема учета психологических факторов на конечный результат управления.

Влияние этих факторов сказывается на искажении информации:

- при обработке информации (восприятии) о состоянии развивающейся ЧС;
- при формировании, принятии и передаче управляющих решений;
- при восприятии и исполнении этих решений.

В итоге формируются ошибки, связанные с неточной оценкой развивающейся ЧС, с принятием и исполнением управленческих решений. Это приводит к снижению эффективности процессов ликвидации ЧС, значительному увеличению наносимого ущерба.

Поэтому в модели СОУ ликвидацией ЧС между блоками принятия и исполнения решений, а также в информационных каналах должны стоять модели, имитирующие влияние психологических факторов на процесс оперативного управления. Эти модели представляют собой колебательные слабодемпфированные звенья вида

$$W_n(s) = \frac{1}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}, \quad (10.36)$$

где τ — постоянная времени восприятия команд (информации) исполнительной системой;

ξ — коэффициент внутреннего согласия с поступившей командой (информацией).

Для оценки устойчивости перевозочного процесса при ликвидации ЧС исследователями предложен оперативный критерий устойчивости — вероятность восстановления движения после ЧС в пределах допустимых отклонений от нормированного времени восстановления.

Установлено, что в специфичных условиях железнодорожного транспорта при ликвидации ЧС расход отдельных ресурсов может превышать запланированный расход, что является неэффективным. Одной из важнейших функций ЖТСЧС является прогнозирование ситуации ЧС и мониторинг объема необходимых ресурсов для ликвидации, имеющихся в любом из функциональных подразделений ОАО «РЖД».

В этих условиях крайне важно учесть условия неопределенности (эффективность используемых ресурсов по отношению к конечному результату, скорость, направление развития ЧС, характер последствий от ошибочности управленческих решений), поэтому темпы расходования ресурсов должны быть тщательно проанализированы.

Таким образом, в данной главе рассмотрены отдельные этапы взаимодействия ЖТСЧС со структурными подразделениями компании и оценена реальная возможность создания системы оперативной поддержки темпов выполнения работ функциональными подразделениями ОАО «РЖД»; выявлено, что темп расходования ресурсов определяет скорость выполняемых работ, а их эффективность — темп ликвидации ЧС.

Глава 11. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

11.1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ

Доминирующую роль в определении состояния безопасности человека и экологии на железнодорожном транспорте играет перевозка опасных грузов. На железнодорожном транспорте происходят тысячи инцидентов с опасными грузами: утечки нефтепродуктов, химических, ядовитых и других вредных веществ, представляющих угрозу для безопасности человека и окружающей природной среды.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Положения настоящего Федерального закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

К организациям, осуществляющим деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, относятся организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты, а также организации, занимающиеся проектированием, строительством, расширением, реконструкцией, техническим перевооружением, консервацией и ликвидацией опасных производственных объектов; экспертизой промышленной безопасности; изготовлением, монтажом, наладкой, обслуживанием и ремонтом тех-

нических устройств, применяемых на опасных производственных объектах; подготовкой работников опасных производственных объектов в области промышленной безопасности.

11.2. Организация и осуществление государственного надзора за соблюдением требований безопасности при транспортировании опасных веществ

Организация и ведение государственного надзора за соблюдением требований безопасности при транспортировании опасных веществ осуществляется в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Положением о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 г. № 401, Положением о надзорной и контрольной деятельности в системе Госгортехнадзора России (РД 04-354-00), Методическими указаниями о порядке проверки деятельности организаций, эксплуатирующих объекты транспортирования опасных веществ, утвержденными приказом Ростехнадзора от 8.11. 2007 г. № 759, другими законодательными и нормативными правовыми актами, а также с учетом практического опыта организации и осуществления государственного надзора за обеспечением безопасности при транспортировании опасных веществ.

Методические указания определяют вопросы и порядок проведения обследований предприятий, организаций (независимо от форм собственности) и объектов по выполнению ими требований промышленной безопасности при транспортировании опасных веществ.

В целях определения основных критериев безопасности при транспортировании опасных веществ в практике надзорной деятельности применяются следующие виды обследования: комплексные, целевые и оперативные.

Комплексному обследованию подлежат: крупные промышленные предприятия, транспортные компании, фирмы и другие организации, производящие, перерабатывающие, осуществляющие хранение и транспортирование опасных веществ.

При комплексном обследовании производится проверка выполнения руководителями и персоналом предприятия или организации

требований правил и норм промышленной безопасности при транспортировании опасных веществ железнодорожным и автомобильным транспортом, профилактической работы служб, отделов, их взаимодействия между собой, компетентности специалистов и работников основных профессий, непосредственно связанных с вопросами обеспечения промышленной безопасности при транспортировании опасных веществ, а также организаторской и координаторской работы руководителей по вопросам обеспечения безопасности.

Целевое обследование проводится для детальной проверки отдельных вопросов, связанных с транспортированием опасных веществ. Как правило, оно проводится для оценки основных критериев, определяющих безопасность транспортирования опасных веществ, но вместе с тем целевые обследования могут организовываться для выявления нарушений, которые потенциально могут привести к возникновению аварийных ситуаций и инцидентов с опасными веществами отдельных классов опасности.

При этом в обязательном порядке на предприятиях должны проводиться организационные и технические мероприятия по снижению степени риска от воздействия опасных факторов при возникновении аварийной ситуации на персонал, население, окружающую среду, а также осуществляться контроль за выполнением условий действия лицензий.

Оперативное обследование проводится с целью плановой проверки состояния безопасности на закреплённом за государственным инспектором предприятии, производстве или объекте и принятия оперативных мер по ликвидации нарушений требований промышленной безопасности.

Основной целью проведения обследований поднадзорных предприятий и объектов является оценка работы руководителей предприятий и организаций, а также служб ведомственного контроля, направленной на обеспечение безопасности при транспортировании опасных веществ. При этом на предприятиях и в организациях должны проверяться следующие вопросы:

- организация и эффективность осуществления ведомственного надзора за безопасностью при транспортировании опасных веществ;
- организация обучения, аттестации и проведение проверки знаний персонала, занятого транспортированием опасных веществ, проведение проверки знаний правил, норм и инструкций по технике

безопасности, у руководящих работников и специалистов предприятия;

- организация и эффективность производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;

- выполнение постановлений, приказов, указаний и директив вышестоящих органов, Ростехнадзора и их территориальных органов;

- выполнение ранее выданных должностными лицами Ростехнадзора распоряжений и предписаний.

Для оценки организации и эффективности осуществления ведомственного контроля за безопасностью транспортирования опасных веществ на промышленных предприятиях и предприятиях промышленного железнодорожного транспорта проверяются:

- наличие и выполнение ведомственного положения или другого нормативного документа (приказа руководителя предприятия), определяющего порядок организации и осуществления ведомственного контроля за обеспечением безопасности при транспортировании опасных веществ;

- наличие приказа о назначении лиц, ответственных за организацию транспортирования и проведение профилактической работы по обеспечению безопасности при транспортировании опасных веществ;

- выполнение годовых и квартальных мероприятий по соблюдению требований безопасности при транспортировании опасных веществ; количество и качество проводимых проверок, анализ выявленных нарушений требований промышленной безопасности и принятые меры по недопущению их повторения;

- качество проведения расследований аварийных ситуаций и инцидентов с опасными веществами, их учет, эффективность контроля за выполнением разработанных мероприятий;

- наличие и конкретика планов ликвидации аварийных ситуаций и инцидентов с опасными веществами.

Для оценки эффективности работы руководителей предприятий и служб ведомственного контроля предприятий, полноты отражения состояния безопасности при транспортировании опасных веществ, контроля за устранением нарушений по выданным ранее предписаниям при проведении комплексных, целевых и оперативных обследований, необходимо проводить выборочные натурные

проверки состояния технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте (предприятии).

При проведении выборочных натурных проверок необходимо обращать внимание на следующие вопросы:

- выполнение распоряжений по предприятию, планов, организационно-технических мероприятий;
- устранение нарушений, выявленных при предыдущих комиссионных проверках, технических ревизиях;
- выполнение должностных инструкций руководителями и персоналом, связанным с транспортированием опасных веществ и техническим обслуживанием технологического оборудования;
- выполнение ранее выданных предписаний должностными лицами Ростехнадзора;
- выполнение графика ремонта технологического оборудования;
- наличие на рабочих местах производственных инструкций по безопасному ведению работ. Наличие нормативно-технической документации, регламентирующей безопасное ведение работ, у руководителей и специалистов;
- наличие мероприятий по соблюдению требований промышленной безопасности;
- наличие заключения экспертизы промышленной безопасности;
- соблюдение периодичности аттестации постоянно действующей аттестационной комиссии и персонала предприятия;
- наличие перечня руководителей и персонала, подлежащих аттестации;
- наличие программ по обучению работников основных профессий, согласованных с территориальными органами Ростехнадзора. Ведение журналов по учету посещения занятий;
- проверка знаний правил безопасности и инструкций у руководителей, специалистов и рабочих;
- наличие на рабочих местах должностных инструкций, документации по классификации опасных грузов, выписок из правил безопасности и порядка ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами;
- порядок оповещения руководителей предприятий, работников смежных подразделений при возникновении аварийных ситуаций с опасными грузами (с учетом утечки токсичных веществ).

Оповещение населения, сотрудников, оказавшихся в опасной зоне. Порядок эвакуации.

11.3. Опасные грузы. Виды и классы опасности

Опасные грузы — это вещества и материалы, обладающие свойствами, проявление которых может привести к взрыву, пожару, гибели людей, травмированию, отравлению, облучению, заболеванию людей и животных, повреждению транспортных средств.

подавляющее большинство перевозимых железнодорожным транспортом опасных грузов являются веществами либо легковоспламеняющимися или горючими, либо способными при взаимном контакте самовозгораться. Некоторые из грузов являются взрывчатыми материалами. По этой причине наиболее частым видом опасности в перевозочном процессе грузов является пожарная опасность, которая в большинстве своем порождает загорание, взрыв, приводит к загазованности территории.

Документом, регламентирующим классификацию опасных грузов в Российской Федерации, служит Государственный стандарт — ГОСТ 19433-88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка».

Согласно данному ГОСТу опасные грузы разделяют на 9 классов:

1 класс — Взрывчатые материалы.

2 класс — Газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением.

3 класс — Легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ).

4 класс — Легковоспламеняющиеся твердые вещества. Самовозгорающиеся вещества. Вещества, образующие горючие газы при взаимодействии с водой.

5 класс — Окисляющие вещества. Органические пероксиды.

6 класс — Ядовитые вещества. Инфекционные вещества.

7 класс — Радиоактивные материалы.

8 класс — Едкие и коррозионные вещества.

9 класс — Опасные грузы, не вошедшие в классы 1—8.

Уровень безопасности при перевозке опасных грузов по железным дорогам базируется на оптимальном взаимодействии человека и техники. Персонал железных дорог должен хорошо знать не только Правила перевозки опасных грузов по железным дорогам, ГОСТы, но и свойства грузов, которые определяют их опасность.

Опасные грузы класса 1 — Взрывчатые материалы

Взрывчатые материалы (ВМ) — обобщенный термин, охватывающий понятия: взрывчатое вещество, взрывчатое изделие.

Взрывчатое вещество (ВВ) — химическое соединение (или смесь соединений), способное под воздействием внешнего импульса (удара, трения, накала, нагрева и др.) к взрывному превращению (взрыву).

Взрывчатое изделие — изделие, содержащее одно или несколько взрывчатых или пиротехнических веществ; это определение охватывает все виды боеприпасов.

Взрыв — это процесс быстрого, практически мгновенного освобождения большого количества энергии в ограниченном объеме с переходом ее из потенциальной формы в кинетическую. Химическое превращение ВВ может происходить в виде горения и детонации.

Детонация — особый тип химической реакции, возникающей при ударно-волновом возбуждении и представляющей собой процесс перемещения по ВВ с постоянной сверхзвуковой скоростью узкой зоны химической реакции с крутым скачком давления на фронте детонационной волны. Эта реакция протекает так быстро, что вся энергия, заключенная в ВВ, освобождается до того, как наступает сколько-нибудь заметное расширение образующихся продуктов детонации, которые занимают объем, близкий к объему исходного ВВ, в результате чего при взрыве развиваются огромное давление и высокая температура.

По форме химического превращения ВВ делятся на бризантные ВВ, метательные ВВ (пороха) и пиротехнические составы.

Бризантные взрывчатые вещества (БВВ). Форма превращения в конечные продукты — детонация. БВВ обладают большой скоростью детонации (до 8,5 км/с) и производят при взрыве местное дробление среды. Типичными представителями этого класса являются гексоген, октоген, тэн, тетрил, тротил, некоторые типы аммонитов и аммоналов. Широко используются в качестве БВВ смеси на основе нитратов, хлоратов и жидкого кислорода.

Бризантные взрывчатые вещества применяются для взрывных работ, а также в снарядах и других боеприпасах.

Пороха. К порохам относятся ВВ, представляющие собой многокомпонентные твердые взрывчатые смеси, способные к нормаль-

ному горению параллельными слоями с образованием большого количества газообразных продуктов, энергия которых используется для метания снарядов, движения ракет и в других целях. Горение протекает за счет собственного кислорода.

Скорость горения порохов зависит от начальной температуры, состава и давления.

Пиротехнические составы представляют собой механические смеси, предназначенные для снаряжения изделий в целях получения различных эффектов.

В военных целях применяются: осветительные пиротехнические составы, фотосмеси, трассирующие и сигнальные, зажигательные, а также дымовые пиротехнические составы.

В промышленности термитные пиротехнические составы используются для сварки рельсов, труб, электропроводов, а также при производстве различных сплавов.

Основой большинства пиротехнических составов являются двойные смеси окислителя с горючим. В высокотемпературных пиротехнических составах в качестве горючих компонентов используются магний, алюминий, реже титан, цирконий.

Температура горения пиротехнических составов — от 400 °С до 3500 °С. Скорость горения спрессованных пиротехнических составов составляет от 0,3 до 20 мм/с.

В табл. 11.1 представлены свойства некоторых взрывчатых веществ.

Таблица 11.1

Свойства некоторых взрывчатых веществ

Показатель	Гремучая ртуть	Азид свинца	Тетрил	ТЭН	Гексоген
Объем газов, л/кг	316	308	412	780	890
Температура взрыва, °С	4450	4200	3810	4080	3850
Давление при взрыве, кг/см	8800	7000	25 900	43 380	40 000
Плотность, г/см	3,5	4,6	1,0	1,0	1,5
Скорость детонации, м/с	5400	5200	7200	3200	8200
Температура вспышки, °С	165	327	192	220	203

Согласно ГОСТ 19433-88 класс 1 разделяется на подклассы:

1.1. Взрывчатые материалы с опасностью взрыва массой. Взрыв массой — это взрыв, который распространяется на весь груз взрывчатых веществ (на все упаковки, находящиеся в вагоне). Взрывчатые материалы подкласса 1.1 более опасны, чем вещества других подклассов по воздействию ударной волны. Радиусы опасных зон для данного подкласса составляют от 500 до 3000 м.

1.2. Взрывчатые материалы, не взрывающиеся массой. К этому подклассу относятся взрывчатые материалы, имеющие при взрыве опасность разбрасывания изделий и осколков. Радиус опасной зоны составляет от 200 до 1000 м.

1.3. Взрывчатые материалы пожароопасные, не взрывающиеся массой. Эти материалы характеризуются опасностью возгорания, при горении выделяют большое количество тепла. Радиусы опасных зон составляют от 50 до 800 м.

1.4. Взрывчатые материалы, не представляющие значительной опасности. Действие взрыва этих веществ ограничивается внутренним пространством транспортного средства или даже только упаковкой.

1.5. Очень нечувствительные взрывчатые материалы. При нормальных условиях перевозки таких веществ не должно произойти инициирования или перехода горения в детонацию. Эти вещества и изделия не должны взрываться в случае пожара снаружи транспортного средства. Радиус опасной зоны при происшествиях с грузами этого подкласса составляет 100 м.

1.6. Изделия чрезвычайно низкой чувствительности, не взрывающиеся массой. Считается, что последствия срабатывания изделия данного подкласса будут ограничены пространством самого изделия или его упаковки.

Опасные факторы для человека при авариях, связанных со взрывчатыми материалами. При взрыве ВМ на человека одновременно действуют следующие опасные факторы:

1. Ударная волна. Воздействие ударной волны на людей определяется быстрым повышением атмосферного давления (избыточное давление) во фронте взрывной волны, ее скоростным напором, зонной отрицательного давления, которая непосредственно следует за зоной избыточного давления.

Зона избыточного и отрицательного давления вызывает в теле человека волны мгновенного сжатия и расширения, скоростной напор в момент соприкосновения человека с ударной волной на стороне, обращенной к взрыву, производит резкий удар. В результате в тканях и органах человека происходят множественные разрывы, раздавливания, закрытые переломы, внутренние кровоизлияния, деформация органов грудной клетки, брюшной полости, повреждение головного мозга.

В табл. 11.2 представлена зависимость степени тяжести поражения человека от величины избыточного давления ударной волны.

Таблица 11.2

Зависимость степени тяжести поражения человека от величины избыточного давления ударной волны

Избыточное давление, кгс/см	Степень тяжести	Симптомы поражения
0,1—0,2	—	Шум в ушах, неприятные ощущения
0,2—0,4	Легкая	Ушибы, вывихи, временное нарушение слуха, легкая контузия. Потеря трудоспособности
0,4—0,6	Средней тяжести	Контузия средней тяжести, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, сильные вывихи конечностей. При отсутствии медицинской помощи возможен смертельный исход
0,6—1,0	Тяжелая	Тяжелая контузия, тяжелые переломы костей и сильные кровотечения из носа и ушей
1,0 и выше	Крайне тяжелая	Вызывает смертельный исход

2. Осколки и обломки зданий, упаковок, вагонов, строительных конструкций и т.п., разлетающихся в зоне взрыва с большой скоростью.

3. Сильнодействующие ядовитые газы, образующиеся при горении и при взрыве ВВ (окись углерода, окислы азота, цианистый водород, оксид фосфора и др.).

4. Пламя (форс пламени в виде узкого высокотемпературного потока или направленного во все стороны огненного шара) — газовый объем, в котором происходит сгорание горючей смеси. Температура пламени составляет 2500—3000 °С.

При аварийных ситуациях, связанных с пожарами, ВМ ведут себя по-разному. Бризантные ВВ, находящиеся в упаковке, в условиях пожара детонируют, как правило, одновременно (взрыв общей массой).

При горении пиротехнических составов выделяется большое количество тепла. Это способствует быстрому разрушению негорючих защитных контейнеров, огнепреграждающих перегородок и распространению пожара на соседние вагоны. Детонация, как правило, отсутствует.

Поведение заряженных изделий при аварии и пожаре определяется в основном их назначением. При этом авиационные и артиллерийские снаряды в начале пожара взрываются по одному, а после прогрева — группами, а затем и виде массового взрыва. Бомбы, морские мины и торпеды детонируют практически одновременно.

Исходя из опасных свойств ВМ и их воздействия на человека и окружающую среду правила перевозки должны предложить такие условия, которые позволили бы избежать проявления опасных свойств в период всего перевозочного процесса (погрузка, выгрузка, перевозка и хранение) и при которых опасные свойства не должны проявиться при аварийных ситуациях.

Обеспечение безопасности обуславливается соответствующей упаковкой, правильной погрузкой груза в вагон, подбором специальных вагонов, прикрытием, условиями отпуска с сортировочных горок.

Поезда, в составе которых имеются вагоны с ВМ, при следовании по участкам должны находиться под особым наблюдением поездного диспетчера, дежурного по станции, а поезда с грузами МО, МВД и ФСБ России — также военных комендантов железнодорожного участка и станции и ОСП МВД России. Они обязаны принимать меры по своевременному и безопасному следованию этих поездов.

Поезда, в составе которых есть вагоны с ВМ, должны приниматься на специально выделенные пути, указанные в ТРА станции. Нельзя оставлять поезда с ВМ без локомотивов на промежуточных станциях.

Деление опасных грузов на классы (подклассы) представлено в табл. 11.3 и 11.4.

Таблица 11.3

Деление опасных грузов на классы (подклассы)

Номер		Наименование подкласса
класса	подкласса	
1	1.1	Взрывчатые материалы с опасностью взрыва массой
	1.2	Взрывчатые материалы, не взрывающиеся массой
	1.3	Взрывчатые материалы пожароопасные, не взрывающиеся массой
	1.4	Взрывчатые материалы, не представляющие значительной опасности
	1.5	Очень нечувствительные взрывчатые материалы
	1.6	Изделия чрезвычайно низкой чувствительности
2	2.1	Невоспламеняющиеся неядовитые газы
	2.2	Ядовитые газы
	2.3	Воспламеняющиеся (горючие) газы
	2.4	Ядовитые и воспламеняющиеся газы
3	3.1	Легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки менее -18°C в закрытом тигле
	3.2	Легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не менее -18°C , но менее 23°C , в закрытом тигле
	3.3	Легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не менее -23°C , но не более 61°C , в закрытом тигле
4	4.1	Легковоспламеняющиеся твердые вещества
	4.2	Самовозгорающиеся вещества
	4.3	Вещества, выделяющие воспламеняющие газы при взаимодействии с водой
5	5.1	Окисляющие вещества
	5.5	Органические пероксиды
6	6.1	Ядовитые вещества
	6.2	Инфекционные вещества
7	—	Радиоактивные вещества на подклассы не разделяются
8	8.1	Едкие и (или) коррозионные вещества, обладающие кислотными свойствами
	8.2	Едкие и (или) коррозионные вещества, обладающие основными свойствами
	8.3	Разные едкие и (или) коррозионные вещества
9	9.1	Грузы, не отнесенные к классам 1—8
	9.2	Грузы, обладающие видами опасности, проявление которых представляет опасность только при их транспортировании навалом водным транспортом

Таблица 11.4

Классификационная таблица опасных грузов 1-го класса

Группа сов- мести- мо- сти	Вещество, изделие	Классификационный шифр в подклассах					
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
1	2	3	4	5	6	7	8
A	Иницирующие ВВ	1.1A	—	—	—	—	—
B	Изделия, содержащие инициру- ющие ВВ и имеющие менее двух независимых предохранительных устройств	1.1B	1.2B	—	1.4B	—	—
C	Метательные ВВ и другие дефлаг- рирующие ВВ или изделия, их содержащие	1.1C	1.2C	1.3C	1.4C	—	—
D	Вторичные детонирующие ВВ; дымный порошок; изделия, содер- жащие детонирующие ВВ без средств иницирования и ме- тательных зарядов; изделия, со- держащие иницирующие ВВ и имеющие два или более не- зависимых предохранительных устройства	1.1D	1.2D	—	1.4D	1.5D	—
E	Изделия, содержащие вторичные детонирующие ВВ без средств иницирования, но с метатель- ным зарядом (кроме содержащих легковоспламеняющиеся или гиперголические жидкости)	1.1E	1.2E	—	1.4E	—	—
F	Изделия, содержащие вторичные детонирующие ВВ, средства ини- цирования и метательные заря- ды (кроме содержащих легковос- пламеняющуюся жидкость, гель или гиперголические жидкости) или без метательного заряда	1.1F	1.2F	1.3F	1.4F	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8
G	Пиротехнические вещества, изделия, содержащие пиротехнические вещества; изделия, содержащие как взрывчатые вещества, так и осветительные, зажигательные, слезоточивые или дымообразующие вещества (кроме водоактивируемых изделий или изделий, содержащих белый фосфор, фосфиды, пирофорное вещество, легковоспламеняющиеся жидкости или гель)	1.1G	1.2G	1.3G	1.4G	—	—
H	Изделия, содержащие ВВ и белый фосфор	—	1.2H	1.3H	—	—	—
J	Изделия, содержащие ВВ и легковоспламеняющиеся жидкости и гель	1.1J	1.2J	1.3J	—	—	—
K	Изделия, содержащие ВВ и ядовитые вещества	—	1.2K	1.3K	—	—	—
L	Взрывчатые вещества или изделия, содержащие ВВ и обладающие особой опасностью (например, вследствие водоактивации или присутствия гиперголической жидкости, фосфидов или пирофорного вещества), требующие изоляции каждого вида	1.1L	1.2L	1.3L	—	—	—
N	Изделия, содержащие только детонирующие вещества, нечувствительные в исключительной степени	—	—	—	—	—	1.6N
S	Вещества и изделия, упакованные или сконструированные так, что при случайном срабатывании любое опасное проявление ограничено самой упаковкой, а если тара разрушена огнем, то эффект взрыва или разбрасывания ограничен, но не препятствует проведению аварийных мер или тушению пожара в непосредственной близости от упаковки	—	—	—	1.4S	—	—

11.4. Использование автоматизированных систем при перевозке опасных грузов

Доля опасных грузов в общем объеме перевозок неуклонно растет, а вместе с ней растут транспортные риски, минимизировать которые можно за счет широкого внедрения автоматизированных систем слежения.

Первая очередь такой системы «СМОГ» с 2000 г. эксплуатируется на всех железных дорогах России. Система сконструирована таким образом, что она встраивается в автоматизированную систему оперативного управления грузовыми перевозками (АСОУП), взаимодействует с комплексом интегрированной обработки дорожных ведомостей (ЕК ИОДВ) и использует их поездную и вагонную модели, отображающие изменение информации о поездах и вагонах в соответствии с их перемещением по сети железных дорог. Кроме того, СМОГ опирается на специально разработанный массив данных обо всех опасных грузах, которые допускаются к железнодорожной перевозке. Система позволяет выдавать 32 формы выходных справок и документов, которые обеспечивают решение задач по безопасности перевозок.

На терминалах на базе ПЭВМ эти формы могут быть получены с использованием меню, а на телеграфные аппараты они выдаются путем запросов по известной структуре, принятой в АСОУП.

Первая очередь СМОГ решает 5 основных задач:

1) контроль дислокации вагонов с опасными грузами на железных дорогах. В соответствии с задачей работники управлений, отделений, станций могут получить справки по форме 4190 или 4195, в которых приводятся сведения обо всех вагонах с опасными грузами, имеющихся на дороге (или только на отделении, или на станции). Это позволяет оценить текущую ситуацию с дислокацией и распределением на момент запроса вагонов с различными опасными грузами;

2) соблюдение требований безопасности поездной и маневровой работы при наличии вагонов с опасными грузами. Эта функция позволяет ДСЦ на станции формирования поездов получить справку по форме 4191, в которой указаны требования по правильности формирования составов, готовящихся к отправлению, и прежде всего нормы прикрытия от вагонов с опасными грузами. Справка по этой форме в отношении прибывающих поездов предназначена

для ДСПГ, так как дает более достоверную информацию о режимах роспуска с горок вагонов с опасными грузами. В рамках этой же задачи ДНЦ, в случае перехода на телефонные средства связи, выдается справка по форме 4192. В ней приводится перечень поездов с опасными грузами, которые запрещено отправлять с разграничением времени (вслед). Кроме того, модифицированы выдаваемые ДНЦ справки по формам 42, 43 и 46, в которые добавлены сведения о количестве вагонов с опасными грузами в поезде, в том числе с опасными грузами 1-го класса, рекомендованы правила действий по локализации и ликвидации последствий аварийных ситуаций и происшествий с опасными грузами. Можно получить справку по форме 84 со сведениями о том, какие вагоны с опасными грузами имеются в составе потерпевшего аварию или крушение поезда. В сочетании с ранее внедренной на всех дорогах справочно-информационной системой «Опасные грузы» обеспечивается быстрый поиск сведений, необходимых при ликвидации аварийных ситуаций. В рамках этой задачи реализована выдача текста. Всего в базу данных СМОГ из справочно-информационной системы «Опасные грузы» перенесено 1826 наименований опасных грузов и 250 аварийных карточек (АК) на них;

3) составление отчетных форм о количественных показателях перевозок опасных грузов в течение заданного периода для различных уровней управления железнодорожным транспортом. Задача позволяет получить справки по форме 4193, в которых приводятся данные о перевозках опасных грузов на дороге, отделении или на станции, с указанием общей массы каждого вида этих грузов, перевозимых с начала месяца на момент запроса сведений, а также общего количества вагонов с дифференциацией их по погрузке, выгрузке, транзиту с переработкой и без переработки. Данная задача позволяет обеспечить разработку мероприятий, направленных на предупреждение и ликвидацию аварийных ситуаций с этими грузами. Может использоваться для анализа загрузки работой с опасными грузами различных станций, участков и направлений и принятия возможных решений о корректировке планов формирования применительно к вагонам с определенными опасными грузами;

4) контроль плана формирования поездов с опасными грузами. С 1 октября 1997 г. действует указание МПС от 25 августа 1997 г.

№ Г-1036у, установившее особый порядок включения в поезда вагонов с грузами повышенной опасности и пропуска поездов со взрывчатыми материалами по выделенным обходам ряда железнодорожных узлов. СМОГ позволяет автоматизировать процесс контроля за правильностью включения вагонов с грузами повышенной опасности в поезда. При этом система обеспечивает выдачу сообщения о нарушении плана формирования после каждого ввода телеграммы-натурного листа (сообщение 497), а также получение по запросу итоговых сведений обо всех поездах на дороге (отделении, станции) с подобными нарушениями с начала суток до момента запроса (справка 4010) и сводных данных по каждому поезду с такими нарушениями (справка 4000).

5) контроль правильности данных об опасных грузах в натурном листе поезда. Обеспечивает возможность контроля правильности сведений об опасных грузах, содержащихся в натурном листе поезда, с выдачей сообщения 0497 по регламенту или справки 87 по запросу, а также контроль правильности прикрытия вагонов с ОГ во всех поездах на железной дороге по форме 4194. Разработана справка по форме 4196, в которой приводятся сведения о наличии поездов с ОГ с такими нарушениями правил перевозок, как несоответствие кода груза по ЕТСНГ допускаемому роду вагона, коду прикрытия, коду режима роспуска с горки.

Таким образом, все задачи, которые решаются этой системой, в совокупности создают условия для быстрого и своевременного выявления нарушений правил перевозок опасных грузов, при определенных обстоятельствах — для своевременного принятия мер по их предупреждению, а также для своевременной локализации и ликвидации последствий аварийных ситуаций.

В настоящее время система совершенствуется и одним из направлений такого совершенствования является перенесение оперативных задач обеспечения безопасности перевозок ОГ в автоматизированные единые диспетчерские центры управления перевозками (ЕДЦУ). Другое направление — доведение необходимой, в том числе и новой информации об опасных грузах до каждой станции. Эти работы позволят минимизировать риски нарушений правил безопасности при перевозках опасных грузов.

Глава 12. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ И ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

12.1. Краткая характеристика объектов и подвижного состава железнодорожного транспорта

Особо пожаро- и взрывоопасными объектами железнодорожного транспорта являются участковые, сортировочные, грузовые станции и территории, на которых возможны аварии, сопровождающиеся пожарами и взрывами цистерн с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) и сжиженными углеводородными газами (СУГ), а также разливом горючих жидкостей (ГЖ) на значительной площади.

В некоторых случаях аварии на железнодорожном транспорте сопровождаются утечкой аварийно- химически опасных веществ (АХОВ) и радиоактивных веществ, что значительно усложняет ведение работ по тушению пожаров и устранению аварийных ситуаций.

При возникновении пожаров в зданиях депо по ремонту и техническому обслуживанию подвижных составов огонь может быстро распространиться по сгораемым материалам на большую площадь. Предел огнестойкости металлических строительных конструкций депо составляет 15—20 мин, после чего может произойти обрушение перекрытий и стен.

Пожарная опасность железнодорожных станций характеризуется:

- наличием большого количества составов и вагонов с различными взрыво- и пожароопасными грузами (СУГ, ЛВЖ, ГЖ, вагоны с ТГМ и т.д.), расположенными на параллельных путях на расстоянии 4—6 м друг от друга;
- наличием производственных зданий и сооружений (депо по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава, открытые и закрытые склады, посты электрической централизации и т.д.);
- сложностью подъезда пожарных автомобилей и прокладки рукавных линий;
- недостаточным противопожарным водоснабжением и т.д.

Площадь станций достигает 150 га. Общая протяженность — 16 км, количество путей — до 80. Крупные станции могут иметь 6—8 рабочих парков. На станции одновременно могут находиться до 30 тыс. вагонов с различными грузами. Горючая нагрузка на сортировочных и других станциях превышает 1000 кг/м².

Противопожарное водоснабжение парков станций, а также депо по ремонту и техническому обслуживанию подвижного состава в настоящее время обеспечивается самостоятельным водопроводом или объединенным с водопроводной сетью станции или городской сети. Как правило, все водопроводные сети, за небольшим исключением, низкого давления с напором, не превышающим 10 м водяного столба (вод. ст.). При отключении некоторых участков напор может быть повышен до 30 м вод. ст. Диаметр труб в большинстве случаев составляет 100—200 мм. При указанных напорах в кольцевой или тупиковой сетях и диаметрах труб водоотдача в литрах в секунду (л/с) может составить величины, приводимые в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Водоотдача водопроводных сетей

Напор в сети, м	Вид водо- проводной сети	Водоотдача водопроводной сети, л/с, при диаметре трубопровода, мм			
		100	125	150	200
10	тупиковая	10	20	25	30
	кольцевая	25	40	55	65
20	тупиковая	14	25	30	45
	кольцевая	30	60	70	90
30	тупиковая	17	35	40	55
	кольцевая	40	70	80	110

Существующие сети, как правило, тупиковые. Они выполнены из труб диаметром 100 мм, что обеспечивает расход не более 30 л/с, а фактический расход при тушении крупных пожаров достигает величин более 200 л/с. Существующие водопроводные сети станций являются малобежитными и не могут обеспечить такие расходы воды. Максимальный расход кольцевой сети диаметром труб 150 мм составляет 80 л/с. Поэтому недостающие расходы воды необходимо компенсировать из пожарных водоемов или естественных водоисточников, а также путем использования цистерн рабочего парка, заполненных водой. При организации противопо-

жарного водоснабжения из пожарных водоемов их расстояние до крайнего пути парка станции должно быть не более 100 м, а из естественных водоисточников — не более 500 м с обязательным устройством к ним дорог, площадок размером 18×18 м для разворота пожарной техники и пирсов для забора воды с установкой не менее пяти автомобилей.

При установке пожарных автомобилей (автонасосов или автоцистерн) на пожарные водоемы или естественные водоисточники обеспечивается:

- подача не менее 20 л/с воды от одного пожарного автомобиля с насосом ПН-40 с помощью двух стволов А и двух стволов Б на расстояние 400 м, двух стволов А по двум параллельным магистральным линиям с расходом до 15 л/с на расстояние 1200 м по прорезиненным рукавам диаметром 77 мм и при напоре воды у стволов 40 м;

- подача лафетного ствола с расходом 40 л/с на расстояние от 240 до 740 м в зависимости от диаметра насадки и схемы подачи воды.

Пожарные поезда, в состав которых входят две цистерны с объемом воды по 50 м³, при тушении пожаров на участковых и сортировочных станциях могут использоваться непосредственно с места стоянки или транспортироваться маневровыми локомотивами к месту пожара. Они способны обеспечить подачу воды мотопомпами МП-1600 (СПУ 40/100) через стволы А и Б с общим расходом до 20 л/с (40 л/с) на расстояние от 420 до 960 м по прорезиненным рукавам диаметром 66 мм. Время работы от одной цистерны емкостью 50 м³ при подаче двух стволов Б или одного А составляет 112 мин, а при подаче двух стволов А и одного Б — 56 мин.

При подаче воды из удаленных естественных водоисточников наиболее эффективным является использование пожарных насосных станций и рукавных автомобилей. Насосная станция ПНС-100 обеспечивает подачу воды 6000 л/мин при напоре 100 м. Рукавный автомобиль АР-2 способен проложить рукавную линию диаметром 150 мм на расстояние 1500 м, а при диаметре 77 мм — 2500 м. Скорость выкладки рукавов в линию составляет 10—12 км/ч.

К подвижному составу железнодорожного транспорта относятся: тяговый подвижной состав (электровозы постоянного и переменного тока, тепловозы, электро- и дизель-поезда, автомотрисы и тя-

говые агрегаты); почтовые, багажные, почтово-багажные и специальные, грузовые крытые деревянные и цельнометаллические вагоны и полувагоны; платформы, контейнеровозы, транспортеры, цистерны; рефрижераторные секции и автономные рефрижераторные вагоны.

Среди тягового подвижного состава наибольшую пожарную опасность представляют тепловозы и моторные вагоны дизель-поездов. В одной секции тепловоза средней мощности находится 2,7—5,4 т дизельного топлива, 0,3—1,2 т масел, а в секции тепловозов большой мощности соответственно 6,3—9,3 т и 0,48—1,56 т. Нагретые поверхности элементов дизельного двигателя и наличие электрического оборудования увеличивают пожарную опасность тепловозов.

12.2. Характеристика пожаров на подвижных грузовых составах железнодорожного транспорта

Наиболее опасными и трудными для тушения пожарами грузовых подвижных составов являются случаи горения вагонов с СУГ, ЛВЖ, ГЖ и различного вида твердыми горючими материалами (ТГМ). В некоторых случаях пожары сопровождаются выделением (выбросом) аварийно- химически опасных веществ (АХОВ).

Примерные типовые схемы пожаров на подвижных грузовых составах и вагонах железнодорожного транспорта представлены на рис. 12.1.

Пожары при авариях на подвижных составах и вагонах с СУГ характеризуются большой концентрацией СУГ, значительными площадями горения (до 5000 м²), высокой скоростью распространения пламени (до 5—10 м/с), возможностью образования взрывоопасных зон, опасностью возникновения взрывов, деформацией и разрушением цистерн, разлетом обломков на расстояние до 100—300 м, длительностью пожаров при истечении СУГ (до 3—5 суток).

Сжиженный газ может истекать в паровой, жидкой и паро- жидкостной фазах. Характер истечения газа определяется по пламени:

- газ в паровой фазе сгорает светло-желтым пламенем и сопровождается сильным свистящим шумом;
- газ в жидкой фазе сгорает ярко-оранжевым пламенем с выделением сажи;
- газ в парожидкостной фазе сгорает с периодически меняющейся высотой пламени.

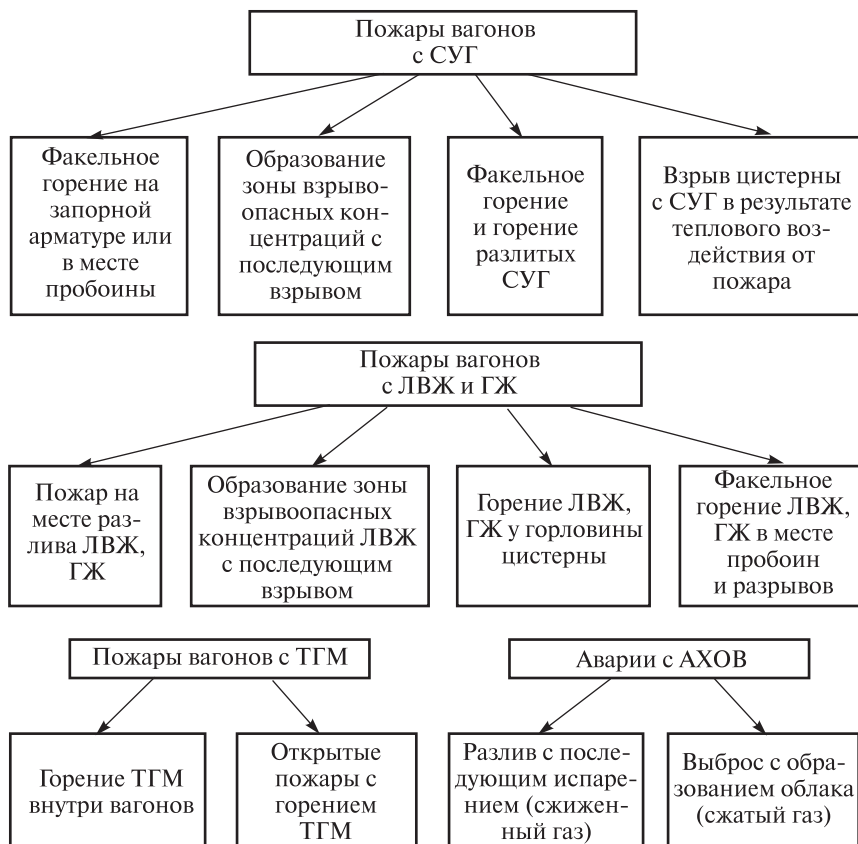


Рис. 12.1. Типовые схемы возможных пожаров и аварий на подвижном составе железнодорожного транспорта

Высота пламени при горении разлитого сжиженного газа в 2—2,5 раза больше среднего диаметра площади горения.

При аварии СУГ истекают в виде асимметричных струй (чаще всего из круглых отверстий) и в виде веерных струй (главным образом из щелевых отверстий).

По характеру горения и возможных взрывов цистерн с СУГ пожары можно разделить на 4 типовых вида.

Причинами аварийных ситуаций с ЛВЖ (ГЖ) могут быть:

- пробой корпуса цистерны при столкновении;

- разрыв трубопроводов;
- отказ запорной арматуры;
- сход вагона с рельсов с разливом ЛВЖ и ГЖ.

Характер развития пожаров в вагонах с ТГМ зависит от вида грузов, их размещения в вагонах и вида вагонов для перевозки ТГМ.

Основным поражающим фактором аварий с выбросом АХОВ является химическое заражение.

Зона заражения АХОВ — это территория, зараженная АХОВ в опасных для жизни людей пределах. Размер зоны химического заражения характеризуется глубиной и площадью.

В качестве критерия поражения человека токсичными продуктами используется величина токсодозы LCT_X — это ингаляционная токсодоза, вызывающая смертельный исход у $X\%$ пораженных.

12.3. Технические методы исключения пожаров на железнодорожном транспорте

Назначение, устройство и тактико-технические характеристики установок комбинированного тушения пожаров типа «Пурга». Установки комбинированного тушения пожаров (УКТП) «Пурга» предназначены для получения и одновременной или последовательной подачи дальнобойных (50—100 м) струй огнетушащей пены низкой, средней (повышенной) кратности, распыленных и компактных струй воды, создания теплозащитных экранов, завес, дегазации и дезактивации объектов. Установки наиболее эффективны при их применении для тушения пожаров, сопровождающихся горением ЛВЖ, ГЖ, СУГ и ТГМ.

Установки «Пурга» изготавливаются в различных вариантах исполнения и используются в качестве ручных стволов и стволов с перекидным устройством, стационарных, мобильных и стационарных стволов с дистанционным управлением.

Установки «Пурга» работоспособны при использовании пенообразователей различных типов как отечественного, так и зарубежного производства, в том числе пленкообразующих (фторированных).

Как показывают результаты испытаний и практика пожаротушения с помощью УКТП «Пурга», снижение концентрации пенообразователя в растворе более чем в 1,5—2 раза не снижает эффективности использования данных установок.

Наибольшую эффективность установки «Пурга» проявляют при тушении крупномасштабных пожаров и особенно там, где применение генераторов пены типа ГПС-600 малоэффективно из-за их ограниченного радиуса действия.

По сравнению с генераторами ГПС-600 установки «Пурга» имеют в 5—8 раз больший радиус действия, поэтому их применение является более предпочтительным.

Кроме того, использование установок «Пурга» на пожаре позволяет значительно уменьшить количество личного состава, задействованного в процессе ликвидации и тушения пожаров. Например, при работе с УКТП «Пурга-10.20.20» требуется только один человек. В то же время для создания такой же производительности (30 л/сек), но с помощью ГПС-600 потребуется 5 генераторов и не менее 10 человек.

Отличительной особенностью установок «Пурга» является и то, что они позволяют получать пены низкой и средней кратности, при этом струя пены средней кратности переносится пеной низкой кратности на значительное расстояние.

Пена низкой кратности, обладая хорошей охлаждающей способностью, высокой кинетической энергией, первой взаимодействуя с пламенем, существенно снижает температуру в зоне горения, а также температуру нагретых поверхностей (металлических конструкций), находящихся в зоне пожара.

Этот эффект способствует плавному нанесению пены средней кратности на поверхность горения, при этом пена средней кратности практически не разрушается от воздействия факторов пожара и обеспечивает надежную изоляцию площади пожара.

Установки «Пурга» также обеспечивают подачу распыленных струй воды на значительные (до 100 м) расстояния. Это позволяет использовать УКТП «Пурга» и для охлаждения нагретых поверхностей горящих вагонов и цистерн.

Кроме того, они могут использоваться для осаждения паров газа и пыли, опасных веществ, находящихся в воздухе, т.е. при ликвидации последствий аварийных ситуаций на подвижном составе.

Практика применения установок «Пурга» в основном заключается в следующем:

— установки транспортируются (переносятся) к очагу пожара и устанавливаются на боевых участках на расстоянии 10—20 м от фронта пожара;

- к установкам подключаются рукавные линии, проложенные от насосных станций пожарного поезда или пожарных автомобилей;
- после формирования схемы боевого развертывания в установках подают водный раствор пенообразователя с рабочим давлением не менее 8 атм. у входа в установку. Положение дозатора направляют в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей пенообразователей;
- количество пенообразователя, проходящего через пеносмеситель, должно соответствовать указанному в таблице технических характеристик УКТП «Пурга».

Работа установок «Пурга», как и стволов ГПС-600, основана на принципе эжекции воздуха струей раствора пенообразователя с последующим дроблением ее на сетке и получением пены.

Расчет сил и средств, задействованных в тушении пожара на сортировочной железнодорожной станции с применением установок комбинированного тушения пожара типа «Пурга». Количество пенообразователя в боевом расчете должно быть не меньше расчетного значения для тушения крупного пожара на железнодорожной станции, где сосредотачиваются вагоны с ЛВЖ, ГЖ и СУГ. Для примера произведем расчет сил и средств для тушения пожара на сортировочной железнодорожной станции, учитывая прогноз возможной пожарной обстановки.

Исходные данные для расчета. При проведении маневровых работ на сортировочной станции произошло столкновение двух цистерн, содержащих ЛВЖ. Одна из цистерн получила пробоину, что привело к разливу всего объема ЛВЖ. В результате возникновения источника воспламенения произошел взрыв облака топливовоздушной смеси. При взрыве произошла разгерметизация еще двух цистерн с ЛВЖ (керосин, объем 61,2 м³, загрузка 42 т, степень заполнения 0,85). Возник пожар разлитой из трех цистерн ЛВЖ. Через 20 мин от теплового воздействия произошло разрушение еще 4-х цистерн с ЛВЖ.

К моменту прибытия первых сил и средств для тушения пожара работниками станции были эвакуированы 3 негорящих состава со смежных путей (рис. 12.2).

Необходимо определить возможную обстановку на пожаре и провести варианты расчетов сил и средств, включая требуемое количество пенообразователя при использовании пеногенераторов сред-

$$M_3 = M_0(1 - K_6) = 294\,000(1 - 0,24) = 223\,440 \text{ кг},$$

где M_0 — общая масса пролитого нефтепродукта, кг;

K_6 — коэффициент, учитывающий уход разлитого нефтепродукта в балласт.

3. Площадь разлива рассчитывается по формуле

$$S_p = M_3 / (h_{\text{сл}} \rho_{\text{ж}}) = 223\,440 / (0,18 \cdot 800) = 1551 \text{ м}^2,$$

где M_3 — количество пролитой жидкости, образующей площадь горения;

$h_{\text{сл}}$ — толщина слоя разлившейся жидкости (0,18 м);

$\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости (керосин), 800 кг/м³.

4. Определение ширины и длины пожара по формулам:

$$a = 3,5b,$$

$$b = (S_p / 3,5)^{1/2} = (1551 / 3,5)^{1/2} = 21 \text{ м},$$

$$a = 3,5b = 3,5 \cdot 21 = 73,5 \text{ м},$$

где b — ширина пожара, м;

a — длина пожара, м.

5. Анализ обстановки по числу горящих вагонов и требующих защиты и охлаждения.

В зоне площади пожара находится 21 вагон. Из 7 вагонов в результате их разрушения произошел разлив ЛВЖ. Происходит горение пролитой ЛВЖ на поверхности земли. На 8 цистернах горят горловины, 12 цистерн и вагонов на соседних путях и 6 цистерн с торцов площади пожара подвержены тепловому излучению, возникла необходимость их охлаждения.

6. Определение расхода раствора пенообразователя для тушения и воды для охлаждения соседних вагонов.

Расход раствора пенообразователя для подачи пены средней кратности на тушение площади разлива ЛВЖ определяется по формуле

$$Q_{\text{тр}}^{\text{т}} = S_{\text{т}} I_{\text{S}}^{\text{т}} = 1551 \cdot 0,06 = 93 \text{ л/с},$$

где $S_{\text{т}}$ — площадь тушения, м² ($S_{\text{т}} = S_p$);

$I_{\text{S}}^{\text{т}}$ — интенсивность подачи раствора, л/(с·м²).

Определение требуемого расхода воды на охлаждение вагонов в очаге пожара:

$$Q_{\text{тр}}^{\text{о}} = (N_{\text{ц}}^{\text{гоP}} + 1) S_{\text{ц}} I_{\text{S}}^3 = (2 + 1) \cdot 127 \cdot 0,1 = 38,1 \text{ л/с},$$

где $N_{\text{ц}}^{\text{гоP}}$ — количество вагонов в очаге пожара, исключая разрушенные и находящиеся по периметру пожара;

$S_{\text{ц}}$ — площадь поверхности защищаемого вагона (127 м²);

I_{S}^3 — интенсивность подачи распыленной воды на защиту, л/(с·м²).

Определение требуемого расхода воды на тушение вагонов с ЛВЖ по периметру пожара:

$$Q_{\text{тр}}^{\text{п}} = N_{\text{п}} S_{\text{ваг}} I_{\text{с}}^{\text{п}} = 16 \cdot 40,5 \cdot 0,2 = 129,6 \text{ л/с},$$

где $N_{\text{п}}$ — количество вагонов по периметру пожара;

$S_{\text{ваг}}$ — площадь вагона, м^2 ;

$I_{\text{с}}^{\text{п}}$ — интенсивность подачи воды на тушение подвижного состава, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Определение требуемого расхода воды на защиту цистерн на 10-м пути (6 шт.) и с торцов площади пожара — 6 шт.:

$$Q_{\text{тр}}^3 = 0,5 N_{\text{ц}} S_{\text{ц}} I_{\text{с}}^3 = 0,5 \cdot 12 \cdot 127 \cdot 0,05 = 38,1 \text{ л/с},$$

где $N_{\text{ц}}$ — количество защищаемых цистерн, шт.;

$S_{\text{ц}}$ — площадь поверхности цистерны, м^2 ;

$I_{\text{с}}^3$ — интенсивность подачи распыленной воды на защиту цистерн, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Определение требуемого расхода воды на защиту 6 грузовых вагонов с ТГМ на 3-ем пути:

$$Q_{\text{тр}}^3 * = 0,5 N_{\text{в}} S_{\text{в}} I_{\text{св}}^3 = 0,5 \cdot 6 \cdot 40,5 \cdot 0,1 = 12,5 \text{ л/с},$$

где $N_{\text{в}}$ — количество грузовых вагонов с ТГМ на 3-ем пути, шт.;

$S_{\text{в}}$ — площадь орошения, $S_{\text{в}} = Lh = 13,5 \cdot 3 = 40,5 \text{ м}^2$;

$I_{\text{св}}^3$ — интенсивность подачи распыленной воды на защиту вагонов с ТГМ, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

С учетом тушения пожара и защиты цистерн и вагонов требуемый расход воды следующий:

$$Q_{\text{тп}} = Q_{\text{тп}}^{\text{т}} + Q_{\text{тр}}^{\text{о}} + Q_{\text{тп}}^{\text{п}} + Q_{\text{тп}}^3 + Q_{\text{тр}}^3 * = 93 + 38,1 + 129,6 + 38,1 + 12,5 = 311,3 \text{ л/с}.$$

7. Определение количества стволов на тушение, охлаждение и защиту подвижного состава:

$$M_{\text{туш}} = Q_{\text{тп}}^{\text{п}} / Q_{\text{ст}} = 129,6 / 7 = 18 \text{ ств. РС-70};$$

$$M_{\text{охл}} = Q_{\text{тп}}^{\text{о}} / Q_{\text{ст}} = 38,1 / 7 = 5 \text{ ств. РС-70};$$

$$M_{\text{заш}} = (Q_{\text{тр}}^3 + Q_{\text{тр}}^3 *) / Q_{\text{ст}} = 38,1 + 12,5 / 7 = 7 \text{ ств. РС-70},$$

где $Q_{\text{ст}}$ — расход воды из ствола, л/с , (для ручных стволов РС-70 — 7 л/с).

8. Количество пеногенераторов для тушения:

- пожара пролива:

$$M_{\text{туш}} = Q_{\text{тп}}^{\text{т}} / Q_{\text{гпс}} = 93 / 6 = 16 \text{ ств.},$$

где $Q_{\text{тп}}^{\text{т}}$ — требуемый расход раствора на тушение пожара, л/с ;

$Q_{\text{гпс}}$ — расход раствора из ствола ГПС-600 или «Пурга 5» (6 л/с).

Требуемое количество личного состава для работы с ГПС-600:
 $16 \cdot 2 = 32$ чел.

Требуемое количество личного состава для работы с УКТП «Пурга 5»:

$$16 \cdot 1 = 16 \text{ чел.}$$

При тушении пожара пролива установками комбинированного тушения пожара (УКТП) типа «Пурга 10.20.30» количество требуемых установок равно:

$$M_{\text{туш}} = 93/30 = 3 \text{ шт., количество личного состава — 3 чел.;}$$

- горящих горловин цистерн:

$$M_{\text{гор}} = N_{\text{ц}}^{\text{гор}} = 8 \text{ ств.,}$$

где $N_{\text{ц}}^{\text{гор}}$ — количество цистерн с горящими горловинами в зоне пожара, $N_{\text{ц}}^{\text{гор}} = 8$ шт.

9. Определение количества воды и раствора пенообразователя на тушение:

- количество раствора на тушение пролива ЛВЖ и горящих горловин:

$$\begin{aligned} G_{\text{туш}} &= (Q_{\text{тр}}^{\text{т}} t_{\text{туш}} + N_{\text{ц}}^{\text{гор}} Q_{\text{гпс}} t_{\text{гор}}) K_{\text{п}} = \\ &= (93 \cdot 1800 + 8 \cdot 6 \cdot 600) \cdot 3 = 588\,600 \text{ л,} \end{aligned}$$

где $Q_{\text{тр}}^{\text{т}}$ — расход раствора на тушение пролива ЛВЖ, л/с;

$t_{\text{туш}}$ — время тушения пожара пролива ЛВЖ (10—30 мин или 600—1800 с);

$N_{\text{ц}}^{\text{гор}}$ — количество горящих горловин (10 мин или 600 с);

$K_{\text{п}}$ — коэффициент пенообразования.

10. Определение количества оперативных подразделений:

- для подачи пены:

$$M_{\text{отд.пен}} = (M_{\text{туш}} + M_{\text{гор}}) / m_{\text{ств}}^{\text{гпс}} = (16 + 8) / 2 = 12 \text{ отд.,}$$

где $m_{\text{ств}}^{\text{гпс}}$ — количество стволов ГПС, обеспечиваемое одним отделением.

При тушении пожара пролива топлива установками «Пурга 10.20.30» расчетное количество отделений равно:

$$M_{\text{отд.пен}} = 3/3 + 8/2 = 5 \text{ отд.;}$$

- для подачи воды:

$$M_{\text{отд.вод}} = (M_{\text{туш}} + M_{\text{охл}} + M_{\text{заш}}) / m_{\text{ств}}^{\text{в}} = (18 + 5 + 7) / 2 = 15 \text{ отд.,}$$

где $m_{\text{ств}}^{\text{в}}$ — количество стволов для подачи воды, обеспечиваемое одним отделением.

Общее количество основных отделений равно:

$$M_{\text{общ}} = K_3(M_{\text{отд. пен}} + M_{\text{отд. вод}}) = 1,3(12 + 15) = 35 \text{ отд.},$$

где K_3 — коэффициент запаса (в летнее время $K_3 = 1,3$).

При использовании стволов РС-70 для подачи воды на защиту и охлаждение общее количество основных отделений равно: $M_{\text{общ}} = 1,3(5 + 15) = 26$ отд.

При использовании установок комбинированного тушения пожара «Пурга 10.20.30» только для тушения пожара пролива вместо стволов ГПС-600 количество личного состава при тушении пожара сокращается в 5—6 раз.

Назначение, устройство и тактико-технические характеристики специализированных пожарных поездов. Пожарные поезда на железных дорогах являются основной тактической единицей по ликвидации пожаров, проведению аварийно-спасательных работ при авариях, крушениях, стихийных бедствиях и других чрезвычайных ситуациях, сопровождающихся пожарами.

На сети железных дорог России находятся в эксплуатации 327 пожарных поездов.

Первые 7 дежурных пожарных поездов были организованы решением Народного комиссариата внутренних дел по соглашению с Народным комиссариатом путей сообщения от 4 мая 1921 г.

Создание, оснащение, усиление пожарных поездов шло по направлению установки новых насосных агрегатов СПУ 40/100 вместо устаревших морально и физически МП-1600, комплектования пожарно-техническим вооружением, снаряжением, инвентарем, инструментом, средствами защиты органов дыхания и т.д. С обновлением и вводом в эксплуатацию нового подвижного состава железных дорог увеличивался запас воды на цели пожаротушения, который сейчас составляет 100 и более м³ воды. Пожарные поезда, находящиеся в боевом расчете, подразделяются на первую и вторую категории и состоят:

- из водонасосной станции (ВНС) на базе пассажирского вагона ЦМВ;
- двух цистерн-водохранилищ объемом 50 или 73 м³, утепленных, с системой отопления;
- вагона-гаража с автономным отоплением и размещением пожарной автоцистерны.

Нормативным документом, регламентирующим вопросы по пожарным поездом, являются «Правила содержания и эксплуатации пожарных поездов на железнодорожном транспорте Российской Федерации» ЦУО-219, утвержденные 20.12.93 г.

Подвижной состав пожарных поездов изготавливается на специализированных заводах России. Однако на ряде дорог проводится рационализаторская работа по совершенствованию пожарных поездов. Большой опыт по совершенствованию и созданию специализированных пожарных поездов накоплен на Забайкальской железной дороге. Управление ведомственной охраны ОАО «РЖД» России считает целесообразным ознакомить работников служб и подразделений ведомственной охраны дорог с данным опытом.

Специализированные пожарные поезда предназначены для тушения пожаров, ведения работ, сопутствующих тушению и ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами.

Учитывая опыт работы таких подразделений, Управление ведомственной охраны ОАО «РЖД» России, реализуя Приказ Министра от 28 апреля 2000 г. № 11Ц «О мерах по повышению пожарной безопасности на федеральном железнодорожном транспорте», внесло изменения в Правила содержания и эксплуатации пожарных поездов на железнодорожном транспорте Российской Федерации (Указание от 21.12.2000 г. № Г-3098у). Эти дополнения касаются введения в подразделения пожарной охраны ОАО «РЖД» специализированных пожарных поездов, их оснащения дополнительным оборудованием и снаряжением. В соответствии с Указанием от 21.12.2000 г. № Г-3098у специализированные пожарные поезда относятся к пожарным поездом I категории. В табл. 12.2 приведен Типовой табель специализированного пожарного поезда I категории. В табл. 12.3 приведен Табель дополнительного оснащения специализированного пожарного поезда, выполняющего задачи по тушению пожаров и первоочередным работам по ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами. Сведения в таблицах носят рекомендательный характер и могут быть изменены в зависимости от местных условий и характеристики охраняемых объектов. Дополнительное оборудование специализированного пожарного поезда определено на основании опыта работы данных поездов по сети дорог.

Таблица 12.2

Типовой таблицей специализированного пожарного поезда первой категории

№ п/п	Наименование подвижного состава	Тип вагона	Количество	Примечание
1	Вагон-водонасосная станция	4-осный ЦМВ	1	
2	Цистерна-водохранилище	Цистерна объемом 73,1 или 50 м ³	2	
3	Вагон-перекачивающая станция (для размещения насосных установок и дизель-электростанции)	4-осный ЦМВ или 4-осный ЦМГВ	1	Могут использоваться и другие вагоны рабочего парка ОАО «РЖД»
4	Цистерна-приемник (для перекачки нефтепродуктов)	Цистерна объемом 50—70 м ³	1	
5	Платформа (вагон) под нейтрализующие материалы	Платформа, крытый грузовой вагон или вагон-гараж	1	Могут использоваться контейнеры

Примечания. 1. Настоящий Табелей определяет минимальное количество единиц подвижного состава специализированного пожарного поезда. При необходимости по решению начальника железной дороги может включаться дополнительный подвижной состав рабочего парка.

2. Дополнительный подвижной состав размещается на путях стоянки пожарного поезда или на соседних путях.

3. В состав специализированного пожарного поезда может быть включена, при наличии, транспортная система комбинированного пожаротушения (ТСКП-16/20).

4. Специализированные пожарные поезда создаются по решению начальника железной дороги, но не менее одного на отделение железной дороги.

Таблица 12.3

**Табель
дополнительного оснащения специализированного пожарного поезда,
выполняющего задачи по тушению пожаров и первоочередным работам
по ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами**

№ п/п	Наименование оборудования и материалов	Наличие
	<i>Инструмент и материалы</i>	
1	Искробезопасный инструмент (ключи слесарные, молотки, ломик)	1 компл.

№ п/п	Наименование оборудования и материалов	Наличие
2	Кувалда искробезопасная (тяжелая, легкая)	2 шт.
3	Тендер (растяжка)	6 шт.
4	Рукав для забора нейтрализатора	1 шт.
5	Маслобензостойкая резина	20 кг
6	Кислотостойкая резина	20 кг
7	Герметик строительный	40 кг
8	Свинец проволоочный 3—4 мм	20 кг
9	Костюм защитный КИХ-5	10 компл.
10	Кислотостойкие перчатки	5 пар
11	Бочка на 200 л	2 шт.
12	Ведро	4 шт.
13	Ножовка по металлу с полотнами	1 шт.
14	Лопата штыковая	10 шт.
15	Лопата совковая	10 шт.
16	Кирка-мотыга	2 шт.
17	Ломик-монтажка (фомка)	2 шт.
18	Носилки для переноски нейтрализующих веществ	4 шт.
19	Ключ для закрытия нижнего сливного устройства	2 шт.
20	Асбестовый лист	10 кг
21	Асбестовое волокно	25 кг
22	Проволока отожженная 0,5 мм	50 кг
23	Пила дисковая для резки бетона, металла	1 шт.
24	Ручная лебедка	1 шт.
25	Электрокабель для подключения электроинструмента	100 м
26	Гидравлический домкрат	2 шт.
27	Универсальный пожарный ствол с защитным водяным экраном ОРТ-50 (Воронеж)	6 шт.
28	Генератор пены средней кратности ГПС-100	2 шт.
29	Рукав всасывающий маслобензостойкий	4 шт.
30	Тормозной башмак в искробезопасном исполнении	4 шт.
31	Групповой фонарь (взрывозащищенный)	4 шт.
32	Клещи-кусачки для снятия запорно-пломбировочных устройств	1 шт.
33	Ножницы искробезопасные	1 шт.
34	Устройство для заземления неисправных цистерн	1 шт.

№ п/п	Наименование оборудования и материалов	Наличие
	<i>Нестандартное оборудование</i>	
1	Трап-сходня	2 шт.
2	Пластырь для заделки отверстий в аварийной цистерне (холодная сварка)	2 компл.
3	Клин деревянный: (катеты 100, 500 мм, ширина — 100 мм катеты 45, 800 мм, ширина — 100 мм)	10 шт. 10 шт.
4	Знаки ограждения	1 компл.
5	Трос 0,5 мм с цепью — 1,9 м	8 шт.
6	Емкость (не менее 1,5 м ³) для приготовления нейтрализующих растворов с устройством для перемешивания	1 компл.
	<i>Нейтрализующие и огнетушащие вещества</i>	
1	Кальцинированная сода (карбонат натрия)	2 т
2	Гидроксид кальция (известь-пушонка)	3 т
3	Песок просушенный	3 т
4	Пленкообразующий синтетический фторсодержащий пенообразователь целевого назначения типа <i>Finiflam A3F</i> , <i>nO-6A3F</i>	0,5 т

Примечание. Настоящий Табель определяет необходимое минимальное количество дополнительного оборудования, инструмента и нейтрализующих веществ.

Пример использования специализированного пожарного поезда на Горьковской железной дороге представлен на схеме (рис. 12.3).

Устранение течи из цистерн. Устранение течи из цистерн, емкостей производится с использованием набора оборудования, материалов и искробезопасного инструмента, входящих в комплект, размещенный в вагоне-нейтрализаторе:

- деревянные пробки различного сечения;
- пластыри обрешиненные со специальными тросовыми зажимами;
- специальный искробезопасный инструмент;
- свинец, герметик и другие материалы.

Схемы боевого развертывания специализированного пожарного поезда. Ниже представлены некоторые схемы боевого развертывания специализированного пожарного поезда.

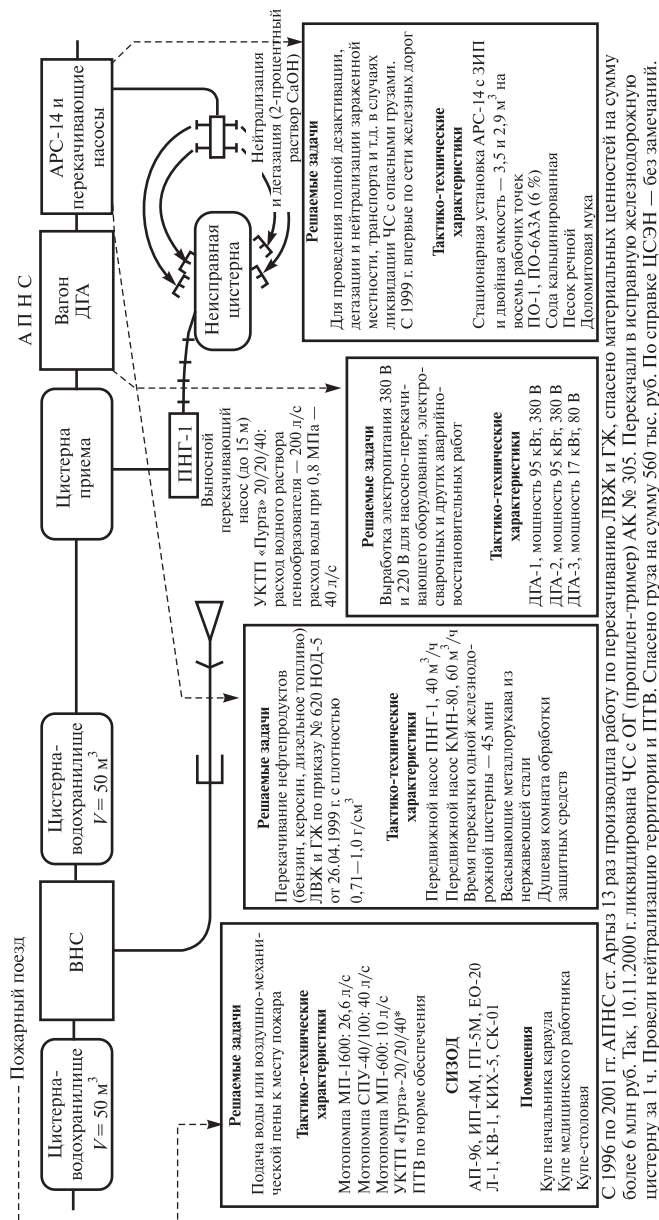


Рис. 12.3. Пример использования специализированного пожарного поезда на Горьковской железной дороге

Схема 1. Подача воды к лафетному стволу на площадке котла цистерны от мотопомп МП-1600 (рис. 12.4).

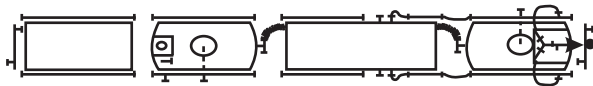


Рис. 12.4. Подача воды к лафетному стволу на площадке котла цистерны от мотопомп МП-1600

Варианты:

- работа от одной мотопомпы МП-1600 на одну рукавную линию;
- работа от одной мотопомпы МП-1600 на две рукавные линии;
- работа от двух мотопомп МП-1600 на две рукавные линии.

Схема 2. Подача воды и нейтрализующих растворов к грязесмывочному прибору от мотопомп МП-1600 (рис. 12.5).



Рис. 12.5. Подача воды и нейтрализующих растворов к грязесмывочному прибору от мотопомп МП-1600

Варианты:

- работа от одной мотопомпы МП-1600 на одну рукавную линию;
- работа от одной мотопомпы МП-1600 на две рукавные линии;
- работа от двух мотопомп МП-1600 на две рукавные линии.

Схема 3. Подача воды с использованием запаса воды цистерн-водохранилищ (рис. 12.6).

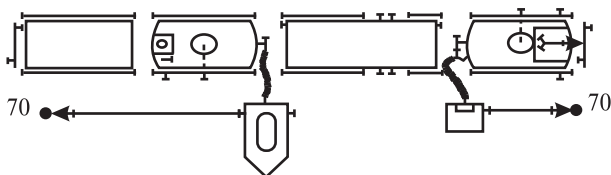


Рис. 12.6. Подача воды с использованием запаса воды цистерн-водохранилищ

Варианты:

- автоцистерной;
- переносной мотопомпой.

Конструктивные особенности современных типов пожарных извещателей. *Тепловые пожарные извещатели.* Тепловой пожарный извещатель — пожарный извещатель (ПИ), реагирующий на определенное значение температуры и (или) скорости ее нарастания. Принцип действия тепловых пожарных извещателей заключается в изменении свойств чувствительных элементов при изменении температуры. По конфигурации измерительной зоны тепловые ПИ подразделяются на точечные, многоточечные и линейные.

Существуют следующие типы тепловых пожарных извещателей:

- ИП 101 — с использованием зависимости изменения величины термосопротивления от температуры контролируемой среды;
- ИП 102 — с использованием возникающей при нагревании ТЭДС;
- ИП 103 — с использованием линейного расширения тел;
- ИП 104 — с использованием плавких или сгораемых вставок;
- ИП 105 — с использованием зависимости магнитной индукции от температуры.

Извещатель пожарный ИП 101 (рис. 12.7) представляет собой автоматическое термоэлектрическое устройство, осуществляющее электрическую сигнализацию и оптическую индикацию повышения температуры в защищаемом помещении. ИП 101-2 — максимально-дифференциальный извещатель, срабатывающий при достижении заданного порога срабатывания и в случае быстрого нарастания температуры. Температура срабатывания +50 °С. Инерционность срабатывания — 60 с.

В основу работы извещателя положена зависимость величины термосопротивления (чувствительного элемента) от температуры: $R=f(T)$. Основными узлами и элементами схемы являются терморезисторный делитель напряжения, компаратор напряжений, узел памяти.

В дежурном режиме все транзисторы извещателя закрыты. Проводимость мала и равна сумме проводимостей делителя R1—R6. Ток делителей формирует на стабилаторах VD1, VD2 напряжения, запирающие транзисторы VT3, VT4 узла памяти, обеспечивая помехо-

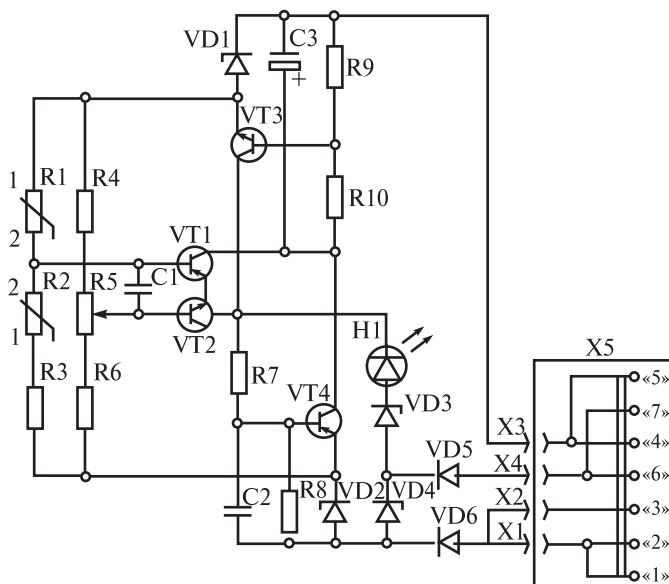


Рис. 12.7. Электрическая схема ИП 101

устойчивость извещателя. При медленном повышении температуры сопротивления $R1$ и $R2$ уменьшаются пропорционально друг другу. Напряжение на резисторе $R3$ и в точке соединения $R1$, $R2$ медленно растет и при достижении температуры $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ становится достаточным для открывания транзисторов компаратора (и включения узла памяти).

Извещатель срабатывает по максимальному каналу. При быстром повышении температуры сопротивление терморезистора $R2$ не успевает уменьшиться, напряжение в точке соединения резисторов $R1$, $R2$ достигает порога открывания транзисторов компаратора напряжения $VT1$, $VT2$ при температуре ниже температуры срабатывания. Извещатель срабатывает по дифференциальному каналу. Стабистор $VD4$ и развязывающий диод $VD5$ обеспечивают возможность работы нескольких извещателей с одним групповым выносным устройством оптической индикации срабатывания. Существуют извещатели и с другими электронными схемами.

Дымовой пожарный извещатель ИП 211 (РИД-6М) (рис. 12.8) предназначен для раннего обнаружения загораний при появлении ды-

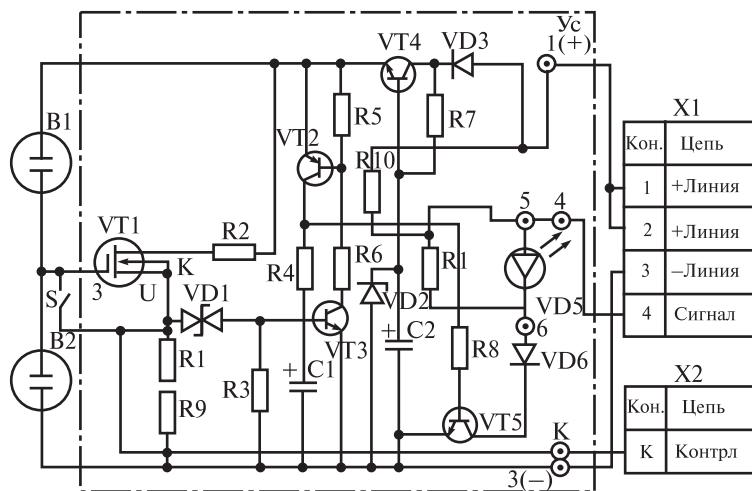


Рис. 12.8. Электрическая схема извещателя РИД-6М

ма и подачи сигнала «Пожар» по двухпроводному шлейфу сигнализации. Извещатель состоит из двух ионизационных камер, одна из которых открытая радиоизотопная, другая — компенсационная. В извещателе используются два альфа-источника ^{239}Pu общей активностью 10 мКи.

Камера B1 — компенсационная, камера B2 — открытая, точка соединения камер подключена к затвору полевого транзистора VT1. При попадании дыма в камеру B2 увеличивается ее сопротивление постоянному току за счет снижения степени ионизации и соответственно возрастает падение напряжения на ней, а следовательно, и на резисторе R1. При достижении заданной величины напряжения на R1 открывается стабилитрон VD1, который пропускает ток на транзисторы VT2 и VT3, в результате чего транзисторы открываются.

Падение напряжения на цепочке резистор — R4, переход база — эмиттер транзистора VT3 приведет к открыванию транзистора VT5. При этом произойдет резкое увеличение тока в цепи сигнализации и загорание индикатора и светодиода VD5. Кнопка S предназначена для тестового контроля работоспособности извещателя с помощью съемника-пробника. Извещатель не рекомен-

дуется устанавливать в жилых помещениях и детских учреждениях. Порог срабатывания — 0,7дБ/м. Инерционность — не более 10 с.

ФГУП «Институт физико-технических проблем» Минатома РФ (г. Дубна) разработал и освоил технологию замены альфа-источников типа АИП-РИД в радиоизотопном дымовом пожарном извещателе типа РИД-6М, что позволяет продлить эксплуатацию извещателей РИД-6М вместо их вынужденного демонтажа и захоронения.

Аналогом извещателя РИД-6М является ИП-01Л, в котором используется один альфа-источник ^{241}Am с активностью 0,8 мКю. Извещатель имеет низкую активность, хорошо работает в условиях обычных производственных помещений (АТС, офисы, вычислительные центры). Извещатель имеет универсальную розетку и взаимозаменяем с извещателями ИП 101, ИП 212. Радиоизотопные извещатели эффективны для обнаружения дыма при горении любых веществ и материалов.

Дымовой пожарный извещатель ИП 211-1. ФГУП «Институт физико-технических проблем» разработал и освоил в серийном производстве специальный радиоизотопный пожарный извещатель типа ИП 211-1, имеющий уникальные технические характеристики, полностью соответствующие или превосходящие зарубежные аналоги, а именно: извещатель способен работать в диапазоне температур от -30 до $+100$ °С и относительной влажности до 98 %, а также может использоваться для включения системы автоматического пожаротушения.

Извещатели ИП 211-1 имеют герметичное основание с клеммной колодкой для подключения двухпроводной линии через сальниковые вводы или полудюймовые резьбовые соединения.

Дымовой извещатель полупроводниковый фотозлектрический серии ИП 212-5МЗ (ДИП-3МЗ) предназначен для круглосуточной непрерывной работы с пультами ППК-2, УОТС-1, «Сигнал-42» и др. Извещатель представляет собой единую конструкцию, состоящую из корпуса и крышки, соединенных винтами. В извещателе применена горизонтально вентилируемая оптическая система.

На лицевой поверхности извещателя расположен индикатор срабатывания. Некоторые разновидности конструкции ИП 212 имеют встроенную кнопку для проверки работоспособности ДПИ. Опти-

ческий узел конструктивно объединяет фотоприемник (фотодиод) VD1 и излучатель (светодиод) VD4, работающие в инфракрасном диапазоне таким образом, что их оптические оси пересекаются под углом 120° , а область, образуемая пересечением телесных углов поля зрения фотоприемника и излучателя, является областью, чувствительной к дыму (рис. 12.9).

При отсутствии дыма в зоне обнаружения конструкция оптической системы должна обеспечить максимальное поглощение мощности излучателя и в идеале полное отсутствие, а в реальности минимальное попадание этого излучения на приемник. При попадании дыма в измерительную камеру инфракрасное излучение рассеивается (переотражается, преломляется) его частицами, что приводит к значительному увеличению попадающей на приемник мощности излучения, фиксируемой электронной схемой извещателя.

Порог срабатывания равен 0,05—0,2 дБ/м. Инерционность — 5 с. Допустимая скорость воздушных потоков — до 10 м/с.

Модификациями извещателя являются разработки ИП 212-39; ИП 212-41; ИП 212-43; ИП 212-44; ИП 212-53; ИП 212-54, ИП 212-5СУ и др. В основу конструкции перечисленных ДПИ положен одинаковый принцип обнаружения дыма. Извещатели отличаются различной величиной напряжения питания и источниками питания, двух- или четырехпроводными шлейфами АПС, наличием встроенной звуковой сирены, специальной розеткой подключения, различными габаритами, наличием монтажных устройств крепле-

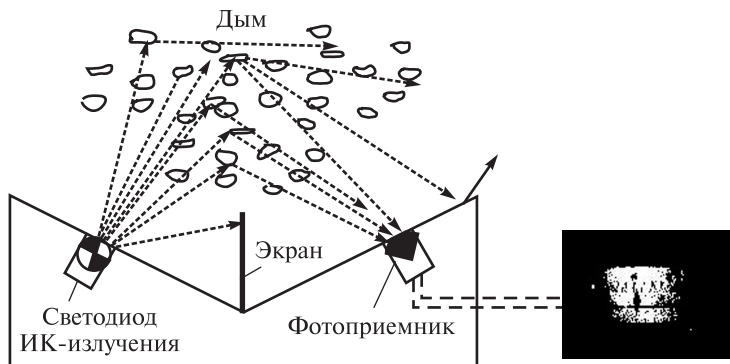


Рис. 12.9 Принцип действия дымового оптико-электронного извещателя

ния, конструкциями отверстий дымозабора, параметрами помехозащищенности и др.

Серии извещателей ИП 212-54Н (низковольтные), ИП 212-54Р (релейные) и ИП 212-54Т (токовые) с большим числом модификаций выполнены в едином малогабаритном виде, при этом уменьшение размеров достигнуто за счет более компактного размещения печатной платы и элементов при сохранении размеров зоны обнаружения как у стандартных типов ДПИ. ИП 212-54 предназначен для применения в системах пожарной сигнализации в качестве точечного порогового извещателя дыма и совместим со всеми отечественными пожарными приемно-контрольными приборами, а с модулями МС-03 и МС-04 — еще и с большинством импортных охранно-пожарных приборов.

Отличительной особенностью ИП 212-53 является наличие встроенной звуковой сирены, а при срабатывании извещателя наряду с формированием традиционных тревожных сигналов (электрического в шлейфе сигнализации и оптического на извещателе и выносном устройстве) дополнительно генерируется звуковой сигнал оповещения.

Фотоэлектрический дымовой пожарный (автономный) извещатель ИП 212-43. Принцип действия извещателя основан на постоянном контроле оптической плотности среды по интенсивности отраженного ИК-излучения от частиц дыма. Извещатель рассчитан на круглосуточную работу при питании от батарейки типа «Корунд» или четырех батареек типа ААА (10×45 мм), установленных внутри корпуса со стороны задней крышки. Извещатель обеспечивает подачу тревожных сообщений в виде громких звуковых сигналов. Применение импульсного режима работы оптической системы обнаружения с дискретным изменением частоты следования импульсов при появлении дыма определяет быстроедействие и высокую чувствительность.

Извещатель формирует сигналы «Внимание» (75 % от порога срабатывания) и «Пожар». В схеме извещателя применен пик-процессор «*MicRochiP*»; разработанная для него программа обеспечивает минимизацию электропотребления. Извещатель имеет встроенный узел проверки работоспособности. Чувствительность извещателя по оптической плотности задымленной среды составляет от 0,05 до 0,2 дБ/м.

Электрическая схема извещателя ИП 212-43 показана на рис. 12.10.

Извещатель пламени ИП 329 («Аметист») представляет собой автоматическое оптико-электронное устройство, осуществляющее электрическую и оптическую сигнализацию при появлении пламени в контролируемом помещении.

Чувствительный элемент извещателя — индикатор фотонов. Основными узлами схемы извещателя являются стабилизатор напряжения, преобразователь высокого напряжения, схема обработки информационных сигналов, каскад газоразрядного индикатора фотонов и формирователь тока тревожного сообщения (рис. 12.11). Стабилизатор напряжения (VD3, VT6—10; R11; R22; C8—10) формирует стабилизированное напряжение 15 и 10 В, необходимое для питания основных узлов извещателя. Преобразователь высокого напряжения (VD4—6; D12; R39—54; C18—43) преобразует стабилизированное напряжение 15 В в напряжение 280 В, необходимое для работы индикатора фотонов.

Каскад газоразрядного индикатора фотонов (B1, VD13, C16—17, R34—37, VD10) регистрирует информационное ультрафиолетовое излучение от пламени пожара, преобразует его в последовательность нормированных по амплитуде электрических импульсов и обеспечивает согласование выходного сопротивления индикатора фотонов с входным сопротивлением схемы обработки информационных сигналов. Схема обработки информационного сигнала формирует сигнал логический «1» при условии поступления на нее определенного количества импульсов за фиксированный интервал времени.

Извещатель имеет три порога срабатывания по количеству поступающих на схему импульсов. Сигнал логический «1» поступает на формирователь тока тревожного извещения (R4—12, VT1—5, VD1, C3), который формирует в сигнальной линии ток величиной не менее 18 мА, регистрируемый приемно-контрольным прибором или пультом пожарной сигнализации. Извещатель имеет чувствительность к пламени парафиновой свечи $D=25$ мм при высоте пламени 3—4 см на расстоянии 0,5 м с инерционностью 5 с. Контролируемая площадь при высоте установки 20 м без пылеотражателя — 1000 м², с пылеотражателем — 200 м².

Спектральная зона чувствительности ИП 329-5 показана на рис. 12.12.

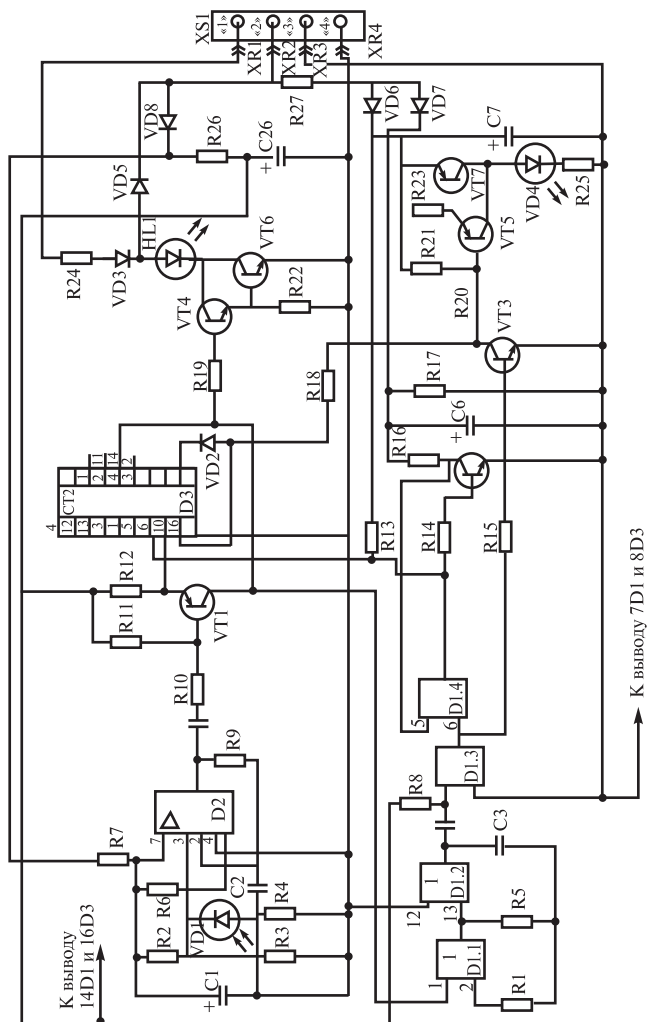


Рис. 12.10. Электрическая схема извещателя ИП 212-43

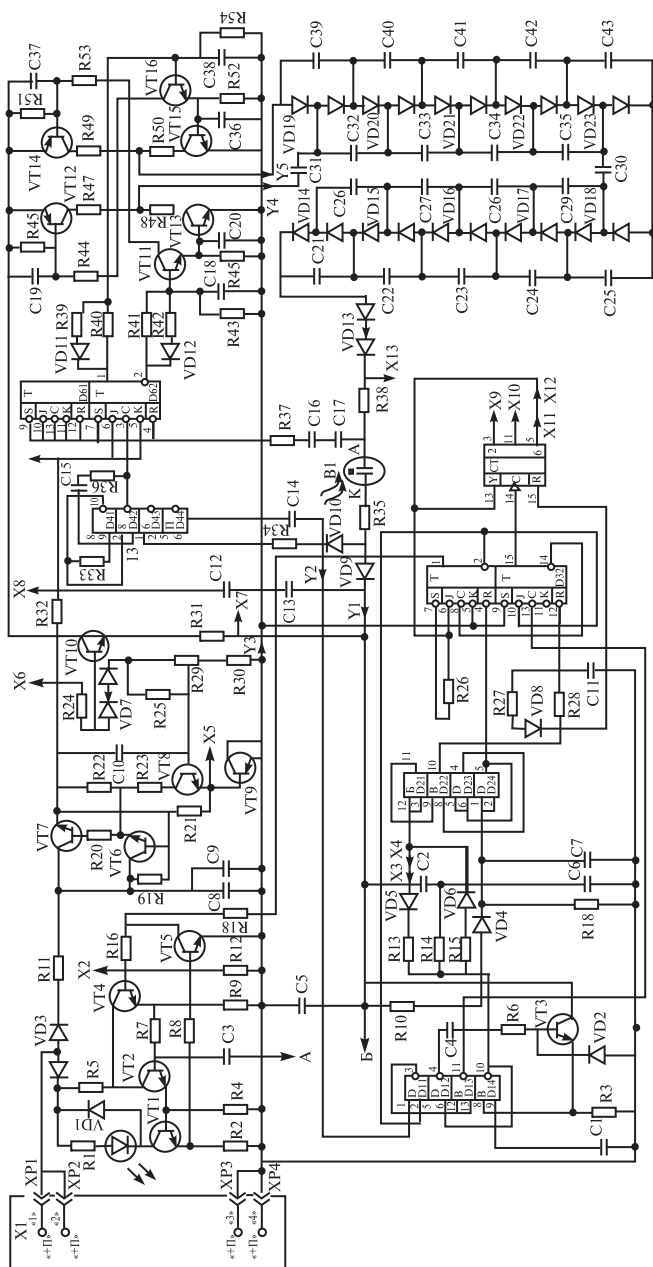


Рис. 12.11. Электрическая схема извещателя ИП 329

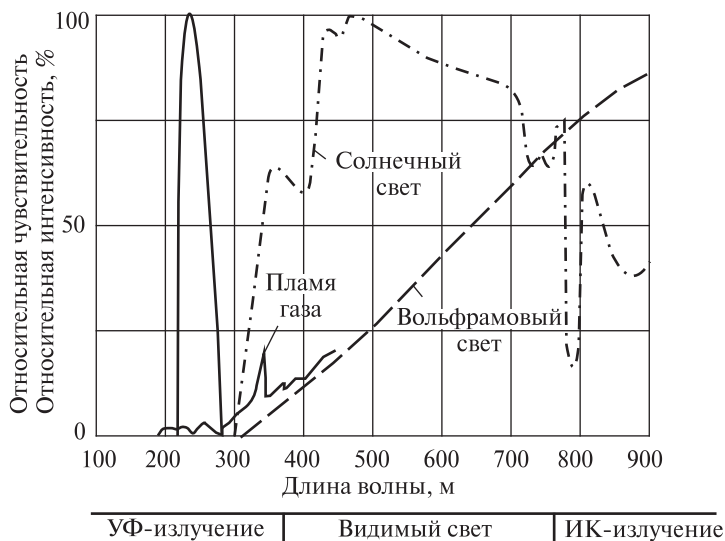


Рис. 12.12. Спектральная зона чувствительности ИП 329-5

Термочувствительный кабель. Разновидностью полупроводниковых извещателей, основанных на изменении электрических параметров полупроводника при его нагревании, является термочувствительный кабель (ТЧК). Он представляет собой гибкий коаксиальный провод из нержавеющей стали с наружным диаметром 1,5—3 мм. Внутри оболочки проложен стальной проводник. Между оболочкой и проводником проложен полупроводниковый состав с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления

$$R_1 = A \exp\left(\frac{B/T}{L}\right),$$

где A — постоянная, зависящая от материала изоляции, Ом/см;

B — коэффициент, характеризующий температурную чувствительность кабеля, °С;

L — длина кабеля, м.

При нагревании кабеля в любом месте изменяется его сопротивление. Такое изменение электрических параметров чувствительных полупроводниковых элементов преобразуется электронной схемой в сигнал тревоги. Примером такого устройства является ли-

нейная система сигнализации «Alarmline LHD4» фирмы «KIDDE» и «Alarmline LHD4» фирмы «BOSCH».

Устройство обнаружения пожара имеет сенсорную длину чувствительного элемента 300 м (максимальная длина — 1,5 км). Он слабо чувствителен к механическим и химическим воздействиям, коррозии, влажности, пыли и пригоден для применения во взрывоопасных зонах. Данная система состоит из двух компонентов: сенсорной линии и блока обработки результатов измерения. Сенсорная линия системы состоит из четырех медных проводов. Они покрыты материалом цветного кодирования с отрицательным температурным коэффициентом и имеют огнестойкую наружную оболочку. Провода сенсорной линии в конце соединяются друг с другом и герметически уплотняются таким образом, что возникают две петли. Обе петли постоянно контролируются. Разрыв или короткое замыкание вызывает аварийный сигнал в блоке обработки результатов.

При повышении температуры изменяется электрическое сопротивление между обеими петлями; с повышением температуры сопротивление уменьшается. Это изменение распознается блоком обработки результатов, который при превышении установленной температуры реагирования включает аварийный сигнал.

К тепловому линейному извещателю относится используемый в нашей стране детектор PHSC фирмы «Protectowire», состоящий из двух проводников, каждый из которых покрыт материалом, чувствительным к нагреву.

Схема линейного теплового извещателя показана на рис. 12.13.

Применение линейного теплового извещателя наиболее эффективно в кабельных каналах, ангарах, фальшполах компьютерных залов, на электроподстанциях, высокостеллажных складах, морских судах. Линейный детектор точно определяет местонахождение точки перегрева в любом месте этих сооружений, а также выдерживает агрессивное воздействие окружающей среды. Линейный извещатель подключается через интерфейсный модуль типа РИМ-93 к приемно-контрольному прибору. Основные типы линейных извещателей представлены в табл. 12.4.

Возможные схемы подключения линейного теплового извещателя показаны на рис. 12.14.

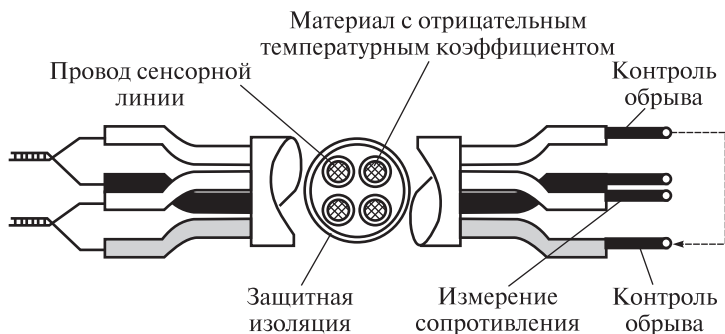


Рис. 12.13. Схема линейного теплового извещателя

Таблица 12.4

Основные типы линейных извещателей

Тип извещателя	Максимальная рабочая температура, °С	Температура срабатывания, °С	Условия эксплуатации
PHSC-155	37,8	68,3	Нормальные
PHSC-195	65,6	87,8	То же
PHSC-280	93,3	137,8	То же
PHSC-155EPC	37,8	68,3	В промышленности
PHSC-280EPC	93,3	137,8	То же
PHSC-190EPN	65,6	87,8	Агрессивная среда
PHSC-280EPN	93,3	137,8	То же

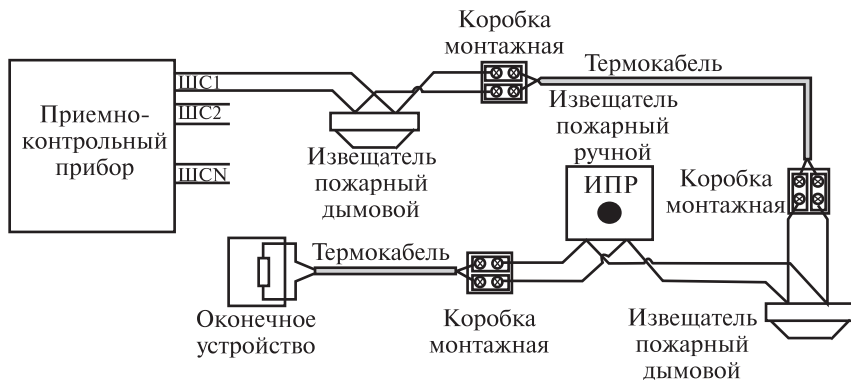


Рис. 12.14. Возможные схемы подключения линейного теплового извещателя

Система автоматической пожарной защиты (АПЗ) крупных железнодорожных объектов. К особенностям крупных железнодорожных объектов, таких, как например, ремонтное депо, относятся высота помещений — до 20 м, габариты — 10 тыс. м² и более, наличие смотровых ям под железнодорожными путями, возможность пребывания подвижного состава в помещении, отсутствие водоисточников или их ограниченность по водоотдаче.

В соответствии с общероссийскими и ведомственными нормами указанные помещения подлежат оборудованию автоматическими установками пожаротушения (АУПТ).

Наиболее экономичным и надежным видом пожаротушения для помещений относительно большой площади и объема является спринклерное водяное либо пенное пожаротушение.

Кроме того, в технологическом процессе ремонта и технического обслуживания подвижного состава широко используются различные виды полимерных материалов, которые, как известно, успешно тушатся пеной.

В системе обнаружения пожара целесообразно использовать автоматические линейные пожарные извещатели типа «термокабель», проложенные по периметру ямы, либо световые пожарные извещатели. Для предотвращения ложных срабатываний установки возможно применение систем обнаружения пожара по двум параметрам (световое излучение, избыточная температура) одновременно.

Еще одной особенностью крупных железнодорожных объектов является наличие встроенных (пристроенных) административно-бытовых помещений либо корпусов, в которых использование пены не предусмотрено нормами. В этом случае, учитывая также ограниченные возможности водоисточников, целесообразно оборудовать данные помещения отдельной секцией спринклерного пожаротушения тонкораспыленной водой. Использование тонкораспыленной воды для пожаротушения административно-бытовых помещений позволяет значительно снизить ущерб от применения ОТВ при пожаротушении.

Структурная схема автоматической пожарной защиты железнодорожного объекта представлена на рис. 12.15.

Традиционно сложилось, что в зданиях, оборудованных системами пожаротушения, функцию обнаружения пожара выполняет сама система пожаротушения. Оперативное оповещение о пожа-

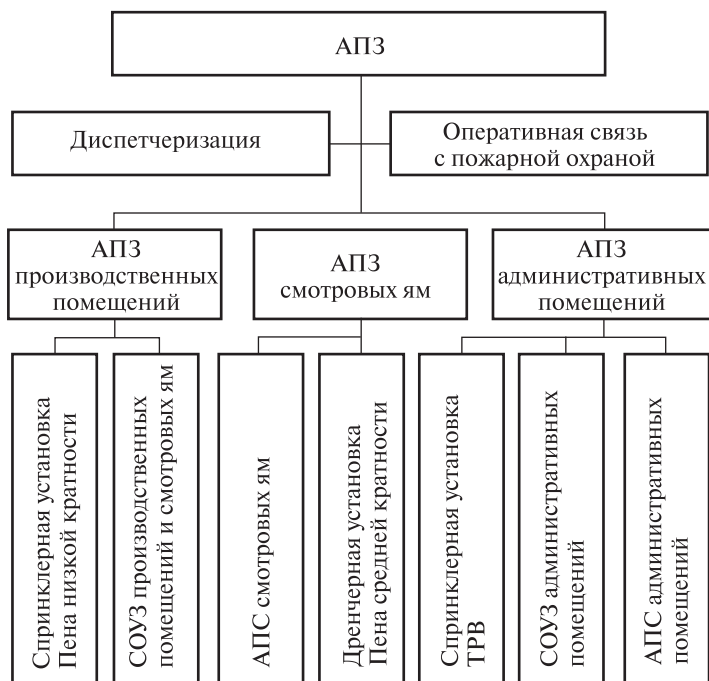


Рис. 12.15. Структурная схема автоматической пожарной защиты железнодорожных объектов

ре при его визуальном обнаружении необходимо предусматривать ручными пожарными извещателями, установленными на путях эвакуации.

Для раннего обнаружения пожара в административных помещениях целесообразно применять дополнительно к установке пожаротушения автоматическую пожарную сигнализацию, что позволяет увеличить время безопасной эвакуации людей.

Дополнительными факторами, обуславливающими применение адресно-аналоговых систем, являются их большая надежность и устойчивость к ложным срабатываниям по сравнению с неадресными системами. Это особенно важно при использовании пожарной сигнализации для управления пожаротушением.

Структура пожарной сигнализации: для защиты административных помещений рекомендуется применять адресные (адресно-ана-

логовые) дымовые пожарные извещатели и ручные пожарные извещатели, для защиты смотровых ям целесообразно применить адресно-аналоговые извещатели пламени и подключенные через адресно-сигнальные модули (блоки) тепловые линейные извещатели.

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре необходима для своевременного оповещения людей, находящихся в здании, о пожаре, определения направления эвакуационных потоков к выходам. В случае применения системы оповещения третьего типа (речевое оповещение) возможно объединение системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре с системой оповещения о чрезвычайных ситуациях (селекторная связь ГОЧС), при этом оповещение о пожаре осуществляется позонно.

12.4. Прогнозирование последствий аварий, связанных с пожарами

Одним из поражающих факторов пожара является тепловое воздействие от продуктов горения. Подобное воздействие определяется величиной плотности потока поглощенного излучения $Q_{\text{погл}}$ (кВт/м²) и временем теплового излучения t (с). Плотность потока поглощенного излучения связана с плотностью потока падающего излучения соотношением $Q_{\text{погл}} = \varepsilon Q_{\text{пад}} \cos \alpha$, где ε — степень черноты (поглощательная способность) тепловоспринимающей поверхности; α — угол между направлением теплового потока и нормалью к поверхности тела. Чем меньше степень черноты облучаемого тела (больше отражательная способность поверхности тел), тем меньше величина поглощения, т.е. $Q_{\text{погл}}$, при прочих равных условиях. Некоторые коэффициенты поглощения материалов, окрашенных в различные цвета, приблизительно равны следующим значениям: красный цвет — 0,85; оранжевый — 0,5; желтый — 0,25; зеленый — 0,8; голубой — 0,5; синий — 0,65; фиолетовый — 0,9; черный — 0,98; белый — 0,17; светло-серый — 0,45.

Человек ощущает сильную («едва переносимую») боль, когда температура верхнего слоя кожи превышает 45 °С. Время достижения «порога боли» τ , с, определяется зависимостью $\tau = (35/Q)^{1,33}$, с.

Здесь и в дальнейшем (если это не оговаривается) под « Q » следует понимать « $Q_{\text{погл}}$ ».

В табл. 12.5 приведены степени термического ожога кожи человека.

Таблица 12.5

Характеристики ожогов кожи человека

Степень	Повреждение	Температура $t^{\circ}\text{C}$	Тепловая доза $Q\tau$, кДж/м ²	Характеристика
I	Эпидермиса	<55	<42	Покраснение кожи ($Q^{1,15}\tau = 5500$)
II	Дермы	>55	42—84	Волдыри ($Q^{1,33}\tau = 8700$)
III	Подкожного слоя		>84	Летальный исход при поражении более 20 % кожи

Время (с) воспламенения горючих материалов при воздействии на них теплового потока плотностью Q (кВт/м²) определяется зависимостью

$$\tau = A/(Q - Q_{\text{кр}})^n, \quad (12.1)$$

где $Q_{\text{кр}}$ — критическая плотность теплового потока, кВт/м²;

A и n — константы для конкретных веществ (так, для древесины $A = 4360$, а $n = 1,61$)

Значения $Q_{\text{кр}}$ для разных материалов и результаты расчета по формуле (12.1) приведены в табл. 12.6.

Таблица 12.6

Характеристики критических тепловых нагрузок ($Q_{\text{кр}}$) и времени воспламенения (τ) в зависимости от плотности теплового потока (Q) для различных веществ и материалов

Вещество, материалы	$Q_{\text{кр}}$, кВт/м ²	Время воспламенения, τ , с				
		Плотность теплового потока, Q , кВт/м ²				
		20	50	100	150	200
1	2	3	4	5	6	7
Солома	7,0	70,3	10,2	2,9	1,4	0,91
Пенопласт	7,40	73,7	10,3	2,9	1,5	0,91
Хлопок-волокно	7,50	74,7	10,4	2,9	1,5	0,92
Х/б ткани	8,37	83,9	10,7	3,0	1,5	0,92
Торф кусковой	9,8	103,6	11,4	3,1	1,5	0,93
Картон серый	10,8	122,4	11,8	3,1	1,5	0,94
Картон фибровый	10,88	124,1	11,9	3,1	1,5	0,94
Темная древесина, ДСП	12,56	172,3	12,7	3,2	1,5	0,96
Бензин А-66	12,6	173,8	12,8	3,2	1,6	0,96
Древесина сосновая	12,8	181,5	12,9	3,3	1,6	0,96

1	2	3	4	5	6	7
Резина	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	1,02
Битумная кровля	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	1,02
Пластик слоистый	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	0,97
Фанера	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	0,97
Бензин А-78	7,0	70,3	10,2	3,4	1,7	0,98
Древесина крашенная	7,0	70,3	10,2	3,4	1,7	0,99
Древесина обугленная	7,0	70,3	10,2	3,4	1,7	1,0

Особо опасны нагревы емкостей с нефтепродуктами, которые могут воспламеняться через τ (с) при воздействии на них теплового потока Q , кВт/м². Некоторые зависимости приведены в табл. 12.7.

Таблица 12.7

Зависимость времени воспламенения τ (с) емкости с нефтепродуктами от величины теплового потока излучения Q (кВт/м²)

τ	5	10	15	20	29	>30
Q	34,9	27,6	24,8	21,4	19,9	19,5

Вероятность поражения человека от теплового воздействия с летальным исходом можно определить по значению для пробит-функции P_R , вычисляемой по зависимости

$$P_R = -9,5 + 2,56 \ln(Q^{1,33} \cdot \tau). \quad (12.2)$$

Значения пробит-функции приведены в табл. 12.8.

Таблица 12.8

Зависимость степени поражения (разрушения) от пробит-функции

$P_{\text{пор}}, \%$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,26	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,82
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Время теплового воздействия τ (с) для случаев пожара разли-
тия и горения здания (сооружения, штабеля и т.п.) определяется
по зависимости

$$\tau = \tau_0 + x/V,$$

где τ_0 — время обнаружения пожара (допускается принимать 5 с);

x — расстояние (м) от места нахождения человека до зоны, где Q не пре-
вышает 4 кВт/м²;

V — скорость движения человека ($V \approx 5$ м/с).

Для случая огненного шара время теплового воздействия опре-
деляется длительностью огненного шара.

Пожар разлития

При утечке сжиженного углеводородного газа (СУГ) или жид-
кости в поддон или обваловку глубина заполнения h (м) может оп-
ределяться по зависимости

$$h = m_{\text{ж}} / (Q_{\text{ж}} F_{\text{под}}), \quad (12.3)$$

где $m_{\text{ж}}$, $Q_{\text{ж}}$ — масса и плотность разлившейся жидкости, кг и кг/м³;

F — площадь поддона, м².

Если поддона или обвалования нет, то площадь разлива $F_{\text{раз}} = m_{\text{ж}} /$
 $/h \cdot Q_{\text{ж}}$. При свободном разливе высота (толщина) слоя принимает-
ся равной $h = 0,05$ м.

Пламя пожара разлития при расчетах представляют в виде на-
клонного по направлению ветра цилиндра. Диаметр этого цилин-
дра равен диаметру «зеркала» разлива (или поддона, обвалования),
т.е. $D = 2R = \sqrt{4Fppa/\pi}$. Угол наклона цилиндра θ зависит от без-
размерной скорости ветра $W_{\text{в}}^c \cdot \cos \theta = 0,75(W_{\text{в}})^{-0,49}$, а $W_{\text{в}}^c = W(m_{\text{выг}} \times$
 $\times gD/\rho_{\text{п}})^{-1/3}$.

Геометрические параметры факела пожара разлития определя-
ются зависимостью (формула Томаса):

$$L/D = A[m_{\text{выг}}[\rho_{\text{в}}/\sqrt{(gD)}]^B]W_{\text{в}}^c, \quad (12.4)$$

где $W_{\text{в}}^c$ — безразмерная скорость ветра, $W_{\text{в}}^c = w(m_{\text{выг}}gD/\rho_{\text{п}})^{-1/3}$;

w — скорость ветра, м/с;

$\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{в}}$ — плотность пара и воздуха, кг/м³;

$m_{\text{выг}}$ — массовая скорость выгорания, кг/(м²·с);

D — диаметр зеркала разлива, м;

g — ускорение свободного падения, м/с².

Коэффициенты в формуле Томаса: $A=55$; $B=0,67$; $c=-0,21$ справедливы для широкого диапазона параметров $10^{-3} \leq L/D \leq 10$; $10^{-6} \leq m_{\text{выг}}/[\rho_{\text{ж}} \sqrt{gD}] \leq 10^{-2}$.

Скорость выгорания

$$m_{\text{выг}} = C \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} / L_{\text{исп}},$$

где $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, кг/м³;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг;

$L_{\text{исп}}$ — скрытая теплота испарения жидкости, Дж/кг;

$C=1,25 \cdot 10^{-6}$ м/с — коэффициент пропорциональности.

Отличительной чертой пожаров разлива является «накрытие» с подветренной стороны. Это покрытие может составлять 25—50 % диаметра обвалования (зеркала разлива).

Плотность потока, падающего на элементарную площадку, расположенную параллельно ($X=0$) и перпендикулярно ($X=90^\circ$), $Q_{\text{пад}}$ (кВт/м²):

$$Q_{\text{пад}} = Q_{\text{соб}} \cdot \exp[-7,0 \cdot 10^{-4}(R-R)] \cdot \varphi, \quad (12.5)$$

где φ — угловой коэффициент излучения с площадки боковой поверхности пламени пожара разлива на единичную площадку, расположенную на уровне грунта;

$Q_{\text{соб}}$ — средняя по поверхности плотность потока собственного излучения пламени, кВт/м². Ее значения приведены в табл. 12.9 для некоторых жидких видов топлива.

Таблица 12.9

Значения $Q_{\text{соб}}$ (кВт/м²) для некоторых жидких углеводородных видов топлива

Топливо	$Q_{\text{соб}}$, кВт/м ²					$m_{\text{выг}}$, кг/(м ² ·с)
	$d=10$ м	$d=20$ м	$d=30$ м	$d=40$ м	$d=50$ м	
СПГ (метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (пропан)	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Диз. топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание. Для очагов диаметром менее 10 м и более 50 м следует принимать величину $Q_{\text{соб}}$ такой же, как и для очагов диаметром 10 и 50 м соответственно.

При горении топлива в котлованах без ограничивающих стенок (очаг горения на уровне земли) имеет место «переливание» пламени под действием ветра за пределы очага горения в радиусе R^* , который равен:

$$r^* / r = K_1 [W_B / (gD)] K_2 (\rho_B / \rho_n)^{K_3}. \quad (12.6)$$

Для углеводородных видов топлива: $K_1 = 1,0$; $K_2 = 0,069$; $K_3 = 0,416$.

Для сжиженного газа: $K_1 = 1,5$; $K_2 = 0,069$; $K_3 = 0$.

Горение парогазовоздушного облака

При горении парогазовоздушного облака с образованием «огненного шара» тепловой поток с него на поверхность мишени $Q_{\text{пад}}$ (кВт/м²) равен:

$$Q_{\text{пад}} = Q_{\text{собо}} \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (\sqrt{R^2 + H^2} - D_{\text{эф}}/2)] \cdot \varphi, \quad (12.7)$$

где $Q_{\text{собо}}$ — плотность потока, падающего с его поверхности, кВт/м² (допускается принимать равной 450 кВт/м²);

R — расстояние от точки проекции центра шара на землю до объекта, м;

$D_{\text{эф}}$ — эффективный диаметр «огненного шара», м;

$$D_{\text{эф}} = 5,33 M^{0,327}, \quad (12.8)$$

где M — масса горючего вещества, кг;

H — высота центра «огненного шара», м (допускается принимать равной $0,5 D_{\text{эф}}$);

φ — угловой коэффициент излучения с «огненного шара» на элементарную площадку на поверхности облучаемой мишени определяется по формуле:

$$\varphi = [H/D_{\text{эф}} + 0,5] / 4 [H/D_{\text{эф}} + 0,5]^2 + (K/D_{\text{эф}})^2]^{1,5}. \quad (12.9)$$

Время существования «огненного шара» τ (с) рассчитывается по зависимости

$$\tau = 0,29 M^{0,303}. \quad (12.10)$$

Найдя значения Q и τ по формулам (12.7) и (12.10), а по формуле (12.2) определив величину пробит-функции, по табл. 12.10 можно определить степень теплового поражения объекта.

Таблица 12.10

Теплотехнические характеристики материалов и веществ

Вещества, материалы	Массовая скорость выгорания $V_{\text{выг}}$, кг/(м ² с)	Теплота горения Q , кДж/кг	Плотность потока пламени пожара $Q_{\text{собо}}$, кВт/м ²
1	2	3	4
Ацетон	0,047	28 400	1200

1	2	3	4
Бензол	0,08	30 500	2500
Бензин	0,05	44 000	1780—1220
Керосин	0,05	43 000	1520
Мазут	0,013	40 000	1300
Нефть	0,02	43 700	874
Древесина	0,015	19 000	260
Каучук натуральный	0,013	42 000	460
Пиломатериалы	0,017	14 000	150

Горение зданий и промышленных объектов

Расчет протяженности зон теплового воздействия R (м) при горении зданий ведется по формуле

$$R = 0,282 R^* \sqrt{(Q_{\text{соб}} / Q_{\text{кр}})}, \quad (12.11)$$

где $Q_{\text{соб}}$ — плотность потока собственного излучения пламени пожара, кВт/м² (см. табл. 12.10);

$Q_{\text{кр}}$ — критическая плотность потока излучения пламени пожара, падающая на облучаемую поверхность и приводящая к тем или иным последствиям, кВт/м² (табл. 12.11);

R^* — приведенный размер очага горения, м, равный: $\sqrt{lh}$ — для горящих зданий; $(1,75-2,0)\sqrt{lh}$ — для штабеля пиленого леса; $0,8D_{\text{рез}}$ — для горения нефтепродуктов в резервуаре; l и h — длина и высота объекта горения, м; $D_{\text{рез}}$ — диаметр резервуара, м.

Таблица 12.11

Критические значения плотностей потока падающего излучения

$Q_{\text{кр}}$, кВт/м ²	Время до того, как ,с	
	Начинаются болевые ощущения	Появляются ожоги (ожог II степени)
1	2	3
30	1	2
22	2	3
18	2,5	4,3
11	5	8,5
8	8	13,5
5	16	25
4,2	15—20	40

1	2	3
1,5	безопасно	безопасно
14,0	возгорание древесины	через 10 мин
17,5	возгорание древесины	через 5 мин
35,0	возгорание ЛВЖ	через 3 мин
41,0	возгорание ГЖ	через 3 мин

Задавая ту или иную степень поражения человека (сооружения и т.п.) по формуле (12.11), определяют расстояние от очага пожара, на котором возможно наступление какого-либо события.

Методические основы обоснования числа пожарно-спасательных депо

Исходным параметром для определения количества пожарно-спасательных депо гарнизона является среднее время следования $\bar{\tau}_{\text{сл}}$ первого подразделения к месту вызова. За условную форму зоны обслуживания одного пожарного депо принимается не круг, а правильный шестиугольник площадью $S_0 = 3\sqrt{3} / R_0^2 \approx 2,6R_0^2$, где R_0 — радиус описанной окружности (радиус обслуживания депо). Зная площадь гарнизона (города) и число пожарных депо в нем $N_D = N_{\text{кар}}$ ($N_{\text{кар}}$ — число дежурных караулов, дислоцированных в N депо), определим

$$S_0 = S / N_{\text{кар}} - N_{\text{ср.зан.кар}} = 2,6R_0^2, \quad (12.12)$$

где S_0 — средняя площадь обслуживания одним депо;

$N_{\text{ср.зан.кар}}$ — среднее число одновременно занятых в городе в любой момент времени дежурных (оно примерно равно среднему числу одновременно обслуживаемых в любой момент времени вызовов).

$$R_0 = 0,6\sqrt{S / N_{\text{д}} - \lambda \bar{\tau}_{\text{зан}}}, \quad (12.13)$$

где вместо $N_{\text{ср.зан.кар}}$ принято значение $\lambda \bar{\tau}_{\text{зан}}$, т.е. среднее число одновременных выездов, так как в большинстве случаев один вызов обслуживается одним дежурным караулом.

Радиус обслуживания R_0 можно определить как

$$R_0 = \bar{V}_{\text{сл}} \bar{\tau}_{\text{сл}} / K_{\text{н}}, \quad (12.14)$$

где $\bar{V}_{\text{сл}}$ — средняя скорость следования пожарных автомобилей;

$K_{\text{н}}$ — безразмерный коэффициент непрямолинейности уличной сети, $K_{\text{н}} = \sqrt{2} = 1,4$.

Объединяя (12.13) и (12.14), определим $\bar{\tau}_{\text{сл}}$ для города:

$$\bar{\tau}_{\text{сл}} = \frac{0,6 K_{\text{н}}}{\bar{V}_{\text{сл}}} \sqrt{S / (N_D - \lambda \bar{\tau}_{\text{зан}})}. \quad (12.15)$$

Из выражения (12.15) можно определить основную расчетную формулу для потребного числа депо в городе:

$$N_D = \frac{0,36 K_{\text{н}}^2 S}{\bar{V}_{\text{сл}}^2 \bar{\tau}_{\text{сл}}^2} + \lambda \tau_{\text{зан}}. \quad (12.16)$$

Формула (12.16) содержит довольно жесткие условия: форма — шестиугольник; обслуживание одного вызова одним караулом и др. Отказавшись от них, эту формулу можно упростить и привести к виду:

$$N_D = \frac{\alpha K_{\text{н}}^2 S}{\bar{V}_{\text{сл}}^2 \bar{\tau}_{\text{сл}}^2} + \beta \lambda \bar{\tau}_{\text{зан}}, \quad (12.17)$$

где α и β — безразмерные коэффициенты, учитывающие специфику данного города. Чаще всего (по опытным данным) $\alpha = 0,3-0,5$; $\beta = 1,0-1,5$ (допустимо брать усредненные значения).

В формуле (12.17) второе слагаемое $\beta \lambda \tau_{\text{зан}}$ имеет смысл учитывать в больших городах. Вне крупных городов число выездов в час намного меньше 1 ($\lambda \ll 1$) и вторым слагаемым можно пренебречь.

Пример. Для Москвы были приняты исходные данные: $S = 983 \text{ км}^2$; $K_{\text{н}} = 1,38$; $\bar{V}_{\text{сл}} = 25 \text{ км/ч}$; $\lambda = 10 \text{ в/ч}$; $\bar{\tau}_{\text{зан}} = 37,5 \text{ мин}$. Так, если при этих условиях вместо 7,0 мин (в среднем) прибывать к месту вызова в среднем за 6 минут, то вместо 61 депо нужно иметь 79, т.е. на 18 депо больше.

Средние скорости движения: в Берлине $\approx 25 \text{ км/ч}$; Париже — 17 км/ч; Риме — 14 км/ч.

Пример расчета числа пожарных депо для Москвы приведен в табл. 12.12.

Таблица 12.12

Пример расчета числа пожарных депо (для Москвы)

Среднее время следования, мин	Число пожарных депо	Средний радиус обслуживания, км	Средняя площадь обслуживания, км ²
1,0	2488	0,4	0,4
1,5	1112	0,5	0,9
2,0	630	0,7	1,6

Среднее время следования, мин	Число пожарных депо	Средний радиус обслуживания, км	Средняя площадь обслуживания, км ²
3,0	285	1,1	3,4
4,0	165	1,4	6,0
4,5	133	1,6	7,4
5,0	109	1,7	9,0
5,5	92	1,9	10,7
6,0	79	2,0	12,4
6,5	69	2,2	14,2
7,0	61	2,3	16,1
7,5	54	2,5	116,2
8,0	49	2,6	20,1
8,5	44	2,7	22,3
9,0	41	2,8	24,0
9,5	38	2,9	25,9
10,0	35	3,1	28,1
10,5	33	3,2	29,8
11,0	31	3,3	31,7
11,5	29	3,4	33,9
12,0	27	3,5	36,4
12,5	26	3,5	37,8
13,0	25	3,6	39,3
13,5	24	3,7	40,9
14,0	23	3,8	42,7
14,5	22	3,9	44,7
15,0	21	3,9	46,8

12.5. Математическая модель определения необходимого количества восстановительных и пожарных поездов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Проведенный анализ нормативно-методической литературы и деятельности восстановительных поездов ОАО «РЖД» показывает, что время на подход восстановительного поезда к месту транспортного происшествия (крушения, аварии, схода подвижного состава) можно определить по зависимости

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (12.18)$$

где T — время с момента подъема ВП до начала аварийно-восстановительных работ;

t_1 — время на подъем ВП (сбор специалистов ВП, подачу локомотива),
 t_2 — время на маневры по выходу на перегон со станции дислокации;
 t_3 — время движения на перегоне;
 t_4 — время на маневры по подходу непосредственно к месту схода подвижного состава.

Параметры t_2 , t_3 зависят от схемы и состояния путей в прямом и обратном направлениях, интенсивности движения по направлению, на котором произошло транспортное происшествие. Временной промежуток t_3 определяется скоростью движения и длиной участка от места дислокации до места транспортного происшествия.

Дислокация ВП изначально выбирается из надежности прикрытия главных ходов и участков с высокой интенсивностью движения. Необходимо отметить, что при этом вопрос о степени надежности прикрытия прочих участков до сих пор рассмотрен и изучен не был. В основном дело ограничивается ранее принятой нормой один ВП на 200 км, которая после сокращения числа ВП увеличилась для ряда дорог до 300—500 км путей на один поезд. Средняя длина участка обслуживания одного ВП составляет 350 км. Это означает, что в случае транспортного происшествия в точке сети, удаленной от места дислокации ВП на 350—500 км, время движения ВП до этой точки, с учетом средней скорости не выше 50 км/ч составит 8—10 ч, и в этом случае автоматически порог перерыва в движении поездов 6 часов будет превзойден. В случае наличия ОГ в составе перевозимого груза такая задержка недопустима даже для малодетального участка, поскольку экологический ущерб от несвоевременно ликвидируемой ЧС, а с ним и экологические штрафы, могут достигать значительных размеров.

Вышесказанное делает первостепенным как повышение технической и организационной эффективности работы ВПВП, так и необходимость теоретического анализа готовности системы ВП по уровням 80 % и 95 % к надежному техническому прикрытию всей сети ОАО «РЖД», при котором полный перерыв в движении поездов по главному ходу не будет превышать 6 ч.

Воспользуемся предположением об идеальных условиях выезда с места дислокации и подхода к месту транспортного происшествия, при которых время готовности ВП к выезду после получения приказа и время выхода ВП со станции дислокации на перегон не превышает нормативного (40 мин и 20 мин соответственно).

Показатели нормативов прикрытия участков железных дорог с наиболее интенсивными перевозками силами и средствами ЖТЧС включают:

- время прибытия аварийно-восстановительных формирований из пункта дислокации в зону ЧС;
- время восстановления движения; время ликвидации последствий ЧС (ТП).

Критерии достаточности числа ВП являются интегральными в соответствии с многообразием ситуаций, при которых требуется различное число ВП: от одного до шести. Кроме того, при сходе двухсекционного локомотива требуется ВП с 250-тонным грузоподъемным краном. В соответствии с этим могут рассматриваться условия своевременного подхода к месту ЧС (ТП), которое будем считать случайным, следующего числа ВП: 1) одного ВП; 2) двух ВП; 3) трех ВП; 4) четырех ВП; 5) пяти ВП; 6) шести ВП; кроме того, подход двух и трех ВП с дополнительным условием, что один из ВП имеет в своем составе железнодорожный кран грузоподъемностью 250 т. Принимаем, что вероятность наступления каждого из вышеперечисленных вариантов подчиняется нормальному закону.

Анализ количества ЧС (ТП), для ликвидации последствий которых требовалось определенное количество ВП, показал, что процентное распределение аварийных случаев соответственно: привлечение одного ВП — 10 %; привлечение двух ВП — 40 %; привлечение трех ВП — 40 %; привлечение четырех ВП — 5 %; привлечение пяти или шести ВП — 5 %. В дальнейшем ограничимся числом ВП от одного до четырех (привлечение пяти, шести и более ВП — редкое явление).

Вектор распределения аварийных случаев по количеству требуемых ВП обозначим как $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\}$.

Согласно вышеприведенным данным $\alpha_1 = 0,1$; $\alpha_2 = 0,4$; $\alpha_3 = 0,4$; $\alpha_4 = 0,05$.

Отдельно необходимо рассматривать случаи, когда требуется хотя бы один 250-тонный кран. Особенности технического оснащения каждого ВП не учитывались для упрощения математического аппарата и с учетом того обстоятельства, что в 80 % случаев к ликвидации последствий схода подвижного состава привлекаются

не менее 2—3 поездов, которые в сумме дополняют друг друга по специфике специальных технических средств.

Для формулирования математической задачи картографическое изображение каждой дороги разбивается на участки, причем участком будет являться часть железнодорожных путей, ограниченных двумя, тремя, четырьмя ВП, в зависимости от конфигурации участка. Границей участка может быть и граница железной дороги, и тупиковая точка.

Например, при анализе железной дороги N участком являются железнодорожные пути между станциями А—Б, а следующим участком являются железнодорожные пути между станциями Б—В и т.д. Переход с участка на участок осуществляется переходом через станцию, которая является местом дислокации ВП.

Текущий участок обозначим как U_j . Точку на железнодорожных путях внутри участка (возможную точку крушения, аварии, схода — ТП) обозначим через x . Для точек внутри участка рассчитывается набор функций $f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x)$, где $f_i(x)$ — расстояние по железнодорожной линии от точки x участка до места дислокации ВП _{i} , $i = 1, 2, 3, 4$.

Железная дорога, таким образом, может быть разбита на участки со своей, единственной для каждого участка группой их четырех ВП.

Множество наборов групп ВП обозначим как $M = \{m_K\}_{K=1}^4$, а множество участков, составляющих в целом железную дорогу, как $U = \{U_{ij}\}_{j=1}^n$; где n — число участков для данной дороги.

Обозначим и расстояние достижимости ВП (для ближайшего к месту ТП) через f^1 . Эти данные рассчитываются, исходя из средней скорости ВП и принятого предельного времени движения ближайшего восстановительного поезда — T_1 .

$$f^1 = 50 T_1. \quad (12.19)$$

Последовательность расстояний достижимости для 2, 3, 4-го ВП, которые могут принимать участие в ликвидации последствий ЧС (ТП), обозначаем соответственно f^2, f^3, f^4 . Они рассчитываются через предельное время T_2, T_3, T_4 соответственно: $f^i = 50 T_i, i = 2, 3, 4$.

Рассчитывается набор функций $d_1(x), d_2(x), d_3(x), d_4(x)$ участка в каждой точке (километре) с помощью следующего ряда логи-

ческих условий (в приведенных формулах знак U означает «или»; знак $\cap$ означает «и»):

$$d_1(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } f_1(x) < f^1, \\ 0, & \text{если } f_1(x) > f^1, \end{cases} \quad (12.20)$$

$$d_2(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } (f_1(x) < f^1) \cap (f_2(x) < f^2), \\ 0, & \text{если } (f_1(x) > f^1) U (f_2(x) > f^2), \end{cases}$$

$$d_3(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } (f_1(x) < f^1) \cap (f_2(x) < f^2) \cap (f_3(x) < f^3), \\ 0, & \text{если } (f_1(x) > f^1) U (f_2(x) > f^2) U (f_3(x) > f^3), \end{cases} \quad (12.21)$$

$$d_4(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } (f_1(x) < f^1) \cap (f_2(x) < f^2) \cap (f_3(x) < f^3) \cap (f_4(x) < f^4), \\ 0, & \text{если } (f_1(x) > f^1) U (f_2(x) > f^2) U (f_3(x) > f^3) U (f_4(x) > f^4). \end{cases} \quad (12.22)$$

Таким образом, $d_i(x)$ — набор характеристик участка, принимающих в каждой точке значение 1 или 0.

Введем весовую функцию $w(x)$, являющуюся отношением интенсивности движения в текущей точке x к максимальной интенсивности движения (на главном ходу). В случае, если x расположен на главном ходу, $w(x) = 1$. При этом используется предположение, что интенсивность ЧС (ТП) пропорциональна интенсивности перевозок, поэтому указанная величина одновременно характеризует и отношения интенсивности ЧС (ТП).

Для каждой из функций $d_i(x)$ рассчитывается P_{ij} — сумма километров с характеристикой 1, умноженной на локальные интенсивности крушений, и Q_{ij} — сумма километров с характеристикой 0, также умноженной на весовую функцию:

$$P_{ij} = \sum d_i(x) w(x), \text{ для всех } x \text{ из участка } U_j, \text{ что } d_i(x) = 1$$

$$Q_{ij} = \sum (1 - d_i(x)) w(x), \text{ для всех } x \text{ из участка } U_j, \text{ что } d_i(x) = 0.$$

Таким образом,

$$P_{ij} + Q_{ij} = \sum_x w(x). \quad (12.23)$$

Величину в правой части обозначим $W(U_j)$. Если участок целиком лежит на главном ходу, то $W(U_j) = L(U_j)$, где $L(U_j)$ — длина рассматриваемого участка U_j . Характеристическое значение K_{ij} для участка рассчитывается по зависимости

$$K_{ij} = P_{ij} / W(U_j). \quad (12.24)$$

Для железной дороги в составе ОАО «РЖД» это значение рассчитывается по зависимости

$$K_i = \sum_j P_{ij} / \sum_j W(U_j). \quad (12.25)$$

Задача по оценке степени прикрытия с заданным уровнем сводится к определению характеристик $d_i(x)$ функций f_j для каждой точки участка, а затем к расчету P_{ij} , K_{ij} и K_i . Рассчитанная величина и есть вероятность попадания случайного события в зону прикрытия.

С учетом обозначения вектора распределения ЧС (ТП) по количеству требуемых для восстановления движения ВП, характеристикой степени прикрытия сети существующим набором ВП (число и места дислокации) является значение R , которое представляет собой скалярное произведение векторов $K = K_1, K_2, K_3, K_4$ и $\alpha = \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$:

$$R = \sum_{i=1}^4 K_i \alpha_i, \quad (12.26)$$

Достаточность ВП для участка в целом (интегральный критерий, учитывающий различное число требуемых ВП) определяется выполнением критериального соотношения

$$R \leq R^0, \quad (12.27)$$

где R^0 — предельное значение, в зависимости от требований к критерию достаточности. Обычно используются 3 величины: 0,8; 0,9; 0,95.

Кроме интегрального могут использоваться дифференциальные критерии достаточности для различного количества требуемых ВП (1, 2, 3, 4):

$$K_i \leq R^0. \quad (12.28)$$

Дифференциальные критерии позволяют анализировать достаточность ВП отдельно для случаев, когда для восстановления движения требуются один, два, три, четыре ВП.

Данную математическую модель возможно использовать и для расчета достаточности прикрытия отдельных участков железных дорог ПП.

По экспертной оценке, основанной на многолетней статистике, распределение ПП, привлекаемых для тушения пожаров на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД», составляет: один ПП — 20 %; два ПП — 40 %; три ПП — 30 %; четыре ПП и более — 10 %. Итого, четыре вектор-функции, аналогично приведенному выражению.

На основе разработанных в общей теории управления и адаптированных к конкретным условиям железнодорожного транспорта принципов и методов подготовлены предложения о принципах, целях и порядке взаимодействия органов управления, сил и средств ЖТЧС с органами управления, силами и средствами территориальных подсистем РСЧС, между ОАО «РЖД», филиалами и структурными подразделениями ОАО «РЖД». Указанные предложения направлены на обеспечение устойчивой организации безопасного производства на железнодорожном транспорте при возникновении ЧС и ТП, различных уровнях повреждения объектов инфраструктуры (от 30 до 70 %).

С применением вышеизложенного методического подхода и математического аппарата были выполнены расчеты оценки достаточности количества восстановительных поездов на N и M железных дорогах, а также проведена качественная оценка оптимизации мест дислокации восстановительных поездов на указанных железных дорогах с точки зрения обеспечения оперативного выполнения аварийно-восстановительных работ и восстановления движения. Результаты расчетов приведены в табл. 12.13 и показаны на рис. 12.16.

Таблица 12.13

Итоговые данные расчета достаточности количества ВП для прикрытия участков железной дороги N

№ участка	W	P_1	P_2	P_3	P_4	Участковая степень прикрытия
1	167	166	165,5	165,5	165,5	0,94
2	131	131,3	131,3	131,3	131,3	0,95
3	89,5	89,5	89,5	86,6	86,6	0,93
4	106	104,8	103,6	103,6	103,55	0,93
5	32	32	32	32	32	0,95
6	125	125,4	125,4	125,4	125,4	0,95

№ участка	W	P_1	P_2	P_3	P_4	Участковая степень прикрытия
7	36	36	36	36	36	0,95
8	82	82	82	82	82	0,95
9	56	56	56	56	56	0,95
10	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	0,95
11	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	0,95
12	31	31	31	31	31	0,95
13	76,5	76,5	76,5	76,5	76,5	0,95
14	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	0,95
15	88	88	88	88	88	0,95
16	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	0,95
17	87,8	87,8	87,8	87,8	87,8	0,95
18	33	33	33	33	33	0,95
19	34,1	34,075	34,08	34,08	34,075	0,95
20	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	0,95
21	65,1	65,1	65,1	65,1	65,1	0,95
22	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	0,95
23	12,6	7,5	4,9	4,9	4,9	0,39
24	18	15	7,05	7,05	7,05	0,41
25	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	0,95
26	58	57,97	57,97	57,97	57,97	0,95
27	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	0,95
28	28,9	28,9	25,4	25,4	25,4	0,85
29	21	16	16	16	16	0,72
Сумма	1676	1660,6	1645	1642	1641,9	
Критериальное значение для различного количества поездов		0,991	0,982	0,979	0,9799	
Критериальное значение совместное	0,93					

Анализ результатов в целом для железной дороги N показывает достаточную степень прикрытия дороги ВП как в рамках заданных критериальных временных значений времени прибытия первого, второго, третьего и четвертого восстановительных поездов, так и в целом.

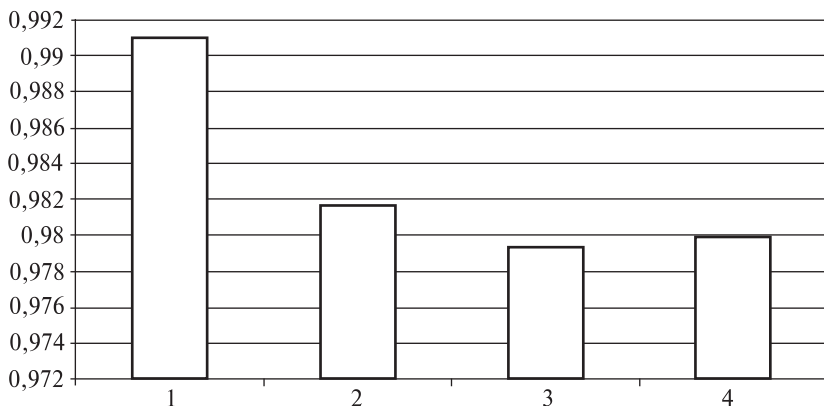


Рис. 12.16. Степень прикрытия железной дороги N в целом (для случаев, когда для восстановления движения привлекаются 1,2,3,4 ВП)

Недостаточность прикрытия участков мало сказывается на общей степени прикрытия дороги, поскольку направления участка № 23, 24 не являются главными ходами, интенсивность движения на них не высока, а степень прикрытия участка № 29 близка к 0,8.

Однако, значение некоторых участков возрастает в связи с ростом объема перевозок нефтепродуктов в обход некоторых территорий, поэтому в дальнейшем, с ростом интенсивности перевозок на этом направлении данный вопрос может актуализироваться.

На рис. 12.17 представлены в графическом виде степени прикрытия вышеуказанных участков.

Сравнение степени наименее прикрытый участков
дорог железной дороги N



Рис. 12.17. Степени прикрытия ПП для участков железной дороги N одним, двумя, тремя ВП

Согласно схеме дислокации ВП и ПП в точках дислокации ВП находится, как правило, пункт дислокации ПП. Для подобных участков дороги или для тех, где имеется количество ПП большее, чем количество ВП, расчет степени прикрытия ПП участков совпадает с расчетом степени прикрытия ВП.

Критерий достаточности степени прикрытия ПП удовлетворен, так как критериальное значение превосходит 0,8.

Результаты расчетов степени прикрытия участков железной дороги *М* приведены в табл. 12.14 и показаны на рис. 12.18.

Таблица 12.14

Расчет степени прикрытия ВП для железной дороги *М*

№ участка	W	P_1	P_2	P_3	P_4	Участковая степень прикрытия
1	152	150	118	118	56	0,74
2	261	261	239	176	223	0,78
3	288,4	288,4	288,4	288,4	288,4	0,95
4	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4	0,95
5	40,1	30,9	30,9	27,2	27,2	0,69
6	238,95	238,95	238,95	238,95	239	0,95
7	235	235	235	235	235	0,95
8	205	205	205	205	205	0,95
9	201,9	201,9	201,9	201,9	201,9	0,95
10	187	187	187	187	187	0,95
11	249	249	249	249	249	0,95
12	152,7	152,7	152,7	152,7	152,7	0,95
13	172,6	172,6	172,6	172,6	172,6	0,95
14	80	80	80	80	80	0,95
Сумма	2493,05	2481,85	2427,85	2361,15	2346	
Критериальное значение для различного количества поездов		0,995	0,973	0,947	0,941	
Критериальное значение сов-местное	0,915					

Анализ результатов в целом для дороги показывает достаточную степень прикрытия дороги ВП в рамках заданных критериальных

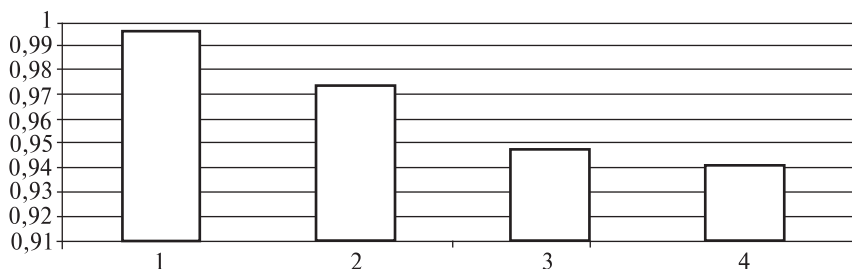


Рис. 12.18. Степень прикрытия 1,2,3,4 ВП по железной дороге *М*

временных значений времени прибытия первого, второго, третьего и четвертого восстановительных поездов. В то же время для отдельных участков № 1, 2, 5 критерий 0,8 не выполняется, что видно из графы «Участковая степень прикрытия» табл. 12.14.

Недостаточность прикрытия этих участков мало сказывается на общей степени прикрытия дороги, поскольку:

- отклонения от критериального значения для участков № 1 и 2 невелики и ими можно пренебречь;
- направления участка № 5 не являются главными, интенсивность движения на них невысока.

Для первых двух участков может быть поставлен вопрос об уменьшении расстояния между пунктами дислокации ВП. Актуальности в увеличении степени прикрытия участка № 5 нет ввиду упомянутой выше небольшой интенсивности движения.

Вместе с тем, прогнозируемое увеличение интенсивности движения и грузооборота с Китаем и Монголией может привести к тому, что интенсивность на направлении участка № 5 станет сопоставима с интенсивностью движения на главном направлении. В этом случае вопрос о недостаточности прикрытия этого участка может обостриться.

Расчет степени прикрытия ПП для железной дороги М. Согласно схеме дислокации ВП и ПП (как и на железной дороге *Н*) в точках дислокации ВП находится, как правило, пункт дислокации ПП. Для подобных участков дороги, а также для тех, где ПП больше, чем ВП, расчет степени прикрытия ПП участков совпадает с расчетом степени прикрытия ВП. Исключением из этого правила яв-

ляется в данном случае участок Ушумун—Белогорск, где в пункте Шимановская отсутствует ПП.

Результаты расчета расстояний достижимости в требуемое время для второго, третьего, четвертого ПП с критерием на 0,5 меньшим по времени граничных значений для этого участка представлены в табл. 12.15.

Таблица 12.15

Расчет расстояний достижимости в требуемое время

Длины путевых участков	Интенсивность	W_i	W	P	K_i	A_i	$R_i = K_i a_i$	$R = R_i$
268	1	268		253,7	0,91	0,1	0,091	0,865
107	0,1	10,7	278,7	253,7	0,91	0,4	0,364	
		278,7	278,7	253,7	0,91	0,4	0,364	
			278,7	253,7	0,91	0,05	0,046	

Анализ табл. 12.15 показывает, что критерий достаточности прикрытия ПП для этого участка оптимален.

Глава 13. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

13.1. Безопасность движения поездов как фактор устойчивости функционирования железнодорожного транспорта

Система управления безопасностью движения (БД) поездов предусматривает, что эксплуатирующиеся на сети железных дорог конструкции поездов и пути запроектированы с учетом безотказности их работы в течение заданного промежутка времени, имеют высокий уровень надежности, а установленный ресурс каждого элемента и всей конструкции в целом принят исходя из принципов функционирования системы управления качеством продукции. Однако в процессе эксплуатации подвижного состава и рельсового пути могут возникать дополнительные воздействия, под влиянием которых конструкции исчерпывают заданный ресурс раньше установленного расчетным путем времени. Кроме того, вследствие возможного возникновения чрезмерного воздействия, не учитываемого при расчетах, могут возникать отказы отдельных элементов в конструкциях подвижного состава и пути, которые в начальный момент еще не прямо угрожают безопасности движения, но дальнейшая эксплуатация таких конструкций не допускается. Алгоритм исследования внешних и внутренних опасностей и дестабилизирующих факторов, влияющих на устойчивость перевозочного процесса, показан на рис. 13.1.

Известно, что основной функцией железнодорожного транспорта является перемещение грузов и пассажиров, т.е. изменение координат их положений в пространстве за определенный отрезок времени. Поэтому качество любого перевозочного процесса характеризуется двумя основными показателями: точностью выполнения заданного времени перемещения груза или пассажира; сохранно-

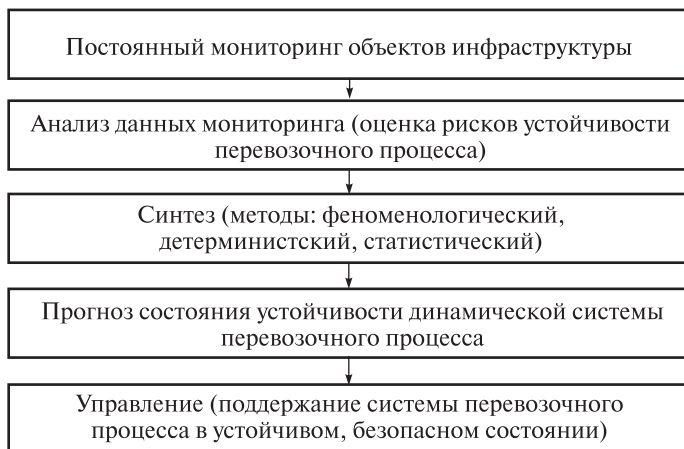


Рис. 13.1. Алгоритм исследования внешних и внутренних опасностей и дестабилизирующих факторов, влияющих на устойчивость перевозочного процесса

стью свойств перевозимой продукции или сохранностью жизни и здоровья пассажиров. Вторым показателем было бы правильным называть безопасностью перевозочного процесса.

Под безопасностью перевозочного процесса можно понимать свойство, заключающееся в отсутствии опасности для жизни и здоровья пассажиров или для сохранности перевозимых грузов. Из определения безопасности перевозочного процесса вытекают качественные определения безопасности процесса движения поездов как составляющей перевозочного процесса и безопасности технических средств, реализующих процесс движения. Под безопасностью технических средств понимают свойство, заключающееся в отсутствии со стороны этих технических средств опасности для жизни и здоровья пассажиров или для сохранности перевозимых грузов.

Движение поезда характеризуется двумя параметрами: направлением и скоростью.

Целью управления движением поездов является обеспечение условий доставки грузов или пассажиров из одного места в другое за определенное время по определенному маршруту при минимальных расходах, связанных с реализацией перевозочного процесса. Эти расходы включают и потери вследствие крушений, т.е. из-за пере-

ходов перевозочного процесса в нештатное опасное состояние. Таким образом, выполнение основной задачи перевозочного процесса по доставке груза или пассажира из одного пункта в другой предполагает решение задачи обеспечения безопасности перевозочного процесса в целом и безопасности движения в частности.

Изменение направления движения поездов применяют для реализации их следования по заданным маршрутам. При выборе конкретного маршрута поезда решаются две задачи: оптимизации перевозочного процесса (например, за счет использования наилучших вариантов обгона или скрещения поездов); исключения столкновения поездов друг с другом, т.е. исключения движения поездов по взаимно враждебным маршрутам. Решение второй задачи изменения направления движения предполагает контроль свободности отдельных участков пути, входящих в маршрут, и выработку на основе получаемой в результате этого информации приказов об изменении положений соответствующих стрелок и показаний напольных светофоров.

Скорости движения поездов изменяются, во-первых, для выполнения ими заданных времен хода по определенным участкам пути, во-вторых, для реализации наиболее экономичных режимов движения, в-третьих, для исключения движения со скоростью выше допустимой по соображениям безопасности.

Рассмотрим проблемы управления, которые связаны с обеспечением безопасности движения поездов с помощью снижения их скорости движения.

Первая проблема — исключение вступления поезда на участок пути, занятый другой подвижной единицей. Решение этой проблемы предполагает определение каждого занятого участка пути; передачу этой информации на локомотив, приближающийся к занятому участку; своевременное отключение тяги и включение тормозных систем поезда, чтобы остановить его перед занятым участком пути. Тот или иной участок пути может быть занят другим поездом, следующим попутно или встречно, просто локомотивом или любым рельсовым транспортом.

Участок железнодорожного пути может быть занят и нерельсовым транспортом, например автомобилем, остановившемся на переезде. На железнодорожном пути могут находиться люди, ремонтирующие путь, или животные. Поэтому данная проблема может

быть сформулирована и в более общем виде, а именно как задача исключения наезда поездов на объекты, расположенные на железнодорожном пути.

Вторая проблема управления — исключение проследования всем поездом, т. е. всеми его вагонами, участка пути со скоростью выше установленной (допустимой) для него по соображениям безопасности. При этом имеют место два вида ограничений: ограничения, обуславливаемые нормативными параметрами пути и искусственных сооружений, и ограничения, обуславливаемые случайными отклонениями параметров этих средств от нормативных значений в процессе их эксплуатации. Примером первого вида ограничений является ограничение скорости по параметрам крестовин стрелочных переводов и по радиусам кривых рельсового пути. Эти ограничения являются постоянными. Наряду с ними имеют место временные, вводимые на определенный период, например, на период ремонта того или иного участка пути. Причинами возникновения второго вида ограничений скорости являются факторы, возникающие случайно, например, обусловленные размывом земляного полотна.

Существенным, с точки зрения обеспечения безопасности движения, является то, что информация о координатах и уровнях постоянных и временных ограничений скорости известна заранее и на ее основе система управления может своевременно дать команду на снижение скорости таким образом, чтобы все вагоны поезда проследовали участок со скоростью, ниже допустимой по условиям безопасности. Что касается второго вида ограничений, то ввиду их случайного возникновения для получения информации о них должны быть использованы специальные системы контроля соответствующих параметров технических средств.

Частным видом рассматриваемой проблемы является исключение движения со скоростью выше нуля, т.е. полное исключение движения в связи с неисправностью пути или искусственных сооружений.

Такая задача часто возникает при обрыве рельсовой нити. В этом случае поезд должен быть остановлен перед местом, где произошел отказ технического средства.

Таким образом, решение второй проблемы управления движением поезда по условиям безопасности предполагает контроль па-

раметров технических средств пути и искусственных сооружений, передачу этой информации на локомотивы, своевременное отключение тяги и включение тормозных систем поезда.

Третья проблема — исключение движения поездов со скоростью выше допустимой по состоянию технических средств подвижного состава. И в данном случае ограничения скорости по условиям безопасности обуславливаются нормативными параметрами подвижного состава или отклонениями фактических параметров от нормативных значений. Во втором случае допустимая скорость движения поезда изменяется случайным образом, в том числе и в процессе движения. В процессе движения изменяются параметры тормозной системы поезда при утере части тормозных колодок, при нарушении целостности тормозной магистрали и т.д. Поэтому решение данной задачи предполагает контроль параметров технических средств подвижного состава и на основе его результатов выработку соответствующих управляющих сигналов на отключение тяги и включение тормозных систем поезда.

Четвертая проблема — исключение движения поездов со скоростями выше допустимых по состоянию внешней среды. Это означает ограничение скоростей движения (вплоть до остановки) до таких, которые способствовали бы снижению вероятности крушений поездов при землетрясениях, ураганах и других подобных явлениях.

Решение данной проблемы должно включать в себя контроль параметров внешней среды для своевременного обнаружения этих явлений природы, обработку получаемой о них информации, передачу соответствующих сигналов управления на локомотиве для включения тормозных систем поезда.

До недавнего времени транспортные происшествия на железнодорожном транспорте Российской Федерации подразделялись на 3 группы:

- крушения;
- аварии;
- случаи брака в работе.

С введением в действие приказа Минтранса от 25 декабря 2006 г. № 163 «Об утверждении Положения о порядке служебного расследования и учета транспортных происшествий и иных связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта событий» транспортные происшеств-

вия на железнодорожном транспорте классифицируют следующим образом:

1. Крушение поездов (столкновение пассажирских, почтово-багажных, грузо-пассажирских, людских, хозяйственных, грузовых или иных поездов с другими поездами или с железнодорожным подвижным составом, сходы железнодорожного подвижного состава в пассажирских, почтово-багажных, грузо-пассажирских, людских, хозяйственных, грузовых или иных поездах на перегонах и станциях, в результате которых:

- погибли или получили тяжкие телесные повреждения люди, повреждены локомотивы или вагоны до степени исключения их из инвентаря;

- нарушены условия нормальной жизнедеятельности 100 и более человек).

2. Аварии (столкновения пассажирских, почтово-багажных, грузо-пассажирских, людских, хозяйственных, грузовых или иных поездов с другими поездами или с железнодорожным подвижным составом, сходы железнодорожного подвижного состава в пассажирских, почтово-багажных, грузо-пассажирских, людских, хозяйственных, грузовых или иных поездах на перегонах и станциях, в результате которых:

- поврежден железнодорожный подвижной состав и для восстановления его исправного состояния требуется проведение капитального ремонта;

- произошли столкновения и сходы железнодорожного подвижного состава при маневрах, экипировке и других передвижениях, в результате которых погибли или получили тяжкие телесные повреждения люди, повреждены локомотивы или вагоны до степени исключения их из инвентаря, либо поврежден железнодорожный подвижной состав и для восстановления его исправного состояния требуется проведение капитального ремонта, или нарушены условия нормальной жизнедеятельности 100 и более человек).

3. Происшествия, связанные с несанкционированным движением по железнодорожным путям общего пользования и (или) железнодорожным путям необщего пользования автотракторной техники (столкновения поезда, в том числе одиночно следующего локомотива, с автотракторной техникой вне установленных железнодорожных переездов, в результате которых погиб человек или получили

тяжкие телесные повреждения пять или более человек; поврежден железнодорожный подвижной состав; возникла чрезвычайная ситуация, при которой пострадало десять и более человек либо нарушены условия жизнедеятельности ста и более человек);

4. Происшествия на железнодорожных переездах (столкновения поезда, в том числе одиночно следующего локомотива, с авто-тракторной техникой, в результате которых погиб или получил тяжкие телесные повреждения человек или получили тяжкие телесные повреждения пять или более человек; поврежден железнодорожный подвижной состав; возникла чрезвычайная ситуация, при которой пострадало десять и более человек либо нарушены условия жизнедеятельности ста и более человек; при этом происшествия на железнодорожных переездах, возникшие по вине субъекта железнодорожного транспорта и водителей транспортных средств или пешеходов, учитываются отдельно).

5. Происшествия при перевозке (транспортировке) опасных грузов (связанные с просыпанием (проливом) опасных грузов, возникшим вследствие повреждения вагона или контейнера, повреждения упаковки, неплотно закрытых люков вагона, дефекта (повреждения) котла вагона-цистерны, дефекта (повреждения) арматуры котла вагона-цистерны, дефекта (повреждения) сливного прибора вагона-цистерны и вызвавшим нанесение ущерба жизни и здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, экологической сфере, определяемого в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»).

Для оценки уровня фактической безопасности движения поездов на отечественных железных дорогах использовались такие показатели, как число крушений поездов, их аварий, брака особого учета, просто брака в поездной и маневровой работе. Однако эти показатели не позволяют составить представление ни о потерях грузов, ни о жертвах среди пассажиров. Действительно, под крушением понимаются столкновения пассажирских или грузовых поездов с другими поездами или подвижным составом, сходы подвижного состава пассажирских или грузовых поездов на перегонах или станциях, в результате которых погибли или ранены люди, разбиты локомотивы или вагоны до степени исключения из инвентаря,

допущен перерыв движения в течение 6 ч и более. Как это ни парадоксально, в определении крушения ничего не говорится о степени сохранности грузов, о возможности потери пассажиром здоровья и жизни. Такие показатели не позволяют разрабатывать достаточно обоснованные прогнозы по безопасности движения, оценивать эффективность конкретных мероприятий по ее обеспечению и рациональным образом распределять ресурсы, выделенные на повышение безопасности движения.



Рис. 13.2. Алгоритм оценки устойчивости перевозочного процесса

Так, например, в других странах используются такие же показатели безопасности и, как правило, тоже отсутствуют нормативные значения этих показателей. Опасность движения на железных дорогах США оценивается следующими показателями: коэффициентом аварийности, равным числу аварий, приходящихся на 1 млн поездо-км; коэффициентом аварийности на переездах, равным числу аварий, приходящихся 1 млн автомобилей; коэффициентом аварийности при перевозке опасных грузов, равным числу аварий при перевозке опасных грузов на 1 млн поездо-км; числом пострадавших железнодорожников на 200 тыс. отработанных чел.-ч; числом человек, пострадавших со смертельным исходом в результате аварий, а также пострадавших со смертельным исходом на переездах. При этом под аварией понимается столкновение, сход подвижного состава с рельсов или другие подобные события, при которых имеют место человеческие жертвы и в результате которых подвижному составу причинен материальный ущерб, превышающий 4900 долларов. Все остальные происшествия относятся к категории прочих несчастных случаев.

Таким образом, под устойчивостью перевозочного процесса будем понимать свойство транспортной системы не создавать угрозу для сохранности перевозимого груза, подвижного состава, объектов окружающей среды, здоровью и жизни пассажиров, технического персонала и населения, находящегося в зоне перевозочного процесса. Алгоритм оценки устойчивости перевозочного процесса представлен на рис. 13.2.

13.2. Обоснование критериев оценки устойчивости перевозочного процесса и их взаимосвязь

Устойчивость перевозочного процесса — способность противостоять внешним и внутренним дестабилизирующим факторам, сохраняя при этом основные параметры (объем перевозок, пропускную способность для участка железной дороги) на заданном уровне. Алгоритм оценки рисков ЧС показан на рис. 13.3.

Соотношение критериев устойчивости и уязвимости перевозочного процесса в условиях ЧС: высокая/слабая; достаточная/средняя; низкая/высокая.

Дестабилизирующие факторы перевозочного процесса приведены на рис. 13.4.

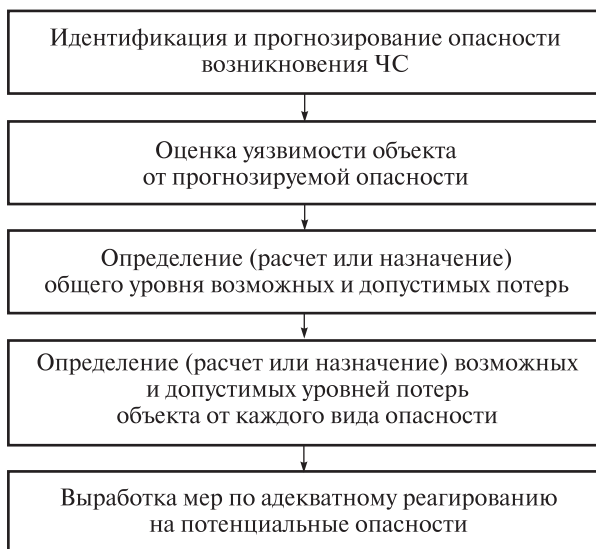


Рис. 13.3. Алгоритм оценки рисков ЧС

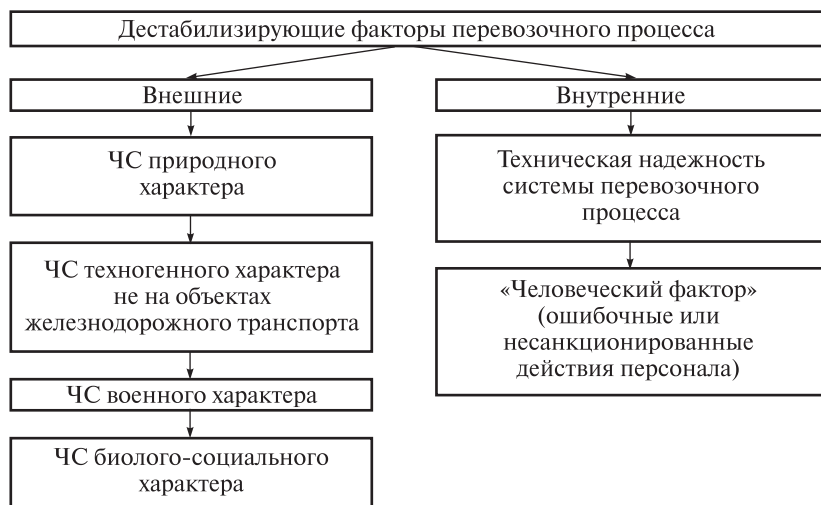


Рис. 13.4. Дестабилизирующие факторы перевозочного процесса

Для каждого фактора существуют свои риски, рассчитываемые по формуле

$$R = PU,$$

где P — вероятность наступления неблагоприятного события (ЧС);

U — математическое ожидание ущерба от этого события.

Для каждой железной дороги и для каждого участка железной дороги указанные параметры будут различными. Они могут существенно различаться по количественным характеристикам. Так как точный расчет дифференциальных (по каждому фактору риска) и интегральных значений P и U для каждого участка железной дороги с отражением результатов данных расчетов на «картах рисков» или в табличном виде на сегодняшний день для отрасли является проблематичным (хотя отдельные разработки в этом направлении выполнены), а статистический метод дает значительный разброс значений указанных параметров рисков, то для ОАО «РЖД» оценка перевозочного процесса по критериям рисков более целесообразна и приемлема. На данном уровне (масштабе) неточность значений P и U компенсируется большими масштабами перевозочного процесса.

Для локального уровня перевозочного процесса, ограниченного масштабами участка железной дороги с наибольшей интенсивностью перевозок, предлагается нижеследующая методика оценки состояния устойчивости перевозочного процесса, основанная на расчете такого параметра перевозочного процесса, как скорость его возвращения в устойчивое (первоначальное) состояние после прекращения воздействия внешних или внутренних дестабилизирующих факторов, независимо от силы этого воздействия. Уровень устойчивости перевозочного процесса как сложной динамической системы тем выше, чем быстрее данная система возвращается в исходное состояние при отклонении ее от этого состояния внешними и внутренними дестабилизирующими воздействиями.

Определение уровня устойчивости выполняем с учетом предположения о независимости устойчивости перевозочного процесса от внешних дестабилизирующих факторов, основанного на относительно постоянных характеристиках восстановительных поездов в течение расчетного периода (одного года) — их дислокации, количества и технической оснащенности.

Скорость восстановления перевозочного процесса можно определить соотношением уровня повреждений инфраструктуры и времени восстановления движения (восстановления работоспособности системы) по формуле

$$P_{\text{чс}}/T_{\text{чс}} = (C_1, C_2), \quad (13.1)$$

где $P_{\text{чс}}$ — повреждения, вызванные дестабилизирующими факторами ЧС; в качестве $P_{\text{чс}}$ используем векторную величину

$$(L_{\text{чс}}, K_{\text{чс}}), \quad (13.2)$$

где $L_{\text{чс}}$ — длина поврежденного участка инфраструктуры;

$K_{\text{чс}}$ — количество поднятых единиц подвижного состава;

$T_{\text{чс}}$ — время восстановления движения (восстановление работоспособности системы);

$C_1 = L_{\text{чс}}/T_{\text{чс}}$ — скорость восстановления инфраструктуры (1/ч);

$C_2 = K_{\text{чс}}/T_{\text{чс}}$ — скорость подъема единиц подвижного состава (1/ч).

Оценку уровня устойчивости перевозочного процесса в условиях ЧС производим в предположении о величине ущерба, связанной только со временем задержки поездов, без учета затрат на восстановление инфраструктуры.

В системе предупреждения и ликвидации ЧС ОАО «РЖД» главной задачей является повышение оперативности реагирования на ЧС, т.е. сокращение временных параметров при ликвидации ЧС, иными словами — повышение скорости ликвидации последствий ЧС.

В то же время, нормативными документами установлен только один временной показатель — полный перерыв в движении поездов в результате крушения, аварии, схода подвижного состава на 6 и более часов.

Обоснованной шкалы определения уровня устойчивости перевозочного процесса в условиях ЧС в отрасли не существовало, ссылки на исследования в этом направлении в научной печати не рассматриваются.

В связи с вышеизложенным предложена классификация уровней устойчивости перевозочного процесса в условиях ЧС, основанная на постановлении Правительства РФ от 21.05.2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», а также на размерах ущерба по причине перерыва в движении (упущенная выгода).

Идея формирования шкалы устойчивости состоит в установлении соотношения между размерами ущербов от перерыва движения на участках с различной интенсивностью движения и уровнями ущербов, соответствующих трем уровням ЧС, — локального, муниципального (и межмуниципального), регионального характера, при некотором уровне повреждения инфраструктуры, который соответствует отраслевому понятию «крушение» (а по классификации МЧС России — «ЧС») по признаку материального ущерба.

В соответствии с вышеуказанным постановлением Правительства РФ предлагается следующая шкала уровней устойчивости перевозочного процесса (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Шкала уровней устойчивости перевозочного процесса

№ п/п	Уровень устойчивости перевозочного процесса	Уровень материального ущерба
1	Высокий	Не более 100 тыс. руб.
2	Достаточный	Не более 5 млн руб.
3	Низкий	Не более 500 млн руб.

Высокий уровень устойчивости перевозочного процесса — восстановление движения с ущербом по причине остановки движения до 100 тыс. руб.

Достаточный уровень устойчивости перевозочного процесса — восстановление движения с ущербом по причине остановки движения от 101 тыс. руб. до 5 млн руб.

Низкий уровень устойчивости перевозочного процесса — восстановление движения с ущербом по причине остановки движения от 5 млн руб. до 500 млн руб.

Для дальнейших расчетов принимаем следующие среднестатистические параметры ЧС (крушения, транспортного происшествия, схода с перерывом движения поездов):

- в ходе 20 единиц подвижного состава;
- длина поврежденного пути, требующего замены рельсошпальной решетки, подсыпки щебня, восстановления не менее 4-х опор контактной сети и других аварийно-восстановительных работ, — 1 км.

Вышеприведенные уровни ущерба и заданный размер повреждений инфраструктуры позволяют рассчитать время на восстановление инфраструктуры и время задержки поездов, которые попа-

дают в приведенные в табл. 13.1 границы ущерба. После чего возможно определить скорость восстановления инфраструктуры, которая будет соответствовать тому или иному уровню устойчивости. Расчет времени задержки поездов, соответствующего границам, будем производить с учетом ущерба от задержки поездов, без учета экологических штрафов и страховых выплат.

Оценку ущерба от задержки поездов (остановки движения) можно рассчитать по «Методике определения ущерба окружающей природной среде и дополнительных расходов железных дорог, возникающих при аварийных ситуациях с опасными грузами» (утверждена МПС России и Минприроды России в 2001 г.).

Равновероятными ($P=0,5$) будем считать следующие возможности:

- 1) наличие возможности организации кружного движения с удлинением пути следования на 400 км;
- 2) отсутствие такой возможности.

Интенсивность движения на участке (среднее количество поездов в сутки) обозначим I , время вынужденного простоя поездов — T , $T_{\text{чс}}$ — время простоя в случае невозможности организации кружного маршрута, $T_{\text{кр}}$ — время простоя в случае возможности организации кружного маршрута.

$T_{\text{кр}}$ примем равным 3 часам (на основании статистики), организацию кружного маршрута будем считать целесообразной, если ожидаемое время простоя больше 12 часов.

Оцениваем общее время простоя поездов в часах в случае невозможности организации кружного маршрута:

- простой поездов, подошедших на участок в 1-й час: $T(I/24)$;
- простой поездов, подошедших на участок во 2-й час: $(T-1) \times (I/24)$;
- простой поездов, подошедших на участок в K -й час: $(T-K) \times (I/24)$;
- простой поездов, подошедших на участок в последние 2 часа перерыва движения: $2(I/24)$;
- простой поездов, подошедших на участок в последний час перерыва движения: $1(I/24)$.

Суммируя простой всех поездов, получим общее время простоя всех задержанных поездов:

$$I/24[T + (T-1) + (T-2) + \dots + 2 + 1] = \sum T. \quad (13.3)$$

Выражение в скобках $\{ \}$ — арифметическая прогрессия, поэтому итоговое выражение для простоя поездов в часах будет следующим:

$$\{(I/24)T(T+1)/2\} = \Sigma T. \quad (13.4)$$

Умножая полученное выражение на значение укрупненного норматива ущерба железных дорог на 1 час простоя поезда $C_{\text{пр}}$, получим размер ущерба $U_{\text{чс}}$ для случая невозможности организации кругного маршрута:

$$\{(I/24)T(T+1)/2\}C_{\text{пр}} = U_{\text{чс}}. \quad (13.5)$$

Оценим теперь ущерб от перерыва движения в случае возможности организации кругного маршрута $U_{\text{кр}}$. Этот ущерб складывается из ущерба от простоя в течение 3-х часов и ущерба от дополнительного пробега на расстояние $L_{\text{доп}}$ и может быть рассчитан по формуле

$$(I/24) \cdot 3 \cdot (3+1)/2 C_{\text{пр}} + (T-3)(I/24)L_{\text{доп}}C_{\text{п-км}} = U_{\text{кр}}. \quad (13.6)$$

где $C_{\text{п-км}}$ — средняя стоимость одного поезд-километра в тепловозной и электрической тяге.

Далее приведем формулы, описывающие способ расчета времени, соответствующего тому или иному уровню устойчивости.

Неравенство для времени перерыва движения, меньшего 12 часов, может быть представлено в следующем виде:

$$2aT^2 + 2aT - U_i < 0. \quad (13.7)$$

Итоговое критериальное неравенство для случаев, когда перерыв движения более 12 ч, может быть представлено в следующем виде:

$$aT^2 + bT + D - U_i < 0. \quad (13.8)$$

где $a = (I/96)C_{\text{пр}}$,

$b = (I/48)L_{\text{доп}}C_{\text{п-км}}$,

$D = (I/48) \cdot 6C_{\text{пр}} - (I/48) \cdot 3L_{\text{доп}}C_{\text{п-км}}$.

Представляя его в виде

$$aT^2 + bT + c < 0, \quad (13.9)$$

где $b = a + d$,

$c = D - U_i$.

Решаем квадратное уравнение, приравнявая к 0 левую часть для 5-ти интенсивностей движения и 3-х уровней ущерба. Берем только положительный корень.

Входные данные расчета:

1. $C_{\text{пр}}$ — значение укрупненного норматива железных дорог на 1 час простоя одного среднего грузового поезда на электровозной или тепловозной тяге — около 2000 руб.;

2. $L_{\text{доп}}$ — дополнительный пробег по кружному маршруту — 400 км;

3. $C_{\text{п-км}}$ — средняя стоимость одного поезд-километра дополнительного пробега по кружному маршруту в электрической и тепловозной тяге — 75 руб.;

4. Расчет производился для пяти значений интенсивности I : 200, 150, 100, 50, 20 поездов/сутки и трех уровней ущерба U_i : 100 тыс. руб., 5 млн руб., 500 млн руб. Результаты расчетов показаны в табл. 13.2.

По формулам (13.5) и (13.6), задавая различные величины T и I , возможно рассчитать соответствующие размеры ущербов $U_{\text{чс}}$ и $U_{\text{кр}}$.

Таблица 13.2

Результаты расчетов оценки ущерба от задержки поездов (остановки движения)

T	I	I	$L_{\text{доп}}$	$C_{\text{п-км}}$	$U_{\text{чс}}$ (при $I=100$), тыс. руб.	$U_{\text{кр}}$ (при $I=100$), тыс. руб.	$U_{\text{чс}}$ (при $I=200$), тыс. руб.	$U_{\text{кр}}$ (при $I=200$), тыс. руб.
3	200	100	400	2000	48,240	—	1333,280	—
12	200	100	400	2000	627,120	1133,640	1299,480	2380,340
24	200	100	400	2000	1206,240	2580,840	4998,000	5378,070
36	200	100	400	2000	5354,640	4028,040	11 095,560	8379,588
48	200	100	400	2000	9457,000	5475,240	19 600,000	11 378,780

Соотношение общего времени простоя поездов с расчетными размерами ущербов $U_{\text{чс}}$ и $U_{\text{кр}}$ для участков с высокой интенсивностью движения ($I=100$ и $I=200$) см. на рис. 13.5 и 13.6.

Производя расчеты для различных интенсивностей движения, получаем время восстановления, а через него (по формулам 13.1, 13.2) — скорость восстановления перевозочного процесса как важный критерий уровня устойчивости перевозочного процесса.

Расчеты по формулам (13.7), (13.8), (13.9) дают следующие результаты критериального времени, обозначающего уровень устойчивости в зависимости от интенсивности движения. Примеры расчета показаны в табл. 13.3.

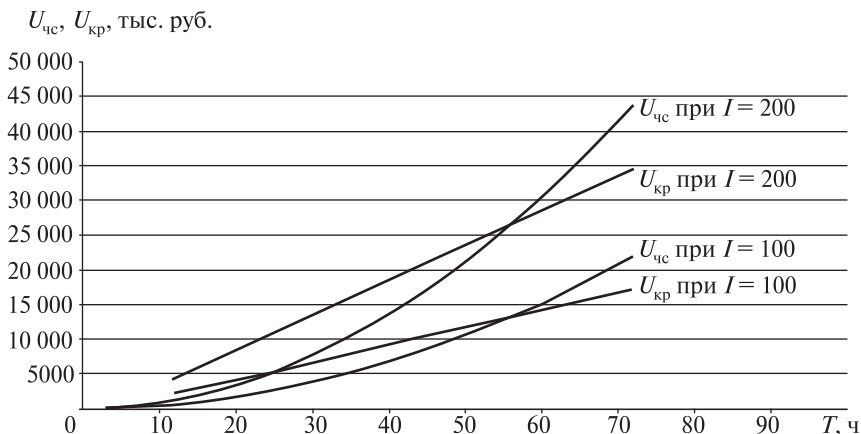


Рис. 13.5. Соотношение времени перерыва движения T и ущербов $U_{\text{чс}}$, $U_{\text{кр}}$ при $L_{\text{доп}} = 400$ км и $I = 200$, $I = 100$

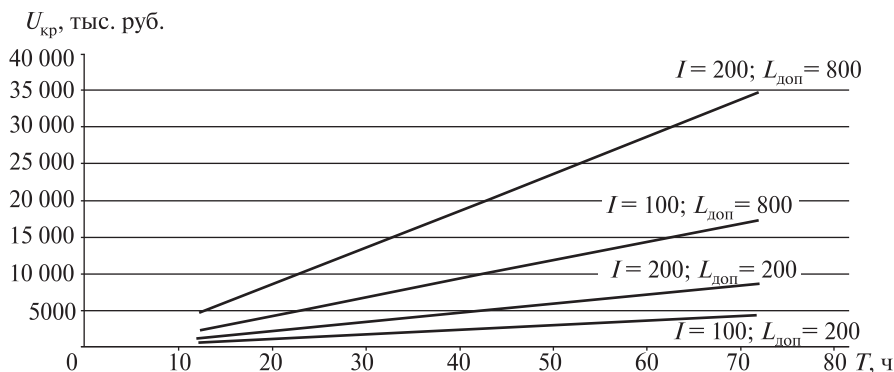


Рис. 13.6. Соотношение времени перерыва движения T и ущербов $U_{\text{кр}}$ при различных $L_{\text{доп}}$ и I

Соотношение времени перерыва движения и размеров ущерба для участков с различной интенсивностью движения и различной длиной дополнительного пробега поездов при организации кругового движения показано на рис. 13.7 и 13.8.

Таблица 13.3

**Расчет критериального времени, обозначающего уровень устойчивости
в зависимости от интенсивности движения**

Интенсивность движения (поездов в сутки) I	Критериальное значение T для уровня 1 (высокая устойчивость), ч	Критериальное значение T для уровня 2 (достаточная устойчивость), ч	Критериальное значение T для уровня 3 (низкая устойчивость), ч
200	3	24,60	331,50
150	3,53	29,31	385,01
100	4,42	37,49	474,81
50	6,44	56,66	677,61
20	10,46	95,89	1080,13

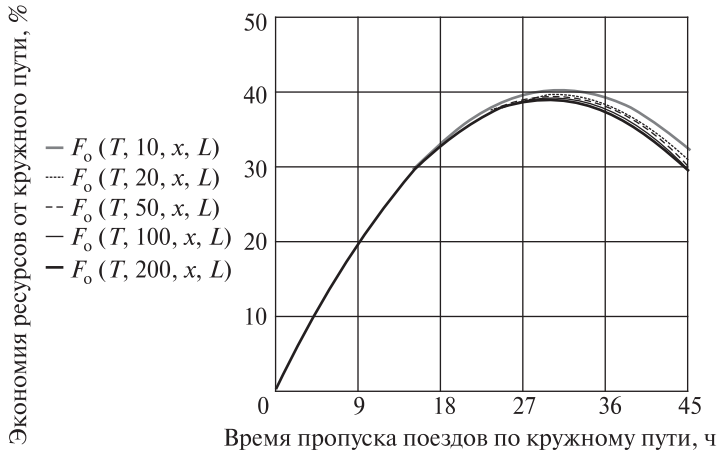


Рис. 13.7. Соотношение времени пропуска поездов по круглому пути T и экономии ресурсов F_o при $T=48$ ч, $L=400$ км

Дополнительно оценивается экономия ресурсов от круглового пути по формуле 13.10. Экономия от организации круглового движения F_o (в %) равна отношению, в числителе которого разница между ущербом при отсутствии круглового движения $U_{\text{чс}}$ и суммарным ущербом при использовании круглового движения $\sum U_{\text{кр}}$ в течение $T_{\text{ч}}$, в знаменателе — $U_{\text{чс}}$.

$$F_o(T, I, T, L) = [U_{\text{чс}}(T, I) - \sum U_{\text{кр}}(T, I, T, L)] / U_{\text{чс}}(T, I) \quad (13.10)$$

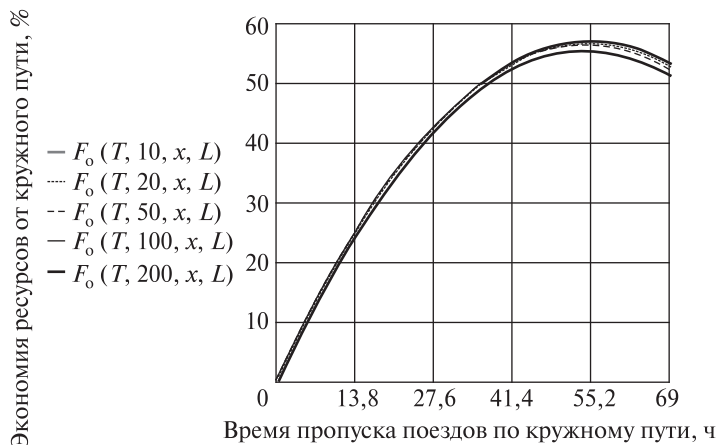


Рис. 13.8. Соотношение времени пропуска поездов по круговому пути T и экономии ресурсов F_o при $T=72$ ч и $L=400$ км

Некоторые результаты расчетов показаны в табл. 13.4 и 13.5.

Таблица 13.4

Результаты расчетов для $T=72$

	T	$F_o, \%$	$T, \text{ч, при}$ $L=200$	$F_o, \%$	$T, \text{ч, при}$ $L=400$	$F_o, \%$	$T, \text{ч, при}$ $L=600$
1	12	3,72	2,5	0	-5	0	-12,5
2	24	33,694	14,5	7,853	7	0	-0,5
3	36	51,334	26,5	26,389	19	9,667	11,5
4	48	61,76	38,5	40,042	31	23,01	23,5
5	60	68,555	50,5	49,704	43	33,878	35,5
6	72	72,316	62,5	56,776	55	42,347	47,5

Таблица 13.5

Результаты расчетов для $T=196$

	T	$F_o, \%$	$T, \text{ч, при}$ $L=200$	$F_o, \%$	$T, \text{ч, при}$ $L=400$	$F_o, \%$	$T, \text{ч, при}$ $L=600$
1	12	2,564	2	0	-5,5	0	-13
2	24	32,667	14	7,042	6,5	0	-1
3	36	50,751	26	25,694	18,5	9,084	11
4	48	61,395	38	39,551	30,5	22,491	23
5	60	68,306	50	49,351	42,5	33,47	35
6	72	73,135	62	56,512	54,5	42,028	47

Соотношение T и F_0 при $T=48$ ч, $L=400$ км, а также при $T=72$ ч и $L=400$ км показано на рис. 13.7 и 13.8.

Анализ табл. 13.3, 13.4, 13.5 и рис. 13.5, 13.6, 13.7, 13.8 показывает следующее.

1) Исходя из приведенной оценки экономии ресурсов (формула 13.10) экономическая целесообразность организации кружного движения поездов при высокой интенсивности движения ($I=100$ и $I=200$) наступает в случаях, когда по экспертной оценке общее время простоя поездов T может превысить 24 ч (это > 12 ч). При $T=36$ ч выигрыш (экономия) ресурсов составляет около 37 % (при $I=100$) и около 36 % при $T=48$ ч ($I=100$). Для $I=200$ и $T=36$ ч экономия ресурсов составляет 25 %, при $T=48$ ч — 42 %.

2) Для участков с более низкой интенсивностью движения поездов ($I=50$ и $I=20$) экономическая целесообразность организации кружного движения наступает уже при $T>12$ ч, но экономия ресурсов при этом будет в количественном выражении менее значимой.

3) Из двух факторов — интенсивности движения I и длины дополнительного пробега $L_{\text{доп}}$ поездов наибольшее влияние на размеры возможных ущербов оказывает $L_{\text{доп}}$.

13.3. Методические основы управления устойчивостью перевозочного процесса

Примерный алгоритм оценки состояния устойчивости перевозочного процесса показан на рис. 13.9.

Алгоритм управления устойчивостью перевозочного процесса в общем виде показан на рис. 13.10. Управление устойчивостью перевозочного процесса заключается в целенаправленном воздействии со стороны субъекта управления (органов управления железнодорожного транспорта, РСЧС и ЖТСЧС) на объект управления — подчиненные органы управления и силы, а также потенциальные или реальные источники ЧС, объекты инфраструктуры, элементы окружающей среды.

Управление на региональном уровне (железная дорога, субъекты Российской Федерации, объекты экономики) целесообразно осуществлять в 4 этапа, на каждом из которых используются определенные организующие и управляющие функции. На первом этапе производится сбор и анализ данных обстановки с целью выявления проблем, требующих принятия управленческого решения,

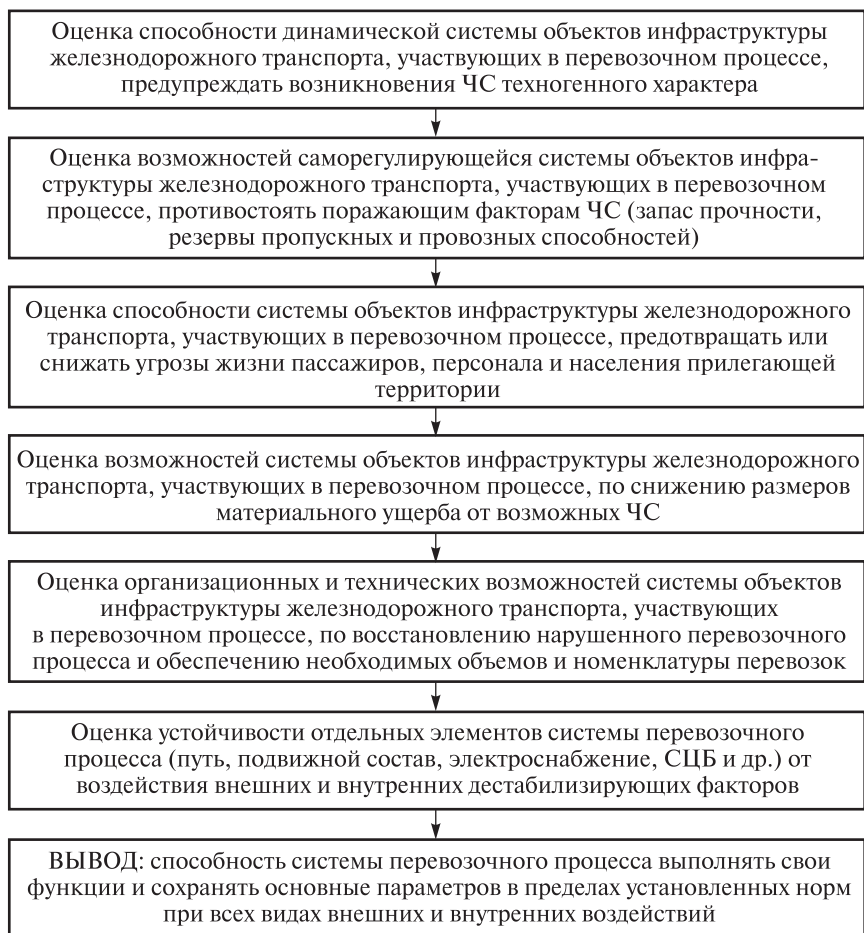


Рис. 13.9. Примерный алгоритм оценки устойчивости перевозочного процесса

либо корректировки ранее принятого решения. На втором этапе принимается управленческое решение, организуются управление, взаимодействие и обеспечение, определяются распределение сил по задачам и задачи каждого исполнителя. На третьем этапе принятое решение доводится до исполнителей, организуется контроль исполнения отданных распоряжений и эффективности проводимых мероприятий. На четвертом этапе осуществляется контроль за реализацией принятого решения эффективностью принимаемых мер.

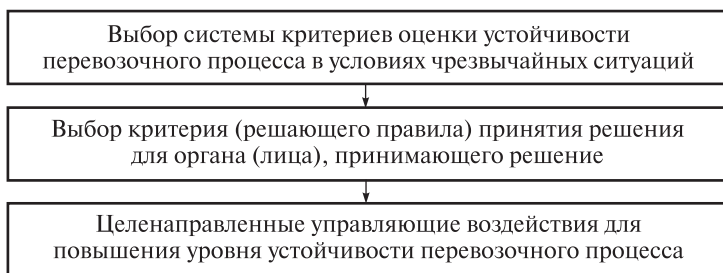


Рис. 13.10. Алгоритм управления устойчивостью перевозочного процесса

В целом управление устойчивостью перевозочного процесса — это система сбора и обработки входной информации об угрозах для устойчивости перевозочного процесса с упреждением по времени (прогнозированием угрозы), зависящим от потребного времени на реализацию контрмер по парированию (снижению до установленного или заданного уровня) данной угрозы.

Управление устойчивостью перевозочного процесса включает:

- систему оценки риска эксплуатации объекта инфраструктуры на определенный момент (отрезок) времени при прогнозируемых угрозах;
- критерий принятия решения (решающее правило) для органа (лица), принимающего решение;
- управляющие воздействия, влияющие на устойчивость перевозочного процесса.

Управление риском нарушения устойчивости перевозочного процесса — основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов снижения рисков до приемлемого (заданного) уровня. Управление риском должно быть устойчивым, т.е. обеспечивать своевременную выработку и доведение до исполнителей управляющих команд в условиях воздействия поражающих факторов ЧС, и включать следующие элементы:

- исключение риска, т.е. создание условий или применение средств, при которых исключаются источники риска, вероятность его появления или проявления последствий становятся бесконечно (пренебрежительно) малыми;
- ограничение риска — добровольное или вынужденное участие в принятии части риска;

- снижение риска — снижение вероятности (частоты) ЧС, видов и масштабов их последствий за счет применения различных методов и средств;

- перераспределение риска — совокупность механизмов, позволяющих распределить риск, связанный с ликвидацией ЧС, между несколькими участниками.

Базовыми принципами управления рисками являются:

- адекватное определение опасностей и угроз в вероятностной постановке и определение механизмов их понижения путем проведения инженерно-технических, организационных и экономических мероприятий;

- адекватное определение возможных негативных последствий природно-техногенных ЧС (преимущественно в эквивалентных статистических величинах человеческих потерь и экономических ущербов) и разработка комплексных мероприятий по снижению негативных последствий за счет систем защиты, предупреждения, диагностики и мониторинга.

Основной целью управления риском является его целенаправленное, поэтапное и научно обоснованное снижение до приемлемого уровня.

Уровни риска ЧС — количественные и качественные значения рисков для обозначения степени опасностей и угроз безопасности человека (персонала и пассажиров железнодорожного транспорта, населения прилегающей территории), объектов инфраструктуры и окружающей среды.

К качественным характеристикам уровней риска относятся: пренебрежимые, приемлемые, допустимые, неприемлемые, чрезмерные, недопустимые.

При количественном определении уровней риска возможно использование различных шкал риска, устанавливаемых при анализе риска.

Для индивидуальных рисков (объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта, участков железных дорог) логарифмическая шкала уровней риска устанавливается в виде вероятности летального исхода (поражения) человека в единицу времени (год или час, пассажирские перевозки) или в виде математического ожидания ущерба (денежные единицы) в единицу времени (год или час, грузовые перевозки).

С учетом важности роли и степени влияния «человеческого фактора» на устойчивость перевозочного процесса важнейшим направлением обеспечения устойчивости перевозочного процесса является повышение уровня профессиональной подготовки и работоспособности персонала в повседневных условиях и при возникновении ЧС.

Под работоспособностью персонала понимается потенциальная возможность человека выполнять целесообразную (т.е. актуальную и выполняемую по оптимальному варианту, в оптимальной последовательности) деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени. Работоспособность зависит от внешних условий деятельности (благоприятные, неблагоприятные, в нормальных условиях или при воздействии опасных и вредных факторов и т.д.) и психофизиологических ресурсов индивида.

Выделяются три уровня работоспособности — максимальная, оптимальная, сниженная и четыре стадии — вработывание, оптимальная, утомление (компенсируемое или некомпенсируемое), конечный «порыв».

Для перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, характеризующегося длительностью повышенных физических и психических нагрузок, наилучшим сочетанием является оптимальный уровень работоспособности (сохранение высокой производительности на длительный период) и оптимальной стадии (с компенсируемым уровнем утомления).

Глава 14. ГРОМКОГОВОРЯЩЕЕ ОПОВЕЩЕНИЕ НА СТАНЦИЯХ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Московский метрополитен является крупным по масштабу объектом, поэтому станции метрополитена оборудуются аппаратурой громкоговорящего оповещения для организации оперативного оповещения и предупреждения пассажиров и обслуживающего персонала в вестибюлях, на платформах, на эскалаторах, в служебных помещениях и в туннелях. Каждая станция метрополитена оборудована местной усилительной стойкой (МУС), которая осуществляет прием, коммутацию и усиление звукового сигнала, приходящего на станцию метрополитена с центральной усилительной станции (ЦУС).

Основные типы МУС, применяемые на станциях московского метрополитена: аппаратура громкоговорящего оповещения «РИКОМ»-06, «Рябина-М», «Березка-М», «Былина 500-М», «Набат».

Аппаратура громкоговорящего оповещения (АГО) «РИКОМ»-06 предназначена для эксплуатации в помещениях метрополитена, имеющих степень пожарной опасности П-Па.

По нормам пожарной безопасности НПБ 77-98 («Технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные») изделие АГО «РИКОМ»-06 относится к приборам управления 3-й группы. По устойчивости к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации изделие соответствует требованиям ГОСТ 28199, ГОСТ 28200 для работы при предельных температурах в диапазоне от +5 до +40 °С. По устойчивости к механическим воздействиям изделие соответствует требованиям ГОСТ 28203, ГОСТ 28215 (рис. 14.1).

Изделие состоит из следующих блоков и устройств (для стандартной комплектации).

1. ***Стойка местной усилительной станции***, которая в свою очередь состоит из блоков:

Блок коммутации сигналов (БКС-03П) (рис. 14.2). Одна из основных функций БКС — распределение входных сообщений, источни-



Рис. 14.1. Стойка местной усилительной станции «РИКОМ»-06



Рис. 14.2. Блок коммутации сигналов

ком которых могут являться ЦУС, пульта диспетчеров, комплекты выносные, пульт пожарного оповещения по выходным трансляционным линиям (ТЛ). После установки связей между входами и выходами и установки зон трансляции блок коммутации работает непрерывно в составе аппаратуры оповещения и не требует вмешательства обслуживающего персонала.

БКС обеспечивает гальваническую развязку входных цепей и масштабирование сигналов к одному единому выходному уровню напряжения 5 В.

БКС формирует сигналы, поступающие с ЦУС, обеспечивает выдачу звукового сигнала аварии и сигнала контроля, формирует тестовый сигнал для проверки работоспособности аппаратуры.

БКС при коммутации на один выход нескольких входов обеспечивает приоритет для линии с меньшим номером по отношению к линиям с большими номерами, например, линия 3 (пульт диспетчера) имеет больший приоритет, чем линии 4—8 (комплекты выносные), и меньший, чем линии 1 (центральная усилительная станция) и 2 (пульт пожарного оповещения). Подключение конкретного входного сигнала на вход с определенным номером (с 1 по 8) позволяет установить приоритет для данного входного сигнала. Например, звуковой сигнал с ЦУС может быть подан на вход 8-й ли-

нии БКС, т.е. будет иметь самый низкий приоритет, и рекламные сообщения будут «перебиваться» командами по другим линиям.

На БКС имеются отдельные входы для звукового сигнала с ЦУС и сигналов включения зон трансляции с ЦУС. В этом случае, при наличии сигналов включения зон трансляции, звуковой сигнал с ЦУС имеет наивысший приоритет, и все остальные звуковые сигналы блокируются. Разрешение на включение ТЛ устанавливается для каждой из зон.

Блок усилителей (БУ) (2 усилителя в одном блоке) (рис. 14.3) предназначен для работы на две трансляционные линии 30 В. На резистивной нагрузке 9 Ом усилитель обеспечивает выходную мощность 100 Вт.



Рис. 14.3. Блок усилителей

Блок усилителей имеет:

- пять сегментов светодиодной индикации уровня сигнала на выходе БУ по каждому каналу;
- индикаторы включения ВКЛ усилителей БУ;
- индикаторы аварии АВАРИЯ для каждого усилителя мощности (УМ);
- индикаторы питающих напряжений «+24», «–24» БУ;
- индикаторы для работы в режиме коррекции КОРРЕКЦИЯ, УРОВЕНЬ, НЧ, ВЧ;
- цифровой индикатор уровня и температуры;
- кнопки управления КОРРЕКЦИЯ, «<», «>», ВВОД.

БУ имеет датчики температуры, установленные на радиаторах УМ. Данные с датчиков (температура радиаторов) в штатном режиме работы БУ выводятся на цифровой индикатор, расположенный на лицевой панели БУ. На индикаторе отображается температура с наиболее разогретого радиатора УМ. При достижении температуры 66 °С включаются вентиляторы БУ, при снижении температу-

ры до 45 °С вентиляторы отключаются. В случае отказа температурного датчика при поступлении сигнала ВКЛЮЧЕНИЕ УМ будет одновременно включаться вентилятор.

Блок питания и контроля (БПК-06) (рис. 14.4) содержит фильтры подавления электромагнитных помех, излучаемых аппаратурой АГО в сетевые фидеры, устройство коммутации резервного питания (УКП), устройство защиты (УЗ) и модуль контроля исправности ТЛ. УКП выполняет функцию автоматического переключения с основного фидера на резервный фидер сетевого питания в случае пропадания напряжения на основном фидере либо его понижении ниже 165 В. В качестве резервных фидеров могут использоваться выходы стандартных, источники бесперебойного питания (ИБП), в большинстве случаев используются аккумуляторные батареи.

Рис. 14.4. Блок питания и контроля



Устройство защиты обеспечивает защиту блоков АГО от повышенного напряжения питания более 260 В и пониженного менее 150 В.

2. *Пульт пожарного оповещения (ППО)* предназначен для организации оповещения на станции метрополитена в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации ППО обеспечивает ручное и автоматическое включение выдачи речевых сообщений от двух речевых автоинформаторов (РИ). Для каждого РИ возможен выбор нескольких фраз из 8-ми заранее записанных в памяти. Выбранные фразы воспроизводятся циклически. Длительность фраз — до 25 с. ППО позволяет произвести запись фраз со встроенного микрофона либо с компьютера. ППО позволяет произвести контрольное воспроизведение записанных фраз на встроенные громкоговорители. Воспроизведение фраз в автоматическом режиме начинается при поступлении сигналов включения (замыкание контактов) с пожарного поста, всего может быть подано 16 команд. При поступлении на ППО сигналов с пожарного поста на

лицевой панели ППО включается индикация поданных сигналов для каждого РИ. В автоматическом режиме ППО работает самостоятельно и его включение тумблером не требуется.

Для работы ППО в ручном режиме необходимо открыть дверцу ППО и включить тумблер ВКЛЮЧЕНИЕ, при этом происходит переключение управления с ПД на ППО. Далее включаются тумблеры, соответствующие требуемым фразам. Фразы, выбранные на разных РИ, воспроизводятся одновременно. Фразы, выбранные на одном из РИ, воспроизводятся последовательно. Звуковые выходы РИ подключены к входам АГО со 2-го по 7-й, в зависимости от требуемого приоритета между сообщениями двух РИ и сигналов с выносных комплектов.

При автоматическом и ручном включении ППО происходит отключение штатного ПД и сигналов с ЦУС. Сигналы речевых информаторов с ППО подаются на свободные входы АГО (со 2-го по 7-й) в зависимости от требуемого приоритета вещания этих сигналов. Направления вещания для обоих РИ заданы в БКС для соответствующих входов, на которые они подключены.

При подключении РИ к АГО для работы с выносных комплектов остаются 4 входа. В случае включения ППО технологический ПД не отключается.

3. *Пульт диспетчера.* Пультом диспетчера оборудуются помещения дежурного по станции или дежурного электромеханика станции метрополитена для организации оперативного оповещения пассажиров и персонала в вестибюлях, на платформах, эскалаторах и в туннелях.



Рис. 14.5 Пульт диспетчера с микрофоном

Внешний вид пульта диспетчера представлен на рис. 14.5. Конструктивно пульт ПД выполнен в корпусе, состоящем из основания и передней панели. Передняя панель и основание соединяются при помощи 6 винтов М2. В правой части корпуса ПД находится контрольный динамик (под защитным кожухом) и светодиод, индицирующий наличие напряжения питания ПД.

В нижней части корпуса имеются разъемы для соединения ПД с АГО «РИКОМ»-06 и для подключения микрофона. На передней панели расположены 16 кнопок. Для крепления микрофона на правой боковой стенке корпуса ПД установлена скоба.

На задней стороне корпуса слева и справа закреплены планки с каплевидными пазами для крепления устройства к несущей раме.

4. **Комплект выносной** предназначен для установки на постах АСП и на постах дежурных у эскалаторов для оповещения пассажиров и персонала в вестибюлях и на платформах. Комплект выносной состоит из 3 элементов: скобы с разъемом, кронштейна и микрофона. Такой же микрофон используется в качестве микрофона ПД.

Микрофон выполнен в пластмассовом корпусе, в котором предусмотрена крепежная клипса для крепления на скобе. В микрофоне имеется тангент для включения входной линии. Сигнал с микрофона подается через гибкий кабель на разъем ХР1. В корпусе микрофона установлен предварительный усилитель сигнала микрофонного капсуля DA1 (TL072A) с выходным напряжением 5 В. Питание микрофона (+15 В) приходит по кабелю с ПД, либо по линии с входа АГО.

Аппаратура АГО-500 М1 предназначена для передачи речевых сообщений, речевых сигналов и музыкальных программ, для озвучивания закрытых помещений и открытого пространства станций метрополитена, трансляции сигналов ГОЧС и формирования речевых сообщений при срабатывании датчиков сигнализации. Аппаратура в системе оповещения метрополитена выполняет функции местной усилительной станции.

Аппаратура АГО-500М1 обеспечивает вещание со следующих источников:

- пульта диспетчера (ПД) — микрофона, магнитофона (персонального компьютера, радиоприемника проигрывателя), звуковой трансляционной линии;
- микрофонов выносных постов ВП-5 или ВП-2;
- речевого информатора — прибора ПТС-8/4;
- источников вещания Центральной усилительной станции (ЦУС).

Состав аппаратуры АГО-500М1.

1. **Пульт диспетчера (ПД)** предназначен для передач оповещения, вещательных передач по 16-ти трансляционным линиям, усиления сигналов от микрофона, магнитофона (персонального компьютера), радиотрансляционной линии, формирования контрольного тонального сигнала, контроля работы аппаратуры МУС.

Пульт ПД содержит:

- ячейку усилителей ДЯ 01-01 (А2). Схема ячейки ДЯ01-01 состоит из усилителя источников вещания, микрофонного усилителя, двух выходных усилителей, а также схемы коммутации источников вещания, генератора контрольного сигнала и схемы зуммера;
- плату тонального сигнала (А3);
- элементы коммутации и индикации;
- элементы регулировки уровня чувствительности и громкости звука;
- встроенный громкоговоритель;
- разъемы для внешних подключений.

Конструктивно пульт выполнен в литом корпусе прямоугольной конфигурации с передней панелью (А1) на петлях. На внутренней стороне панели устанавливаются ячейка предварительных усилителей ДЯ01-01 и плата тонального сигнала. На передней панели расположены органы управления и сигнализации.



Рис. 14.6. Стойка АГО-500М1

2. **Стойка АГО-500М1** предназначена для усиления и распределения звукового сигнала по 16-ти трансляционным линиям, сопряжения аппаратуры с ЦУС, обеспечивает бесперебойную работу аппаратуры за счет резервирования блоков питания и автоматического резервирования фидеров (входов питания) 220 В (рис. 14.6). В ней расположены следующие блоки и устройства аппаратуры.

Речевой информатор — прибор ПТС-8/4. Прибор предназначен для трансляции сигналов ГОЧС и формирова-

ния тревожных сообщений по 4-м трансляционным линиям при срабатывании линии сигнализации.

Прибор ПТС-8/4 в режиме работы в зависимости от состояния 8-ми подключаемых линий сигнализации включает до 4-х линий трансляции и передает по ним ранее записанные сообщения в соответствии с заранее запрограммированным сценарием, а при срабатывании линии ГОЧС передает сообщения по трансляционным линиям ГОЧС.

Хранимые и воспроизводимые сообщения обладают следующими характеристиками:

- количество сообщений — не менее 66;
- общая длительность хранимых сообщений — не менее 32 мин;
- длительность трансляции каждого сообщения выбирается из режимов 5, 10, 20, 30, 60 мин, бесконечно.

Устройство защиты (УЗ) осуществляет визуальный и звуковой контроль через звуковой динамик по любой из 16-ти трансляционных линий, защиту каждой из 16-ти трансляционных линий плавкими элементами (предохранителями), увеличение входного звукового сигнала УТ-200М с 30 В до 120 В и передачу этого сигнала в 4 трансляционные линии. УЗ осуществляет распределение звуковых напряжений, поступающих с усилителей на прибор ППУ для формирования передачи сигналов контроля для ЦУС, и отображает световую индикацию о состоянии исправности аппаратуры.

Блок усилителей мощности (УТ-200М). В качестве блока усилителей в аппаратуре АГО-500М1 используется усилитель трансляционный УТ-200М1, предназначенный для усиления мощности звуковых сигналов, поступающих с блоков БКС № 1, БКС № 2, ПТС 8/4. Усилитель обеспечивает ведение передач через БКС и ПТС 8/4 по двум трансляционным линиям, осуществляет организацию преимущества (приоритетности) ведения передач с ПТС 8/4 над ведением передач с БКС. УТ-200М1 предоставляет возможность совместной работы ПТС 8/4 и БКС одновременно двум разным трансляционным линиям с номинальной мощностью 100 Вт и напряжением 30 В по каждой линии. УТ-200М1 осуществляет работу от сети переменного тока 220 В, имеется функция принудительного включения ПТС 8/4 или БКС. УТ-200М1 формирует сигнал «Авария» для блока БКС при неисправности усилительных трак-

тов, а также его дублирование и контроль прохождения трансляционных передач индикацией на передней панели.

Блок коммутации сигналов БКС предназначен для установления приоритета передач и предварительного усиления звукового сигнала по 8 трансляционным линиям.

Блок коммутации сигналов БКС обеспечивает:

- дистанционное включение 8-ми трансляционных линий с ЦУС, пульта ПД, выносных постов ВП-2, ВП-5. Приоритет по каждой из 8-ми линий в последовательности: ЦУС (1 зона — служебное оповещение, 1 зона и 2 зона — общее оповещение); пульт ПД (оповещение); выносные посты, ЦУС (коммерческие передачи, реклама); пульт ПД (вещательные передачи по трансляционным линиям);

- формирование сигналов занятости (+12 В) для ВП-2, ВП-5;
- формирование сигналов контроля включения МУС зонам 1 и 2;

- установочное включение трансляционных линий в зону 1 и зону 2;

- предварительное усиление и автоматическую регулировку уровня по 8-ми усилительным трактам;

- формирования сигналов включения усилителей трансляции (−27 В), подключенных на выходы БКС;

- автоматический контроль и световую индикацию неисправностей в цепях вторичного питания;

- световую сигнализацию прохождения сигнала по трансляционным линиям;

- подключение БКС № 2 для увеличения трансляционных линий до 16-ти.

В состав БКС входят:

- блок приоритета ДБ04-01 — 4 шт. (А1/А1, А2, А3, А4); предназначен для установления приоритета передач, формирования сигнала занятости 2-х трансляционных линий, коммутации одного из входных источников звука с каждой или одной из трансляционных линий по сигналам управления с ЦУС, сигнала включения линий (12 В) с пульта ПД, сигнала включения линий (12 В) с ВП-2, ВП-5 по фантомной цепи, совмещенной со звуковой линией соответствующего выносного поста;

- блок авторегуляторов КБ01-01 — 4 шт. (А1/А5, А6, А7, А8); предназначен для автоматической регулировки усиления в 2-х трактах низкой частоты. Блок авторегуляторов КБ01-01 обеспечивает

автоматическое поддержание уровня в двух трактах низкой частоты для защиты от перегрузок по выходу последующих звеньев цепей, световую сигнализацию прохождений передач на выходах авторегуляторов, выдачу сигналов перегрузки трактов по выходу при увеличении выходного напряжения на 10 В и более;

- блок питания КБ03-01 — 1 шт. (А3); представляет собой трехканальный линейный источник вторичного электропитания от сети переменного питания 220 В и частотой 50 Гц. Блок питания КБ03-01 обеспечивает выдачу стабилизированных напряжений ± 12 В со средней точкой и нестабильностью напряжений 27 В, местное и дистанционное включение блока по первичной цепи, защиту входных и выходных цепей плавкими предохранителями, формирование сигнала неисправности в режиме дистанционного включения блока при отсутствии на одной из выходной цепи;

- плата УРВИ 469435.212 (А2).

Прибор удаленного управления (ПУУ) предназначен для сопряжения аппаратуры с системой ЦУС.

Прибор ПУУ обеспечивает:

- установку номера МУС (1 до 15) для избирательного управления с ЦУС;

- прием сигналов управления с ЦУС и преобразование их в непрерывные команды управления;

- прием сигналов исполнения команд с ЦУС и формирование сигналов контроля МУС с временным уплотнением для оператора ЦУС;

- регулировку амплитуды и коррекцию частной характеристики звукового сигнала, поступающего с ЦУС;

- установку числа действующих трансляционных линий на МУС;

- включение с ЦУС поочередного звукового контроля трансляционных линий;

- переход при контроле с одной линии на другую с сигнализацией в ЦУС коротким звуковым сигналом;

- передачу короткого звукового сигнала начала и окончания контроля линии трансляции по сигналу ЦУС с обеспечением задержки сигнала контроля МУС;

- подключение к ПУУ телефонного аппарата ЦБ для технологической связи ЦУС-МУС вместо звукового контроля трансляционной линий МУС;

— отключение трансляционных линий уличной группы громкоговорителей при подаче с ЦУС управляющего сигнала.

В состав ПУУ входят:

— объединительная плата (А1);
— блок питания ДБ03-01(А2) — является стабилизированным источником вторичного питания и обеспечивает автономное питание ПУУ от сети;

— блок реле ДБ04-02 — 2шт. (А1/А3, А5);

— блок контроля ДБ16-01 (А1/А4) совместно с двумя блоками ДБ04-02 — производят поочередный контроль трансляционных линий МУС при управлении с ЦУС;

— блок управления ДБ14-01 (А1/А2) — для приема, преобразования и передачи сигналов управления и сигнализации по линиям связи ЦУС-МУС с временным уплотнением сигналов;

— блок частотного корректора ДБ10-01 (А1/А1) — осуществляет прием и частотную коррекцию звукового сигнала с ЦУС.

Прибор питания ПП предназначен для питания приборов и блоков аппаратуры переменным напряжением 220 В, суммарной нагрузкой до 2 кВт, постоянным стабилизированным напряжением +12 В, –12 В.

Прибор ПП обеспечивает:

— ручное включение питания от сети переменного тока 220 В;
— автоматическое переключение фидеров;
— распределение потребителей на 3 выхода с защитой каждого выхода автоматическим выключением от перегрузок и коротких замыканий;

— дистанционное питание ПД и выносных постов ВП-2 и ВП-5 напряжением +12 В, –12 В по отдельным цепям с защитой от перегрузок и коротких замыканий предохранителем;

— световую индикацию наличия сетевого напряжения в фидерах по 3-м выходам ПП, наличия напряжения +12 В, –12 В по отдельным цепям раздельно для ПД и выносных постов ВП-2 и ВП-5;

— горячее резервирование вторичного источника питания прибора ПП;

— формирование и передачу во внешнюю цепь (на пульт диспетчера ПД, устройство защиты УЗ и через прибор ПУУ на ЦУС) общего сигнала неисправности приборов аппаратуры.

На каждом из входящих фидеров питания установлены защитные выключатели. В схеме предусмотрено автоматическое или ручное резервирование питающих фидеров.

3. **Прибор контроля линий ПКЛ1** предназначен для визуального контроля передачи по линиям и включения ЦУС.

На передней панели расположены органы управления и индикации:

- «ЛИНИИ ТРАНСЛЯЦИИ» «1»—«16» — индикация контроля передач по каждой из 16-ти линий. Рядом с индикаторами крепятся шильдики для нанесения названий линий;

- «КОНТРОЛЬ ЛИНИЙ» «1»—«16» — переключатели линий трансляции для их звукового контроля;

- «ВКЛЮЧЕНИЕ ЦУС» «ЗОНА 1» «ЗОНА 2» — индикация включенного режима работы аппаратуры с ЦУС (Зона 1 и Зона 1 и 2, Зона 2).

На нижней части корпуса находится клемма заземления.

Прибор ПКЛ1 предназначен для установки на стене, рядом с пультом ПД.

4. **Выносные посты ВП-2, ВП-5. Выносной пост ВП-2** предназначен для передачи оповещения по 2-м трансляционным линиям.

На лицевой панели расположены переключатели для включения передачи оповещения по 2-м линиям избирательно или одновременно с индикацией включения линий:

- «ПИТАНИЕ» — наличие питания (дистанционное питание +12 В подается с дежурного блока питания прибора ПУУ или прибора ПП, либо с выпрямителя В-12/27 при автономном питании выносного поста);

- «ЗАНЯТО» — занятость линий передачами с ЦУС и пульта ПД.

На нижней части корпуса поста ВП-2 размещены соединительные разъемы для подключения штатного микрофона МК-3 (ХЗ), выпрямителя В-12/27 (Х1), линии (Х2), клемма заземления.

Выносной пост ВП-5 предназначен для передачи оповещения по 5-ти трансляционным линиям. Эксплуатационные возможности и электрические параметры ВП-5 аналогичны возможностям и параметрам ВП-2 с учетом увеличения линий до 5-ти.

МСГО «Набат» предназначена для реализации схем оповещения, оперативной связи и управления на объектах и прилегающих

территориях с возможностью организации пространственного разнесения на любые расстояния абонентов системы при помощи аналоговых и цифровых интерфейсов, физических, волоконно-оптических и других линий и каналов связи.

Она может быть использована:

- для аварийного оповещения, в том числе и при чрезвычайных обстоятельствах, как циркулярного так и выборочного по направлениям, группам направлений (зонам);
- информационного оповещения по направлениям, группам направлений (зонам) клиентов и персонала;
- организации информационного и рекламного вещания, а также музыкального сопровождения по направлениям, группам направлений (зонам).

Абонентами МСГО являются источники информации (ИИ) и направления вещания (НВ). Источниками информации могут быть как пульта операторов (ПО) вещания — руководители, дежурные и диспетчерские службы, выносные посты и посты охраны и т.п., так и автоматизированные источники информации — различные автоматические сигналы предупреждения, тревожное оповещение, рекламное и музыкальное вещание и т.п.

Направление вещания представляет собой трансляционную линию со всеми имеющимися в ней акустическими приборами. Группа направлений вещания (зона) — автоматическое объединение нескольких направлений вещания (НВ) в одну группу (ЗВ).

Источникам информации МСГО могут быть присвоены приоритеты, которые определяются заказчиком. Приоритет определяет возможность первоочередного подключения конкретного ИИ к НВ при возникновении ситуации состязаний абонентов.

МСГО обеспечивает следующие возможности:

- осуществление источниками информации оперативного громкого оповещения в НВ и группы НВ в соответствии с присвоенными приоритетами без блокировок и задержек;
- организацию информационного и рекламного вещания, а также музыкального сопровождения по НВ и группам НВ, а также сирен и сигнала «ГОНГ»;
- возможность изменения алгоритма работы операторов ПО в соответствии с требованиями заказчика;

- группирование абонентов системы и распределение НВ между ИИ;
- обеспечение возможности акустического контроля (прослушивания) НВ по желанию оператора с ПО;
- световую сигнализацию на пультах операторов о состояниях НВ;
- установление требуемой конфигурации системы в соответствии с заданными количествами ИИ, НВ алгоритмом работы операторов ПО и приоритетами;
- регистрацию всей передаваемой в системе информации или по отдельным абонентам системы;
- анализ состояния и автоматическое включение резервного аварийного питания при ухудшении сверх допустимых пределов параметров основной сети электропитания;
- организацию резервирования наиболее важных узлов системы.

Поставляемый вариант МСГО может содержать все выше перечисленные возможности или только наиболее необходимые, в зависимости от назначения, а также стоимости системы. Требуемые функциональные возможности и тактико-технические характеристики системы устанавливаются при ее конфигурировании.

Составные части изделия, ячейки и узлы коммутационного устройства (на базе СОДС «НАБАТ») выполнены на современных отечественной и импортной элементных базах, с применением технологии поверхностного монтажа, что исключает возможность ремонта силами эксплуатирующей организации.

Оперативный ремонт осуществляется заменой устройств — составных частей МСГО, неисправных ячеек и пультов операторов (ПО) на исправные из комплекта ЗИП. Неисправные ячейки и ПО ремонтируются на заводе-изготовителе.

МСГО предназначено для круглосуточной работы без обслуживающего персонала в отапливаемом закрытом помещении, посещаемом для техобслуживания и ремонта.

При аварийных ситуациях, связанных с пропаданием электропитания, обеспечивается возможность работы МСГО в течение не менее 2 ч от источников бесперебойного питания.

Основные технические характеристики МСГО приведены в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Основные характеристики МСГО

Параметры	Значение	Примечание
Количество источников информации, в том числе пульта оператора	от 1 до 32	Данные ограничения не носят принципиального характера. При необходимости количества ИИ, НВ, приоритетов в МСГО могут быть увеличены
Количество зон вещания	от 1 до 40	
Количество приоритетов	от 1 до 16	
Аппаратная задержка вещания	0,2 с	
Выходная мощность на зоны вещания Выходное напряжение	120 Вт 100, 70, 50 В	
Автоматическая регистрация / время хранения информации	до 20 каналов / до 30 сут	
Воспроизведение речевой информации в полосе частот	0,3—3,4 кГц	
Максимальное расстояние между пультом оператора и коммутационным устройством изделия определяется сопротивлением шлейфа физической линии: для линий с электропитанием, для абонентских линий и цифровых каналов	< 30 Ом < 1000 Ом	

Состав МСГО определяется в зависимости от исходных требований заказчика и оптимизируется под конкретный проект.

В состав МСГО могут входить следующие технические средства:

- коммутационное устройство на базе СОДС «НАБАТ»;
- пульты операторов, состоящие из переговорного устройства, приставки и микрофона. Комплект «Пульт многозоновый» предназначен для оснащения рабочего места оператора многозоновой системы громкоговорящего оповещения (МСГО) «НАБАТ».

Многозоновый пульт предназначен:

- для выбора направления или группы направлений (зоны) вещания;

— вещания в выбранные направления, выбора направления прослушивания и прослушивания выбранного направления, контроля направления вещания.

Многозоновый пульт представляет собой комплекс, состоящий из следующих блоков, размещенных на столе рабочего места оператора МСГО и соединенных между собой кабелями:

- трансляционные усилители;
- генераторы сигнала Гонг;
- аттенюаторы;
- блок питания;
- блок зарядки батарей;
- аккумуляторы;
- источник бесперебойного питания;
- стойка 19".

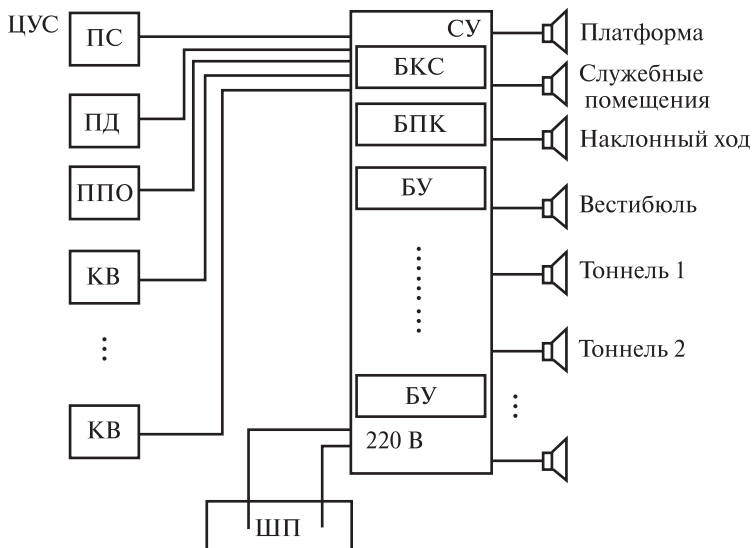


Рис. 14.7. Принципиальная схема организации громкоговорящего оповещения на станциях Московского метрополитена:

ЦУС — центральная усилительная станция; СУ — стойка усилителей местной усилительной станции; ПС — прибор сопряжения; ПД — пульт диспетчера; ППО — пульт пожарного оповещения; КВ — комплект выносной; ШП — щит питания; БКС — блок коммутации сигналов; БПК — блок питания и контроля; БУ — блок усилителей (8 шт.)

Кроме того, МСГО может дополнительно оснащаться генераторами различных тональных сигналов, средствами регистрации передаваемой информации, средствами, обеспечивающими взаимодействие коммутационных устройств, абонентскими устройствами и другими устройствами, необходимыми для реализации конкретного проекта.

Принцип работы МУС представлен на рис. 14.7. Источниками звуковых сигналов могут являться: центральная усилительная станция; пульт диспетчера; пульт пожарного оповещения; комплекты выносные, к которым относятся кабины дежурных у эскалаторов, кабины автоматического контроля прохода в метрополитен. От источников звуковых сигналов сигнал поступает на стойку усилителей, где происходит коммутация в БКС сигнала с необходимым направлением, количество которых максимально до 16 линий (платформа, вестибюль, наклонный ход, тоннель, служебные помещения).

Рекомендуемая литература

1. Положение о порядке служебного расследования и учета транспортных происшествий и иных, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, событий (утверждено приказом Минтранса России от 25.12.2006 г. № 163).

2. Положение о системе ведения путевого хозяйства на железных дорогах РФ от 27.04.2001 г. (утверждено постановлением Коллегии МПС от 14.03.2001 г. № 3).

3. ГОСТ 19433-88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка».

4. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (утверждены приказом Минтранса России от 21.12.2010 г. № 286).

5. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам (утверждены МЧС России 31.10.1996 г., утверждены МПС России 25.11.1996 г., согласованы Госгортехнадзором России 28.10.1996 г.) (ЦМ-407).

6. *Белов П.Г.* Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: учебное пособие для студентов вузов. — М.: Академия, 2003. — 512 с.

7. *Булаев В.Г., Меньших В.И.* Требования безопасности к перевозке опасных отходов и грузов: учебное пособие. — Екатеринбург: УрГУПС, 2005. — 87 с.

8. *Жуков В.И., Федосов В.Д., Пономарев В.М.* Автоматические средства пожарной безопасности на железнодорожном транспорте: методические указания. — М.: МИИТ, 2010. — 186 с.

9. *Пономарев В.М., Щеглов П.П., Рахманов Б.Н., Гаврилова А.В.* Безопасность транспортирования опасных веществ (на примере железнодорожного транспорта): учебное пособие. — М.: МИИТ, 2010. — 263 с.

10. *Рубцов Б.Н.* Общий курс безопасности в чрезвычайных ситуациях: конспект лекций. — М.: МИИТ, 2009. — 166 с.

11. *Хохлов А.А., Жуков В.И.* Технические средства обеспечения безопасности движения на железных дорогах: учебное пособие. — М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. — 535 с.

12. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Под ред. Н.Б. Кузнецова. Ч. 1: Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте. — М.: Маршрут, 2005. — 676 с.

13. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Под ред. Н.Б. Кузнецова. Ч. 2: Охрана труда на железнодорожном транспорте. — М.: Маршрут, 2006. — 542 с.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ	6
1.1. Классификация транспортных происшествий в поездной и маневровой работе	6
1.2. Положение «О порядке служебного расследования транспортных происшествий на железнодорожном транспорте»	8
1.3. Организация движения поездов при нормальных условиях работы станционных технических средств обеспечения безопасности движения	20
1.4. Организация движения поездов при нарушении нормальных условий работы станционных технических средств обеспечения безопасности движения.....	32
Глава 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ (ТСО БД) НА ПЕРЕГОНАХ И СТАНЦИЯХ.....	65
2.1. Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах ОАО «РЖД».....	65
2.2. Основные показатели состояния безопасности движения в ОАО «РЖД»	68
2.3. Полуавтоматическая блокировка.....	73
2.4. Автоматическая блокировка.....	76
2.5. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия (АЛСН) и ее взаимодействие с автоблокировкой	83
2.6. Системы передачи информации о длине и профиле блок-участков	92
2.7. Система автоматического управления торможением поезда (САУТ).....	95
2.8. Системы электрической централизации	101

2.9. Перспективные разработки, направленные на повышение безопасности движения поездов на станциях...	103
2.10. Элементная база технических средств обеспечения безопасности движения.....	111
Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ	129
3.1. Системы автоматизации работы сортировочных горок.....	129
3.2. Актуальные проблемы повышения безопасности роспуска составов на сортировочных горках.....	132
3.3. Технические средства обеспечения безопасности движения на переездах	137
Глава 4. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	171
4.1. Автоматизированная система обнаружения вагонов с отрицательной (неудовлетворительной) динамикой (АСОД).....	171
4.2. Система автоматического контроля механизма автосцепных устройств грузовых вагонов (САКМА)	175
4.3. Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ)	179
4.4. Тенденции повышения безопасности движения в системе технической эксплуатации подвижного состава	182
Глава 5. НОРМАТИВЫ СОДЕРЖАНИЯ И УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ, СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	191
5.1. Нормативы содержания и основная направленность мероприятий по совершенствованию конструкций железнодорожного пути, обеспечивающих безопасность движения	191
5.2. Проблемы безопасности движения на бесстыковом пути подвижного состава, поездов повышенной массы и длины. Влияние системы содержания пути на безопасность движения	201

5.3. Технические нормативы содержания стрелочных переводов, обеспечивающие безопасность движения.....	212
5.4. Технические нормативы содержания искусственных сооружений, обеспечивающие безопасность движения	220
5.5. Мероприятия по предупреждению сходов подвижного состава, вызванных причинами наличия отступлений в содержании железнодорожного пути	225
5.6. Некоторые типовые ситуации сходов подвижного состава, связанных с эксплуатацией железнодорожных путей.....	233
Глава 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	240
6.1. Опыт применения аппаратуры ПОНАБ-3	240
6.2. Обеспечение безопасности движения поездов применяемыми тормозными средствами.....	246
6.3. Перспективные методы и средства автоматизированной диагностики подвижного состава	254
6.4. Совершенствование системы перевозки опасных грузов на железных дорогах.....	263
Глава 7. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОГО ВОЖДЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ МАШИНИСТАМИ.....	268
7.1. Анализ деятельности работников локомотивных бригад.....	268
7.2. Комплексные системы, обеспечивающие безопасное вождение локомотивов машинистами.....	282
7.3. Человеческий фактор и его влияние на безопасность движения подвижного состава	291
Глава 8. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	301
8.1. Организационная структура, задачи и возможности железнодорожной транспортной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЖТСЧС)	301
8.2. Нормативно-правовая база в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	303

Глава 9. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	311
9.1. Существующие подходы к оценке устойчивости функционирования объектов железнодорожного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций	311
9.2. Методика количественного определения ущерба при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта.....	322
Глава 10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	338
10.1. Мониторинг состояния объектов железнодорожного транспорта природного и техногенного характера.....	338
10.2. Система оперативного управления в условиях чрезвычайных ситуаций	343
10.3. Динамическая модель взаимодействия функциональных подразделений как самоуправляемых агентов.....	359
10.4. Моделирование динамических процессов при оперативном управлении ликвидацией чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте	366
Глава 11. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ.....	375
11.1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ.....	375
11.2. Организация и осуществление государственного надзора за соблюдением требований безопасности при транспортировании опасных веществ.....	376
11.3. Опасные грузы. Виды и классы опасности.....	380
11.4. Использование автоматизированных систем при перевозке опасных грузов.....	389
Глава 12. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ И ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	392
12.1. Краткая характеристика объектов и подвижного состава железнодорожного транспорта	392

12.2. Характеристика пожаров на подвижных грузовых составах железнодорожного транспорта	395
12.3. Технические методы исключения пожаров на железнодорожном транспорте	397
12.4. Прогнозирование последствий аварий, связанных с пожарами	425
12.5. Математическая модель определения необходимого количества восстановительных и пожарных поездов для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций	434
Глава 13. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	446
13.1. Безопасность движения поездов как фактор устойчивости функционирования железнодорожного транспорта	446
13.2. Обоснование критериев оценки устойчивости перевозочного процесса и их взаимосвязь	454
13.3. Методические основы управления устойчивостью перевозочного процесса	465
Глава 14. ГРОМКОГОВОРЯЩЕЕ ОПОВЕЩЕНИЕ НА СТАНЦИЯХ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА	470
Рекомендуемая литература	487

Пономарев Валентин Михайлович
Жуков Виктор Иванович
Стручалин Владимир Гайозович

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ
И МЕТРОПОЛИТЕНЕ

В двух частях

Часть 2

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Под редакцией В.М. Пономарева и В.И. Жукова

Монография

Подписано в печать 09.07.2014 г.
Формат 60×84/16. Печ. л. 31,0. Тираж 600 экз. Заказ
ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»
105082, Москва, ул. Бакунинская, д. 71
Тел.: +7 (495) 739-00-30,
e-mail: info@umczt.ru,
<http://www.umczt.ru>

Для заметок

Для заметок