

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

III издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу 21-24 сентября 2010
г., Словацкая Республика, г. Кошице

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре
и подвижному составу 22 октября 2010 г., Комитет ОСЖД,
Республика Польша, г. Варшава

Дата вступления в силу: 22 октября 2010 г.

Примечание: теряет силу II издание от 30 октября 2003 г.

**Р
855**

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОБХОДИМОЙ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ СЦБ

Содержание

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Область применения..... | 3 |
| 2. | Основные понятия и определения..... | 3 |
| 3. | Показатели надежности..... | 4 |
| 3.1. | Показатели безотказности..... | 5 |
| 3.2. | Показатели ремонтпригодности..... | 5 |
| 3.3. | Показатели долговечности..... | 5 |
| 3.4. | Показатели сохраняемости..... | 6 |
| 3.5. | Показатели готовности..... | 6 |
| 3.6. | Показатели безопасности..... | 6 |
| 4. | Выбор показателей надежности для устройств СЦБ..... | 6 |
| 4.1. | Общие принципы выбора показателей надежности..... | 6 |
| 4.2. | Критерии выбора показателей надежности устройств СЦБ..... | 9 |
| 4.2.1. | Класс объекта..... | 9 |
| 4.2.2. | Группа надежности объекта..... | 9 |
| 4.2.3. | Режим эксплуатации..... | 9 |
| 4.2.4. | Ограничение времени использования..... | 10 |
| 5. | Качественные показатели надежности..... | 10 |
| 6. | Взаимоотношения между заказчиком, разработчиком, изготовителем и потребителем устройств СЦБ, способствующие достижению необходимой надежности..... | 12 |
| 6.1. | Введение..... | 12 |
| 6.2. | Порядок взаимоотношений в целях обеспечения высокой надежности..... | 12 |
| 7. | Выбор показателей надежности, применяемых для различных устройств СЦБ..... | 14 |
| 8. | Принципы управления надёжностью систем железнодорожной автоматики и телемеханики..... | 15 |

1. Область применения

Настоящая Памятка распространяется на все виды технических средств сигнализации, централизации и блокировки (в дальнейшем устройств СЦБ).

2. Основные понятия и определения

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость и готовность или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Безопасность – свойство объекта сохранять исправное, работоспособное или защитное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Готовность – свойство объекта быть в состоянии выполнять требуемые функции при заданных условиях в данный момент времени или в течение заданного интервала времени при условии обеспечения необходимыми внешними ресурсами.

Объект – предмет определенного целевого назначения, рассматриваемый как самостоятельная единица с целью его использования по назначению, изучения, исследования или испытания. Объектом может быть система, подсистема, устройство, модуль, элемент, любое изделие или функциональная единица. Объект может включать в себя технические средства, программные средства, технический персонал или их любые сочетания. Совокупность объектов, объединенных общим назначением и целью функционирования, может также рассматриваться как объект.

Восстанавливаемый объект – объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Предполагается, что после отказа объект поступает в ремонт, за исключением случаев, когда объект достигает предельного состояния.

Невосстанавливаемый объект – объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния не предусмотрено в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Текущее техническое обслуживание этих объектов не исключается. Объект может быть ремонтируемым, но не восстанавливаемым в рассматриваемой ситуации.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. У невосстанавливаемых объектов отказы соответствуют предельным состояниям и, как правило, определяют конец срока службы. У восстанавливаемых объектов предельно состояние определяется по трем основным факторам:

а) техническим – при недопустимой потере безопасности функционирования ТС, при часто повторяемыми изменениями технических параметров по сравнению с требуемыми;

б) экономическим – при экономически неоправданной необходимости восстановления работоспособности (например, при значительном повышении количества отказов) или при невозможности устранения понижения эффективности эксплуатации;

в) моральным – при несоответствии научно-технического уровня современным требованиям.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Повреждение - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта. Показатели безотказности могут в определенных случаях распространяться и на повреждения.

3. Показатели надежности

Для технических средств (ТС) должны быть заданы требования к количественным и качественным характеристикам надежности. Требования устанавливаются как на объект в целом, так и на условный измеритель, например, определенную функцию, отдельный объект управления или контроля – стрелку электрической централизации, сигнальную установку или блок-участок автоматической блокировки, переезд и т.п. В качестве количественных характеристик надежности ТС следует применять следующие показатели.

3.1. Показатели безотказности

$P(t)$ – вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ ТС не возникнет;

T_{cp} – средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки системы до первого отказа;

T_o – средняя наработка на отказ – отношение наработки восстанавливаемого ТС к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки;

T_{py} – гамма-процентная наработка до отказа – наработка, в течение которой первый отказ объекта не возникает с вероятностью y , выраженная в процентах;

T_{ov} – гамма-процентная наработка на отказ – наработка, в течение которой отказ восстанавливаемого объекта не возникает с вероятностью y , выраженной в процентах;

$\lambda(t)$ – интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого ТС, определяемая при условии, что до этого момента отказ не возник;

$c_o(t)$ – параметр потока отказов – отношение математического ожидания числа опасных отказов восстанавливаемого ТС за произвольно малую его наработку к значению этой наработки;

$\varpi(t)$ – интенсивность восстановления – условная плотность вероятности восстановления после отказа.

Наработка объекта может быть выражена не только в единицах времени, но и в других единицах: количествах срабатываний, пробегом в километрах.

3.2. Показатели ремонтпригодности

T_{cv} – среднее время восстановления – математическое ожидание времени восстановления;

T_n – среднее время ремонта – математическое ожидание интервала времени от начала ремонта до момента окончания восстановления исправности или работоспособности объекта.

3.3 Показатели долговечности

Ресурс – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние

T_p – средний ресурс – математическое ожидание ресурса;

T_{pz} – гамма-процентный ресурс – суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью y , выраженной в процентах;

T_{cn} – средний срок службы – математическое ожидание среднего срока службы.

3.4. Показатели сохраняемости

T_c – средний срок сохраняемости – математическое ожидание среднего срока сохраняемости;

T_{ce} – гамма-процентный средний срок сохраняемости – срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью y , выраженной в процентах.

3.5. Показатели готовности

K_2 – коэффициент готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

3.6. Показатели безопасности

Приведены в Памятке Р 807 «Количественные требования и средства контроля обеспечения безопасности систем и устройств СЦБ».

4. Выбор показателей надежности для устройств СЦБ

4.1. Общие принципы выбора показателей надежности

4.1.1. Показатели *вероятность безотказной работы* и *вероятность отказа* за время t следует использовать для невосстанавливаемых и восстанавливаемых ТС, у которых величина времени t может быть предварительно определена с учетом регламента использования ТС при эксплуатации.

4.1.2. Показатель *средняя наработка до отказа* целесообразно использовать для невосстанавливаемых ТС с любым законом распределения отказов, а также для восстанавливаемых резервируемых ТС.

4.1.3. Показатель *средняя наработка на отказ* должен использоваться для восстанавливаемых ТС с любым законом распределения наработок между отказами.

4.1.4. Показатель *интенсивность отказов* следует использовать для невосстанавливаемых ТС с экспоненциальным законом распределения отказов.

4.1.5. *Параметр потока отказов* следует использовать для восстанавливаемых ТС с экспоненциальным законом распределения между отказами.

4.1.6. Показатели *безотказности* и *ремонтпригодности* должны быть установлены для ТС в целом и для отдельных функций (в многофункциональных ТС), перечень которых должен быть приведен в

стандартах или технических условиях (ТУ) на ТС конкретных типов. Показатели *долговечности* и *сохраняемости* должны быть установлены для ТС в целом.

4.1.7. Для ТС со встроенной программой функционирования (программируемых ТС) показатели *безотказности* и *ремонтпригодности* могут быть установлены в отдельности для отказов, устраняющихся перезапуском или перезагрузкой.

4.1.8. Количественные значения показателей надежности должны быть установлены в стандартах, ТУ и эксплуатационной документации на ТС конкретных типов. Допускается не нормировать показатель долговечности, если критерием предельного состояния является моральное старение ТС.

4.1.9. При установлении значений нормируемых показателей надежности ТС должны быть определены (согласованы с заказчиком) и указаны:

- критерии отказов, применительно к которым установлены требования безотказности и сохраняемости;

- критерии предельных состояний, применительно к которым установлены требования долговечности.

4.1.10. Критерии отказов должны обеспечивать простоту обнаружения отказа, исключать возможность принятия ошибочного решения о работоспособном или неработоспособном состоянии ТС. В качестве критериев отказов рекомендуется выбирать такие признаки, которые обеспечивают непосредственную связь с основными потребительскими свойствами ТС (показателями назначения), указанными в техническом задании (ТЗ) или ТУ. Для ТС, имеющих метрологические характеристики, в качестве критерия отказа должен быть установлен выход погрешности измерения за пределы установленных для нее (допускаемых) значений.

4.1.11. Получение данных об ожидаемых или фактических значениях показателей надежности (определение надежности) производят на стадиях разработки, постановки на производство, серийного выпуска и применения (эксплуатации) ТС.

4.1.12. Проверку соответствия ожидаемых или фактических значений показателей надежности заданным значениям нормируемых показателей, установленным в ТЗ, стандартах или ТУ (контроль надежности), осуществляют на стадиях разработки, постановки на производство и серийного выпуска изделий.

4.1.13. На стадии разработки определение ожидаемой безотказности изделия должно быть произведено расчетными методами, ожидаемых показателей ремонтпригодности, сохраняемости и долговечности – путем экспертной оценки. Решение о соответствии или несоответствии требованиям к безотказности и безопасности, установленным в ТУ или ТЗ, должно быть принято на основании выбранных критериев.

4.1.14. На стадии постановки на производство, определение безотказности составных частей изделия должно быть произведено экспериментальными методами, изделия в целом – расчетным методом. По требованиям заказчика (потребителя) контроль надежности на стадии постановки изделия на производство может быть осуществлен экспериментальными методами (контрольными испытаниями), проводимыми изготовителем на изделиях установочной серии или первой промышленной партии. Испытания не проводят, если число образцов, необходимое для испытаний, превышает число

изготовленных изделий установочной серии, указанное в техническом задании на разработку.

4.1.15. На стадии серийного выпуска контроль надежности должен быть осуществлен экспериментальными методами (контрольными испытаниями), проводимыми изготовителем. При невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения экспериментальных методов (для высоконадежных, в том числе резервированных изделий, изделий единичного производства или выпускаемых малыми сериями, дорогостоящих или уникальных изделий и т. п.), определение и контроль безотказности на стадии серийного выпуска должны быть осуществлены расчетно-экспериментальными методами.

Контрольные испытания на надежность должны быть проведены предприятием-изготовителем не реже одного раза в три года, а также при изменении схемы, конструкции, технологии, замене комплектующих и в других случаях, которые могут привести к изменению значений показателей надежности изделий.

4.1.16. Допускается проводить ускоренные испытания на безотказность в форсированных режимах по методикам, согласованным с заказчиком.

4.1.17. В технически обоснованных случаях допускается не проводить испытания на сохраняемость (долговечность), если соответствие ТС заданным требованиям гарантируется изготовителем на основании практического опыта транспортирования, хранения и эксплуатации изделий-аналогов, близких по конструкции, элементной базе, применяемой упаковке и транспортной таре, технологии консервации, переконсервации, упаковки и т. п.

4.1.18. На стадии применения ТС определение показателей безотказности, ремонтпригодности, долговечности осуществляют экспериментальными методами (определятельными испытаниями, проводимыми потребителем в лабораторных условиях или в условиях эксплуатации) или по данным подконтрольной эксплуатации.

4.1.19. Допускается не проводить очередные испытания, если число образцов, необходимых для испытаний, составляет более 10 % общего объема выпуска изделий данного вида в текущем году. В этом случае по согласованию с заказчиком (потребителем) контроль показателей надежности может быть проведен сразу для группы однотипных изделий (близких по назначению, конструктивной реализации, схемотехническим решениям, элементной базе и технологии изготовления) по результатам контрольных испытаний, которые проводят на образцах изделий одного (любого) вида, входящего в группу.

4.1.20. Подконтрольная эксплуатация должна предусматривать организацию сбора и обработки данных о надежности (безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости) ТС в реальных условиях эксплуатации. Сбор и обработка данных должны быть произведены в процессе контроля надежности ТС, осуществляемого разработчиком, изготовителем и (или) потребителем.

4.1.21. Организация работ по сбору, обработке и реализации информации о надежности ТС должна быть регламентирована нормативной документацией железных дорог.

4.2. Критерии выбора показателей надежности устройств СЦБ

Показатели надежности устройств СЦБ определяются в зависимости от их вида и предполагаемого применения:

класса объекта (восстанавливаемый или невосстанавливаемый);

группы надежности (в зависимости от риска нанесения ущерба при возникновении отказов устройств СЦБ); режима эксплуатации; ограничения времени использования.

4.2.1. Класс объекта

Все объекты можно разделить на 3 класса:

класс 1 – невосстанавливаемые объекты, предназначенные для общего пользования в заранее неопределенных устройствах;

класс 2 – невосстанавливаемые объекты, предназначенные специально для устройств СЦБ, например, светофорные лампы, монолитные функциональные блоки и др.;

класс 3 – восстанавливаемые объекты, предназначенные как для общего пользования, так и для устройств СЦБ. К этому классу относятся реле и релейные блоки, стрелочные электроприводы, источники питания и другое комплексное оборудование.

4.2.2. Группа надежности объекта

Каждый объект необходимо включить в одну из приведенных ниже групп:

группа 1 – объекты, отказы которых могут непосредственно влиять на снижение безопасности движения поездов (например, устройства электрической централизации (ЭЦ) и автоблокировки, реле СЦБ специальной конструкции, компараторы резервированных систем и др.);

группа 2 – объекты, отказы которых не влияют непосредственно на снижение безопасности движения поездов, но приводят к задержкам в движении поездов из-за нарушения работоспособности устройств (например, устройства наборной группы ЭЦ, лампы светофоров и маршрутных указателей, источники питания и др.);

группа 3 – объекты, отказы которых непосредственно не влияют на снижение безопасности движения поездов и их отказы не имеют значительного влияния на нарушение железнодорожного движения (например, устройства диспетчерского контроля; диагностические индикаторные элементы, некоторые измерительные приборы).

4.2.3. Режим эксплуатации

4.2.3.1. Каждый объект может функционировать в режимах:

непрерывная эксплуатация – объект работает постоянно, без перерыва (за исключением восстановления); сюда относятся как комплексные устройства, так и их элементы;

периодическая эксплуатация – объект работает в определенные периоды, которые определяются, например, графиком движения поездов (устройства управления стрелками ЭЦ и автошлагбаумами, устройства смены направления движения поездов и др.);

оперативная эксплуатация – объект работает только в определенных случаях и только временно при повреждениях, авариях и других необходимых ситуациях (например, устройства включения пригласительного сигнала, искусственного размыкания маршрутов, устройства СЦБ на временных постах управления).

4.2.3.2. В случае возможности использования объекта в различных режимах, выбирается режим с более высокими требованиями эксплуатации.

4.2.4. Ограничение времени использования

Работа каждого объекта прекращается при необходимости его восстановления или обслуживания, а также в случае окончания срока службы с последующим исключением из эксплуатации. Ограничение времени использования может быть вынужденным или назначенным:

назначенное – ограничение времени использования объектов, работа которых прекращается в заранее установленные сроки в целях их обслуживания (профилактики, измерения, диагностики и др.) или работа которых должна быть планомерно закончена в целях исключения их из эксплуатации. У этих объектов не исключено возникновение случайных отказов с последующим прекращением или окончанием работы;

вынужденное – ограничение времени использования объектов, работа которых прекращается по причине внезапного отказа или после обнаружения несоответствия объекта предписанным техническим параметрам (например, посредством измерений или диагностирования).

5. Качественные показатели надежности

5.1. Качественные показатели надежности характеризуют ошибки при изготовлении, проектировании, монтаже и эксплуатации, конструкционные, производственно-технологические, эксплуатационные и другие способы обеспечения надежности. Вследствие этого должна быть разработана специальная система по организации обеспечения надежности, включающая мероприятия по уменьшению вероятностей появлений ошибок при построении структуры ТС, выборе и применении элементов ТС, разработке аппаратного и программного обеспечения, проектировании, испытаниях и сертификации, применении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

5.2. В ТЗ на разработку и/или ТУ на изготовление ТС конкретного типа должны быть указаны качественные требования к надежности. К ним относятся конструктивные, производственно-технические и эксплуатационные способы

обеспечения надежности ТС. Для программируемых ТС необходимо устанавливать требования к способам обеспечения надежности программ.

5.3. Требования к конструктивным способам обеспечения надежности ТС должны содержать:

- требования к применяемым материалам и комплектующим изделиям;
- требования, обеспечивающие необходимый запас устойчивости и прочности ТС к внешним воздействующим факторам;
- требования, обеспечивающие достоверность информации об интенсивности отказов элементов ТС;
- требования, регламентирующие резервирование, периодический контроль и восстановление;
- требования к способам технической диагностики;
- требования, обеспечивающие независимость отказов в резервированных элементах структуры;
- требования к структуре и составу запасных приборов и принадлежностей;
- требования к конструктивному устройству ТС и их составных частей, в том числе требования к взаимозаменяемости, невозможности ложного соединения разъемов, модулей, проводов;
- требования к средствам обеспечения хранения.

5.4. Требования к производственно-технологическим способам обеспечения надежности ТС должны содержать:

- требования к входному контролю, электро- и/или термотренировке покупных комплектующих изделий;
- требования к технологическому оборудованию;
- требования к настройке и регулировке;
- требования к необходимости, длительности и режимам технологического прогона изделий и их составных частей;
- требования к объему проверок при приемо-сдаточных испытаниях;
- требования к консервации и упаковке изделий;
- требования к частоте периодических испытаний, объему проверок, числу испытываемых изделий и т. п.

5.5. Требования к эксплуатационным способам обеспечения надежности ТС должны содержать:

- требования к условиям транспортирования, хранения, эксплуатации;
- требования к монтажу и подключению изделий;
- требования к техническому обслуживанию (периодичность, объем выполняемых работ, квалификация персонала);
- требования к контролю технического состояния;
- требования к порядку использования и пополнения ЗИП и т. п.

5.6. Надежность программного и математического обеспечения ТС должны обеспечиваться при выполнении требований к структуре программируемого ТС; составу и структуре программного обеспечения; контролепригодности программного обеспечения; использованию в каналах резервирования программного обеспечения с различной глубиной диверситета (при необходимости); программам технического диагностирования программируемых ТС; программной документации; обеспечению надежности при эксплуатации программного обеспечения.

5.7. Контроль качественных требований к надежности, предусмотренных в техническом задании и (или) технических условиях, должен быть произведен на стадиях разработки, постановки на производство, серийного выпуска, в процессе эксплуатации и при сертификации ТС методом экспертных оценок конструкторской, технологической, нормативной и другой документации. Для программируемых ТС дополнительно проводят испытания программного обеспечения, при которых определяют его соответствие заданным функциональным требованиям при всех предусмотренных наборах входных переменных, производят проверку всех составных частей (программных модулей), а также проверку взаимодействия модулей в процессе выполнения программы.

6. Взаимоотношения между заказчиком, разработчиком, изготовителем и потребителем устройств СЦБ, способствующие достижению необходимой надежности

6.1. Введение

Взаимоотношения между заказчиком, разработчиком, изготовителем и потребителем (эксплуатирующей организацией) и основные функции, выполняемые ими на отдельных железных дорогах, частично различаются и зависят от различных условий, ведомственных норм и инструкций. Для обеспечения высокой надежности и безопасности функционирования устройств СЦБ необходимо создать оптимальные условия для эффективного применения теоретических предпосылок и практического опыта на всех стадиях их жизненного цикла (от разработки до вывода из эксплуатации). При этом следует соблюдать порядок взаимодействия и взаимоотношений между заказчиком, разработчиком, изготовителем и потребителем.

Цель раздела состоит в определении правил для оптимального достижения необходимой надежности устройств СЦБ.

Для составления указанных правил необходимо дать определения следующим понятиям:

Заказчик – юридическое или физическое лицо, по заявке или договору с которым производится разработка, модернизация, проектирование, производство или поставка продукции;

Разработчик – юридическое или физическое лицо, осуществляющее разработку продукции в установленном порядке;

Изготовитель – юридическое или физическое лицо, осуществляющее выпуск продукции;

Потребитель (эксплуатирующая организация) – юридическое или физическое лицо, использующее приобретенную продукцию для производственно-хозяйственной деятельности.

6.2. Порядок взаимоотношений в целях обеспечения высокой надежности

6.2.1. При задании исследований, разработки и последующего производства новых объектов заказчик выполняет следующие функции:

- производит выбор показателей надежности и, при необходимости, определяет их предельные значения;

- определяет требования по безопасности функционирования и важность объектов с учетом возможных последствий предполагаемых отказов;

- определяет требования по режимам эксплуатации объектов и воздействиям окружающей среды (климатическим, механическим, электромагнитным и др.);

- определяет предполагаемое ограничение времени использования и возможности обеспечения технического обслуживания и ремонта (квалификация и уровень работников, организационное обеспечение и т. п).

6.2.2. Разработчик и изготовитель выполняют следующие функции:

- оценивают реальность требований заказчика с точки зрения сложности технического решения и экономических затрат;

- определяют ориентировочную стоимость оборудования, проектных, строительно-монтажных работ и эксплуатационных расходов;

- выполняет доказательство безопасности функционирования объектов и подтверждают выполнение требований по надежности;

- выполняют необходимые испытания объектов.

6.2.3. Согласованные с заказчиком значения показателей надежности и другие условия по пунктам 6.2.1, 6.2.2 являются обязательной частью эксплуатационно-технических требований, ТЗ, ТУ и технического проекта.

6.2.4. Вид распределения случайных величин (законов распределения отказов и др.) и достижение соответствующих требований значений показателей надежности должны постоянно контролироваться на всех этапах жизненного цикла объекта путем статистического анализа, испытаний макетных и опытных образцов. При эксплуатационных испытаниях участие потребителя является обязательным. При приемочных испытаниях должны производиться оценки выполнения требований по безопасности функционирования в соответствии с национальными стандартами.

6.2.5. Вновь разработанные объекты перед внедрением (применением в текущей эксплуатации) подлежат проверке в опытной эксплуатации. Объем, место, способ и сроки опытной эксплуатации определяет заказчик. Организацию опытной эксплуатации обеспечивает эксплуатирующая организация в содействии с разработчиком и изготовителем. Опытная эксплуатация не заменяет испытаний по надежности и ее результатом должно быть подтверждение значений показателей надежности.

6.2.6. Решение о вводе вновь разработанных объектов в постоянную эксплуатацию принимает заказчик на основе:

- протокола опытной эксплуатации;

- подтвержденных значений показателей надежности и безопасности функционирования, в том числе наличия документа «Доказательство безопасности» и его независимой экспертизы;

- протокола о результатах приемочных испытаний.

6.2.7. В технических условиях или в соответствующих нормах и сопроводительной документации изготовитель должен представить эксплуатирующей организации следующие материалы:

- значения выбранных и согласованных показателей надежности;

- все рабочие режимы объекта и допускаемые предельные значения основных параметров;
- рабочие условия и характеристики устойчивости к воздействиям внешней среды;
- перечень запасных частей, поставляемых изготовителем и данные для объективного определения потребности в запчастях;
- объем необходимого сервисного обслуживания, обеспечиваемого изготовителем;
- основные рекомендации по содержанию и ремонту (периодичность, объем измерений и контроля, частота замены элементов, методику поиска и устранения повреждений и отказов, допускаемые предельные величины износа, рекомендации по оборудованию ремонтных рабочих мест измерительными и диагностическими приборами и др.);
- гарантийные обязательства изготовителя.

6.2.8. Эксплуатирующая организация при разработке служебных инструкций по пользованию устройствами, содержанию и ремонту, в случае необходимости, сотрудничает с разработчиком и изготовителем.

6.2.9. Изготовитель согласовывает с эксплуатирующей организацией способ, объем и продолжительность представления информации о надежности в эксплуатации. Система сбора информации должна обеспечивать получение объективных данных о надежности, но при этом не должна чрезмерно загружать эксплуатационных работников. Изготовитель должен в сотрудничестве с потребителем обеспечить использование данных, полученных при эксплуатации объектов. Если некоторые значения показателей надежности после длительной эксплуатации объектов не будут выполняться, то необходимо принять соответствующие меры для их улучшения или устранения неблагоприятных условий соответственно изготовителем или потребителем. Если они будут существенно улучшены, то следует уточнить ТУ и соответствующие нормы, в том числе на обслуживание, ремонт и др. Изготовитель должен обеспечить, чтобы в течение всего времени производства объектов их показатели надежности не снижались вследствие некоторых изменений технологии, материала, замены работников и др. Изготовитель может принимать меры для улучшения показателей надежности и улучшать их с эксплуатирующей организацией или заказчиком.

6.2.10. Эксплуатирующая организация обеспечивает эксплуатацию объектов в условиях, которые не превышают требований, оговоренных в ТУ. Она должна соблюдать рекомендации изготовителя по содержанию и ремонту. Рабочие инструкции по обслуживанию, содержанию и ремонту объектов не должны ухудшать условия, согласованные с изготовителем. Эксплуатирующая организация должна сотрудничать с изготовителем по организации наблюдения за надежностью устройств в эксплуатации и в течение всего технического ресурса информировать изготовителя, а при необходимости и заказчика о всех важных фактах, связанных с их эксплуатационной надежностью и безопасностью функционирования.

7. Выбор показателей надежности, применяемых для различных устройств СЦБ

В зависимости от классификации, приведенной в 4.2, применяют показатели надежности различных объектов СЦБ, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Класс объекта | Группа надежности | Ограничение времени использования | Режим работы | | |
|---------------|-------------------|-----------------------------------|--|---|---|
| | | | непрерывный | периодический | оперативный |
| 1 | 2,3 | Назначенное | $\lambda(t)$ или T_{py} | $\lambda(t)$ или T_{py} | $\lambda(t)$ или T_{py} |
| | | Вынужденное | $\lambda(t)$ или T_{py} | $\lambda(t)$ или T_{py} | $\lambda(t)$ или T_{py} |
| 2 | 1,2 | Назначенное | $T_{pz}, P(t)$ | T_{py} или T_{cny} | T_{cy} |
| | | Вынужденное | T_p | T_p или T_{cn} | T_{cn} |
| | 3 | Вынужденное | T_p | T_p или T_{cn} | T_{cn} |
| 3 | 1 | Назначенное | $P(t)$ T_{oy} или T_{cpy} T_v или T_n K_z | $P(t)$ или T_{oy} T_{py} или T_{cny} T_v или T_n K_z | $P(t)$ T_{cny} T_v или T_n K_z |
| | | Вынужденное | $\varpi(t)$ T_o или T_{cp}, T_p T_v или T_n | $\varpi(t)$ T_o, T_p или T_{cl} T_v или T_n | $\varpi(t)$ T_{cl} T_v или T_n |
| | 2 | Назначенное | $P(t)$ T_{oy} или T_{cpy}, T_c T_{py}, K_z | $P(t)$ T_{py} или T_{cz} K_z | $P(t)$ T_{cz}, K_z |
| | | Вынужденное | $\varpi(t)$ T_o или T_{cp} T_p | $\varpi(t)$ T_o T_p или T_{cp} | $\varpi(t)$ T_{cn} |
| | 3 | Вынужденное | $\varpi(t)$ T_o, T_p | $\varpi(t)$ T_o, T_p или T_{cz} | $\varpi(t)$ T_{cz} |

8. Принципы управления надёжностью систем железнодорожной автоматики и телемеханики

8.1. Безотказная работа устройств СЦБ является основой для обеспечения заданного уровня пропускной и провозной способности железных дорог. Оценка качества работы хозяйства зависит от количества отказов устройств СЦБ. При сокращении числа отказов по сравнению с предыдущим периодом работа дистанций СЦБ и хозяйства в целом обычно признается удовлетворительной.

Для сравнительной оценки работы подразделений вводится нормирование возможного количества отказов, которые допустимы с учётом конкретных условий эксплуатации для заданного участка, станции, дистанции, дороги или службы в целом.

8.2. Для решения поставленной задачи предлагается модель управления надёжностью устройств и систем СЦБ, которая может применяться на любом иерархическом уровне систем и устройств. Данная модель позволяет не только получить нормированное значение числа отказов, но и выявлять причины

несоответствия уровня надёжности заданным требованиям, а также планировать мероприятия, обеспечивающие с эксплуатационной и экономической точек зрения необходимый уровень надёжности, как отдельных устройств СЦБ, так и систем в целом. Таким образом, использование предлагаемой модели позволит управлять надёжностью систем и устройств ЖАТ. Предлагаемая модель управления надёжностью устройств ЖАТ может быть представлена в виде обслуживающего прибора.

8.3. На вход прибора поступают два потока независимых простейших заявок на обслуживание: входящий поток передвижений P_1 , как случайный поток заявок на обслуживание, который включает в себя заявки на установку поездных и маневровых маршрутов для данного участка, и поток отказов устройств ЖАТ P_2 , которые проявляются также случайным образом. Выходным потоком обслуживающего прибора будет являться соответствующий исходящий поток реализованных передвижений P_3 .

В зависимости от интенсивности отказов устройств СЦБ будет изменяться соотношение между входящим P_1 и исходящим P_3 потоками передвижений. При отсутствии отказов значение интенсивности исходящего потока передвижений μ будет равно значению интенсивности входящего потока передвижений λ . При возникновении отказов параметры потоков меняются. В зависимости от того, какой элемент напольного оборудования или постовой аппаратуры отказал, реализация маршрутов замедляется, что может привести к снижению пропускной способности моделируемого участка. В результате возникают задержки поездов. Вследствие этого снижается интенсивность исходящего потока передвижений μ . Характеристики потоков P_1 , P_2 , P_3 существенно зависят от топологического развития участка или станции и функциональной значимости того или иного элемента, отказ которого произошел. Поэтому необходимо учитывать не только потоки передвижений, но и отказы устройств с учетом значимости отказавших элементов.

8.4. Интенсивность входящего потока передвижений P_1 можно рассматривать как постоянную величину $\lambda = const$, интенсивность потока отказов P_2 представить как $\lambda_{отк}$, а интенсивность исходящего потока передвижений P_3 – μ . Интенсивность потока отказов устройств СЦБ не будет влиять на пропускную способность станции, если будет выполняться соотношение $\lambda < \mu$, исходя из которого для конкретного участка может быть рассчитано нормированное (максимально допустимое) значение интенсивности отказов $\lambda_{отк}^n$, при котором это соотношение будет выполняться.

При расчёте нормированного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^n$ также следует учитывать и то, что интенсивность потока отказов $\lambda_{отк}$ зависит от интенсивности потоков передвижений, в частности, увеличение входящего потока передвижений λ приводит к увеличению интенсивности отказов $\lambda_{отк}^n$:

$$\lambda_{отк}^n = f(\lambda, \mu, \gamma).$$

Дисциплина обслуживания γ в предложенной модели определяется множеством параметров, которые необходимо учесть для расчёта нормированного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^n$:

$$\gamma = f(G, A, M, R, V, T_p, \dots),$$

где G – показатель живучести системы,
 A – характеристика топологического развития участка,
 m – параметр множества маршрутных передвижений по участку,
 R – характеристика технических средств, с учётом способов их резервирования,
 V – средняя скорость движения поездов на участке,
 T_p – время устранения отказов.

Существуют и другие параметры, влияющие на дисциплину обслуживания/.

8.5. Расчёт нормированного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^н$ позволяет определить допустимое значение числа отказов для заданного участка. Кроме того, для управления надёжностью систем ЖАТ необходимо провести анализ соотношения значений фактической интенсивности отказов $\lambda_{отк}^ф$ и расчётной интенсивности отказов $\lambda_{отк}^р$.

8.6. Фактическое значение интенсивности отказов $\lambda_{отк}^ф$ определяется статистическим путём на основании данных, полученных, например, из автоматизированной системы учета. Для определения расчетного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^р$ необходимо соответствующую систему (обслуживающий прибор) представить в виде структурной схемы надёжности, состоящей из подсистем. Каждая подсистема представляется в виде структурной схемы надёжности устройств, а каждое устройство, в свою очередь, – в виде структурной схемы надёжности элементов. Структурные схемы надёжности составляются с учетом топологии анализируемого участка, наличия и кратности резервирования и функциональной взаимозаменяемости и взаимозависимости используемых систем и устройств ЖАТ.

8.7. По полученным значениям интенсивностей отказов, можно сформулировать основные принципы управления надёжностью систем ЖАТ:

8.7.1. По результатам расчета нормированное значение интенсивности отказов $\lambda_{отк}^н$ меньше расчетного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^р$. Проектируемая или существующая техническая система не соответствует требованиям по надёжности и необходима её замена, модернизация или внесение изменений в проект.

8.7.2. Нормированное значение интенсивности отказов $\lambda_{отк}^н$ больше, чем расчетное значение интенсивности отказов $\lambda_{отк}^р$. Проектируемая или существующая система соответствует требованиям по надёжности и в данных условиях эксплуатации возможно ее использование с менее высокими требованиями по надёжности.

8.7.3. В случае, если фактическая интенсивность отказов $\lambda_{отк}^ф$ меньше расчетного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^р$, технология технического обслуживания с запасом обеспечивает требуемый уровень по надёжности и возможна оптимизация такой системы.

8.7.4. В случае, если фактическая интенсивность отказов $\lambda_{отк}^ф$ больше расчетного значения интенсивности отказов $\lambda_{отк}^р$, то либо технические

характеристики аппаратуры не соответствуют нормативным (например, большой износ оборудования), либо техническое обслуживание проводится на недостаточном уровне.

8.8. Предложенная модель позволяет разработать автоматизированную систему управления надёжностью систем ЖАТ, обеспечивающую комплексный подход к нормированию и оценке показателей надёжности устройств СЦБ.

Предложенная методика иллюстрируется следующими рисунками, где:

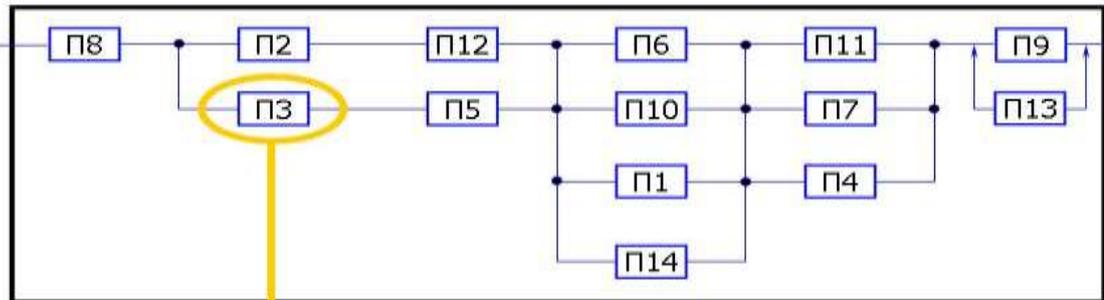
P_i – подсистемы обслуживающего прибора;

U_j – устройства, входящие в подсистемы обслуживающего прибора;

E_k – элементы, из которых состоят устройства, входящие в подсистемы обслуживающего прибора.



Обслуживающий прибор



Обслуживающий прибор

