|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Форма юр. лица  «Наименование организации» | | |  |
|  |  | | |  |
|  | УТВЕРЖДАЮ |  | УТВЕРЖДАЮ |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  | И. О. Фамилия |  | И. О. Фамилия |  |
|  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | | |  |
|  |  | | |  |
|  | НАИМЕНОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ | | |  |
|  |  | | |  |
|  | Расчет надежности | | |  |
|  | БНЦА.469678.001 РР | | |  |
|  |  | | |  |
|  |  | | |  |
|  |  |  | Согласовано |  |
|  |  |  | Начальник 372 ВП МО РФ |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  | В. В. Налетов |  |
|  |  |  | «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  | 2021 | | |  |

**Содержание**

[Сокращения 4](#_Toc84326817)

[Введение 6](#_Toc84326818)

[1 Общие положения 8](#_Toc84326819)

[1.1 Цель расчета показателей надежности изделия 8](#_Toc84326820)

[1.2 Требования к надежности изделия, условиям его эксплуатации, хранения и транспортирования 8](#_Toc84326821)

[1.2.1 Требования надежности 8](#_Toc84326822)

[1.2.2 Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям 8](#_Toc84326823)

[1.2.3 Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта 9](#_Toc84326824)

[1.2.4 Требования транспортабельности 10](#_Toc84326825)

[1.3 Факторы, влияющие на выполнение расчета, допущения и ограничения 10](#_Toc84326826)

[1.3.1 Структура и функционирование изделия 10](#_Toc84326827)

[1.3.2 Техническое обслуживание изделия 11](#_Toc84326828)

[1.3.3 Допущения и ограничения 12](#_Toc84326829)

[2 Методика расчета показателей надежности изделия 13](#_Toc84326830)

[2.1 Определение критериев отказа, сбоя и предельных состояний изделия 13](#_Toc84326831)

[2.2 Классификация изделия 15](#_Toc84326832)

[2.3 Выбор номенклатуры оцениваемых показателей надежности 16](#_Toc84326833)

[2.4 Выбор методики расчета 16](#_Toc84326834)

[2.5 Описание методики расчета 19](#_Toc84326835)

[2.5.1 Составление структурной схемы надежности 19](#_Toc84326836)

[2.5.2 Метод расчета показателей надежности 21](#_Toc84326837)

[2.5.3 Метод расчета срока службы изделия и его составных частей 27](#_Toc84326838)

[2.5.4 Метод расчета времени восстановления изделия 29](#_Toc84326839)

[2.5.5 Метод расчета срока хранения 30](#_Toc84326840)

[3 Расчет показателей надежности изделия 31](#_Toc84326841)

[3.1 Исходные данные 31](#_Toc84326842)

[3.2 Расчет средней наработки до отказа изделия 31](#_Toc84326843)

[3.3 Расчет коэффициента технического использования 35](#_Toc84326844)

[3.4 Расчет срока службы 36](#_Toc84326845)

[3.5 Расчет среднего времени восстановления 38](#_Toc84326846)

[3.6 Расчет коэффициента готовности 39](#_Toc84326847)

[3.7 Расчет срока хранения 40](#_Toc84326848)

[4 Результат расчета надежности 42](#_Toc84326849)

[5 Заключение 44](#_Toc84326850)

[Приложение А 45](#_Toc84326851)

# **Сокращения**

В данном документе используются следующие сокращения:

|  |  |
| --- | --- |
| АНТ | – абонентский навигационный терминал; |
| АРМ | – автоматизированное рабочее место; |
| АС | – антенная система; |
| ВВФ | – внешние воздействующие факторы; |
| ВК | – вычислительный комплекс; |
| ДГУ | – дизель-генераторная установка; |
| ЕТО | – ежедневное техническое обслуживание; |
| ЗЧ | – запасная часть; |
| ЗИП | – запасные части, инструменты и принадлежности; |
| ИБП | – источник бесперебойного питания; |
| ИНС | – инерциальная навигационная система; |
| ИП | – источник питания; |
| КССиПД | – комплект средств связи и передачи данных; |
| МЭ | – межсетевой экран; |
| НТ | – навигационный терминал; |
| ОБ | – обслуживаемый; |
| ОЭС | – оптико-электронная станция; |
| ПН | – показатель надежности; |
| ПС | – предельное состояние; |
| ПТК | – программно-технический комплекс; |
| ПТК АСУ РЧК | – программно-технический комплекс автоматизированной системы управления радиочастотным комплексом; |
| РЛС | – радиолокационная станция; |
| СБСН | – структурная блок-схема надежности; |
| СГУ | – силовая генераторная установка; |
| СЗИ | – средства защиты информации; |
| СОВ | – средство обнаружения вторжений; |
| ССН | – структурная схема надежности; |
| СХД | – система хранения данных; |
| СЧ | – составная часть; |
| СЭИ | – служба эксплуатации изделия; |
| ТЗ | – техническое задание; |
| ТО | – техническое обслуживание; |
| ТО и Р | – техническое обслуживание и ремонт; |
| ТУ | – технические условия; |
| ЭД | – эксплуатационная документация. |

# **Введение**

В настоящем документе приведен расчет надежности ПТК АСУ РЧК (далее по тексту – изделие) при выбранном варианте схемно-конструктивного построения, заданных условиях эксплуатации и ограничениях.

Расчеты выполняются для технических средств, входящих в комплект оборудования необходимого для функционирования изделия, и всего изделия в целом.

Расчет содержит:

* исходные данные;
* методику расчета показателей надежности (ПН);
* расчет ПН;
* выводы по результатам расчета.

Расчет показателей надежности изделия и оценка их на соответствие требованиям ТЗ выполняются на основании следующих нормативных документов:

* ГОСТ В 9.001-72 «Единая система защиты от коррозии и старения. Военная техника. Упаковка для транспортирования и хранения. Общие требования».
* ГОСТ РВ 0027-009-2008 «Надежность военной техники. Методы оценки соответствия требованиям к надежности»;
* ГОСТ РВ 20.39.303-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к надежности. Состав и порядок задания»;
* ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам»;
* ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения»;
* ГОСТ 27.003-2016 «Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности»;
* ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения»;
* ГОСТ РВ 27.2.01-2005 «Надежность военной техники. Классификация отказов и предельных состояний»;
* ГОСТ РВ 27.3.01-2005 «Надежность военной техники. Состав и общие правила задания требований к надежности»;
* ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 61078:2006) «Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы».

Результаты расчета надежности оформлены с учетом требований   
ГОСТ 2.105-2019 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам».

В документе используются термины и определения согласно   
ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения».

# **Общие положения**

## Цель расчета показателей надежности изделия

Расчет надежности выполнен на основании требований технического задания (ТЗ) на разработку изделия.

Расчет ПН выполняется с целью:

* оценить принципиальную возможность обеспечения заданных требований надежности;
* оценить соответствие схемно-конструктивного построения изделия заданным требованиям;
* выявить составные части изделия, обладающие наименьшей надежностью, разработать при необходимости мероприятия по повышению их надежности.

## Требования к надежности изделия, условиям его эксплуатации, хранения и транспортирования

### Требования надежности

Согласно ТЗ к изделию предъявляются следующие требования надежности:

* средняя наработка на отказ с учетом отказов сбойного характера – не менее 20000 час;
* среднее время восстановления с использованием штатных средств диагностики (путем замены блоков (модулей), кабелей без учета времени их доставки) – не более 0,5 ч;
* средний срок службы – не менее 5 лет;
* средний срок сохраняемости аппаратуры изделия в неотапливаемых помещениях в условиях по ГОСТ 15150-69, ГОСТ В 9.003-80 – не менее 6 лет.

### Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям

Изделие по условиям эксплуатации относится к группе 1.3 общеклиматического исполнения (умеренно холодное исполнение) по ГОСТ РВ 20.39.304-98, за исключением требований к компонентам ракетного топлива, дегазирующим растворам и к агрессивным средам, со снижением требований к аппаратуре, расположенной внутри кузовов-контейнеров, по пониженной рабочей температуре до плюс 5°С и исключением требований к атмосферным выпадающим осадкам (дождю) и снеговой нагрузке

В части стойкости к коррозии разрабатываемое изделие должно удовлетворять требованиям единой системы защиты от коррозии и старения.

Изделие должно быть стойким к воздействию внешних механических и климатических факторов со значениями характеристик, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к изделию

| Наименование ВВФ | Наименование  характеристики фактора, единица измерения | Значение  характеристики  ВВФ | При-мечания |
| --- | --- | --- | --- |
| Механические факторы | | | |
| 1. Синусоидальная вибрация | Диапазон частот, Гц  Амплитуда ускорения, м/с2 (g) | 1-55  50 (5) | 1, 2 |
| 2. Механический удар многократного действия | Пиковое ударное ускорение, м/с² (g)  Длительность действия ударного ускорения, мс | 100 (10)  2-15 | 1, 2 |
| 3 Повышенная температура среды | Рабочая, °С  Предельная, °С | 40  60 | 2 |
| 4 Пониженная температура среды | Рабочая, °С  Предельная, °С | 5  Минус 60 | 2 |
| Примечания:  1. Испытания проводятся путем транспортирования автомобильным транспортом по пересеченной местности в составе изделия, разрабатываемого в рамках ОКР  «Фосген-Р».  2. Испытания проводятся только по прочности. | | | |

### Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта

Изделие должно обеспечивать непрерывную работу в течение двадцати четырех часов.

Средства эксплуатационного контроля должны обеспечивать проведение автоматического периодического контроля технического состояния СЧ изделия в процессе его эксплуатации.

Периодичность и объем технического обслуживания и ремонта (далее по тексту – ТО и Р) должны соответствовать требованиям «Временного положения об основах организации сервисного обслуживания вооружения и военной техники в Вооруженных Силах Российской Федерации», введенного приказом Министра обороны Российской Федерации 2010 года № 1919дсп. Для покупных СЧ допускается использование видов ТО и Р, указанных в руководстве по эксплуатации на них.

Конструкция изделия должна предусматривать возможность проведения ТО с минимальными затратами времени, материалов, по возможности не требовать демонтажа составных частей, узлов и агрегатов.

В изделии должна быть исключена возможность неправильного подключения кабелей, приводящих к выходу из строя аппаратуры во время эксплуатации, ТО и Р.

### Требования транспортабельности

#### Изделие и его составные элементы должны обеспечивать следующие способы транспортирования:

* железнодорожным транспортом;
* водным транспортом;
* воздушным транспортом;
* автомобильным транспортом.

После транспортирования изделие должно быть готово к использованию по назначению без проведения настроечных и регулировочных работ.

## Факторы, влияющие на выполнение расчета, допущения и ограничения

Проектная оценка надежности изделия осуществляется с учетом следующих приведенных ниже факторов, допущений и ограничений.

### Структура и функционирование изделия

Структурная схема изделия представлена на рисунке 1.

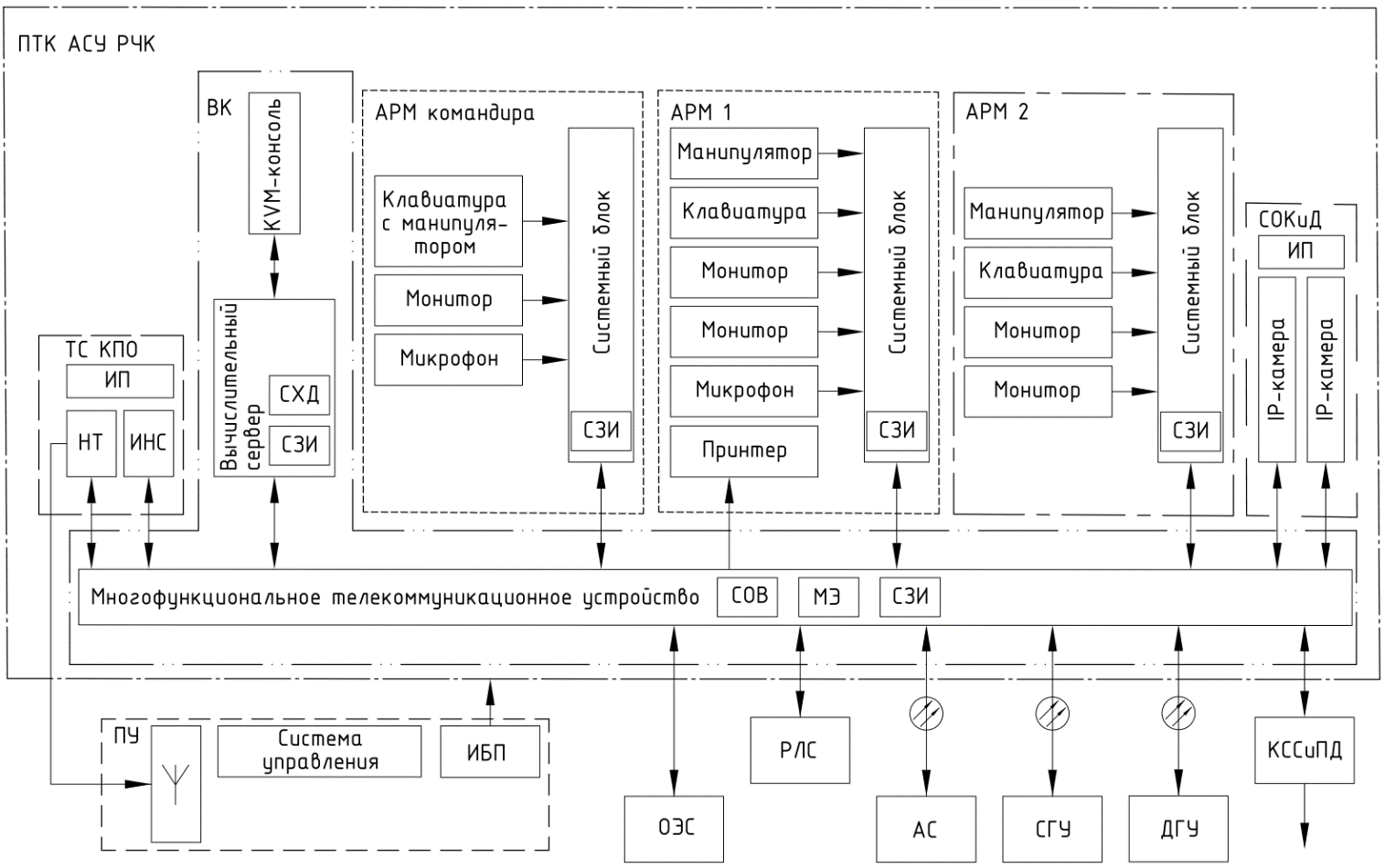


Рисунок – Структурная схема ПТК АСУ РЧК

Конструкция изделия предусматривает дублирование функций АРМ. Таким образом, при отказе одного АРМ его функции может принять на себя АРМ оставшееся работоспособным. Для принтера, навигационного терминала, ИНС и источника питания 27 В предусмотрена периодическая работа.

В связи с особенностями режима работы изделия, предусматривающего периодичность его использования, расчет выполняется с учетом коэффициента технического использования, определяющего время фактической работы изделия в течение его срока службы.

### Техническое обслуживание изделия

В процессе эксплуатации предусматривается ТО изделия в объеме:

* ежедневное техническое обслуживание (ЕТО);
* ежемесячное техническое обслуживание № 1 (ТО-1);
* годовое техническое обслуживание № 2 (ТО-2);
* ТО по состоянию.

ЕТО проводится при подготовке к использованию изделия по назначению или ежедневно при круглосуточной эксплуатации изделия. ЕТО выполняется силами службы эксплуатации изделия (СЭИ) и обслуживающего персонала.

ТО-1 проводится ежемесячно независимо от интенсивности эксплуатации изделия. ТО-1 выполняется силами СЭИ и обслуживающего персонала, имеющего необходимую квалификацию.

ТО-2 проводится раз в год независимо от интенсивности эксплуатации изделия. Для выполнения ТО-2 привлекаются специалисты предприятия-изготовителя, обладающие необходимой квалификацией.

При ТО по состоянию осуществляется замена отказавших элементов элементами из состава ЗИП, после чего комплект ЗИП пополняется в соответствии с выбранной стратегией пополнения. Все предусмотренные виды ТО изделия осуществляются эксплуатирующим персоналом или силами СЭИ.

Конструкция изделия не предусматривает проведение капитальных ремонтов для восстановления ресурса. Восстановление работоспособности изделия осуществляется путем замены отказавших элементов по мере их отказа.

### Допущения и ограничения

При проведении расчетов принимается, что интенсивность отказов элементов изделия постоянна, то есть наработка элементов изделия до отказа подчиняется экспоненциальному распределению.

С целью упрощения расчетов принимается, что отказ элементов изделия, приводящий к снижению производительности выполнения функций, не влияет на качество конечного результата выполнения данной функции.

# **Методика расчета показателей надежности изделия**

Оценка ПН изделия осуществляется методом сравнения значений ПН, заданных в ТЗ, со значениями рассчитанных ПН. Дополнительно к сравниваемым ПН рассчитываются комплексные показатели надежности, характеризующие надежность изделия в целом.

С целью оценки возможности достижения изделием ПН, заданных в ТЗ, необходимо выполнить следующие действия:

* определить критерии отказов сбоя и предельных состояний изделия;
* классифицировать изделие с целью определения номенклатуры оцениваемых ПН;
* выбрать номенклатуру рассчитываемых ПН, на основе классификации изделия;
* разработать методы расчета;
* рассчитать выбранные ПН в соответствии с разработанными методами;
* оценить соответствие рассчитанных ПН показателям, заданным в ТЗ;
* сделать выводы о соответствии или несоответствии изделия заданным требованиям ТЗ и в случае несоответствия выдать рекомендации по достижению требуемых параметров надежности.

## Определение критериев отказа, сбоя и предельных состояний изделия

Критерии отказа определяются согласно ГОСТ РВ 27.2.01-2005.

Исходя из особенностей конструкции, изделие в процессе эксплуатации может находиться в трех состояниях: работоспособном, неработоспособном и частично неработоспособном. В работоспособном состоянии изделие способно выполнять все требуемые функции в полном объеме. В неработоспособном состоянии изделие не способно выполнять ни одной из требуемых функции. В частично неработоспособном состоянии изделие способно выполнять одни функции и одновременно не способно выполнять другие.

Отказом изделия в целом считается событие, при котором нарушается работоспособное состояние хотя бы одной из его составных частей. Отказ может быть полным или частичным. В случае полного отказа изделие переходит в неработоспособное состояние. В случае частичного отказа изделие переходит в частично неработоспособное состояние.

Критерием полного отказа изделия считается такой отказ его элементов, при котором невозможно выполнение ни одной из функций.

Критерием частичного отказа изделия считается такой отказ его элементов, при котором:

* невозможно выполнение хотя бы одной из функций в объеме, предусмотренном эксплуатационной документацией (ЭД);
* невозможно выполнение хотя бы одной из функций в режиме, предусмотренном ЭД.

Критерием сбоя изделия считается возникновение событий, сообщения о которых могут быть зафиксированы в журналах изделия или обслуживающим персоналом и которые могут быть устранены следующими способами:

* повторным выполнением системами изделия или пользователем операции, вызвавшей событие;
* приведением системы в работоспособное состояние с помощью встроенных функций изделия;
* приведением системы в работоспособное состояние с помощью мероприятий, предусмотренных ЭД.

Возможность восстанавливать работоспособность изделия после отказа и отсутствие в нем изнашиваемых составных частей позволяют эксплуатировать изделие до достижения им предельного состояния.

Критериями достижения изделием предельного состояния, влияющего на его срок службы, могут служить следующие условия:

* моральное устаревание изделия, включающее:
  1. неактуальность решаемых изделием задач в виду изменившихся внешних условий;
  2. невозможность выполнить замену покупных составных частей изделия по причине прекращения их выпуска производителями и отсутствия аналогов для замены;
  3. невозможность обновить (актуализировать) покупные программные средства, входящие в состав изделия, по причине прекращения их технической поддержки производителями (замена программного обеспечения другим программным обеспечением в процессе эксплуатации изделия не предусмотрено);
* решение о досрочном прекращении эксплуатации изделия;
* завершение срока службы изделия.

## Классификация изделия

Согласно ГОСТ РВ 27.3.01-2005 в соответствии с заданными требованиями к надежности изделие классифицируется по признакам, приведенным ниже.

По возможности восстановления изделие относится к группе изделий, восстанавливаемым после отказа.

По необходимости проведения ТО изделие относится к обслуживаемым (ОБ) изделиям.

По возможности возникновения отказов из-за сбоев входящих в состав изделия ЭВМ изделие относится к изделиям с отказами сбойного характера.

По возможности осуществления контроля технического состояния в условиях эксплуатации и принятому способу ограничения длительности их эксплуатации изделие относится к изделиям, контроль технического состояния которых в условиях эксплуатации возможен и поэтому их дальнейшее применение по назначению по истечении установленного в ЭД срока службы прекращается или продлевается в зависимости от фактического технического состояния образца изделия.

По возможности и способу восстановления израсходованного ресурса (срока службы) изделие относится к неремонтируемым изделиям – изделие не предусматривает восстановление израсходованного ресурса путем проведения капитального ремонта.

## Выбор номенклатуры оцениваемых показателей надежности

Перечень оцениваемых ПН изделия определяется согласно ГОСТ РВ 27.3.01 – 2005. Выбор рациональной (т. е. минимально необходимой и достаточной) номенклатуры нормируемых показателей осуществляется на основании классификационных признаков, приведенных в п. 2.2 настоящего документа, посредством определения показателей, подлежащих нормированию с помощью классификационных таблиц 1–3, приведенных в ГОСТ РВ 27.3.01-2005, и комментариев к ним.

С учетом ГОСТ РВ 27.3.01-2005 и требований ТЗ номенклатура оцениваемых показателей будет следующая:

Кг – коэффициент готовности (с учетом Кг.зип – коэффициент готовности ЗИП);

Кт.и – коэффициент технического использования;

Тв сч – среднее время восстановления составных частей;

Тср – средняя наработка до отказа;

Тсп.ср.сп – средний срок службы до списания;

Тс.ср – средний срок сохраняемости.

## Выбор методики расчета

Согласно ГОСТ РВ 0027-009-2008 для оценки соответствия требованиям к надежности могут быть применены следующие методы:

* экспериментальный;
* расчетно-экспериментальный;
* расчетный.

На этапах проектирования аппаратуры (включая научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы) применяют расчетный метод оценки.

Для расчетного метода ГОСТ Р 27.301-2011 предусматривает выполнение расчета следующими методами:

* по составу рассчитываемых ПН;
* по основным принципам расчета.

Каждый из указанных методов содержит свой набор возможных методов расчета.

По составу рассчитываемых показателей различают методы расчета:

* безотказности;
* ремонтопригодности;
* долговечности;
* сохраняемости;
* комплексных показателей надежности (методы расчета коэффициентов готовности, технического использования, сохранения эффективности и др.).

По основным принципам расчета свойств, составляющих надежность, или комплексных показателей надежности объектов различают:

* методы прогнозирования;
* структурные методы расчета;
* физические методы расчета.

При расчете надежности конкретных объектов возможно одновременное применение различных методов.

С учетом определенной в п. 2.3 номенклатуры ПН и особенностей структуры изделия (п. 1.3.1), позволяющей выполнять разукрупнение на элементы, характеристики надежности которых в момент проведения расчетов известны или могут быть определены, расчет надежности изделия осуществляется с использованием структурного метода расчета и метода комплексных показателей надежности.

Метод комплексных показателей надежности включает методы расчета коэффициентов готовности, технического использования, сохранения эффективности и других показателей.

Расчет показателей надежности структурными методами в общем случае включает:

* представление системы в виде структурной схемы, описывающей логические соотношения между состояниями элементов и системы в целом с учетом структурно-функциональных связей и взаимодействия элементов, принятой стратегии обслуживания, видов и способов резервирования и других факторов;
* описание построенной структурной схемы надежности (ССН) системы адекватной математической моделью, позволяющей в рамках введенных предположений и допущений вычислить значения показателей надежности системы по данным о надежности его элементов в рассматриваемых условиях их применения.

Для выполнения расчета может быть выбран метод построения ССН, в качестве которой могут применяться:

* структурные блок-схемы надежности (СБСН), представляющие систему в виде совокупности определенным образом соединенных элементов (стандарт МЭК 1078);
* графы (диаграммы) состояний и переходов, описывающие возможные состояния системы и ее переходы из одного состояния в другое в виде совокупностей состояний и переходов между ними;
* деревья отказов системы, представляющие графическое отображение причинно-следственных связей, обуславливающих определенные виды ее отказов (стандарт МЭК 1025).

В качестве структурного метода для выполнения расчета надежности изделия выбирается расчет на основе СБСН, как наиболее подходящий для достижения целей расчета, выполняемого на основе имеющихся исходных данных ПН составных частей изделия.

Оценка ПН осуществляется в следующей последовательности:

* составление ССН на основе выбранной структуры изделия и критериев отказа;
* определение расчетных формул в соответствии с выбранными методами расчета ПН;
* расчет ПН составных частей изделия;
* расчет ПН изделия;
* сравнение рассчитанных значений ПН со значениями, заданными в ТЗ.

Расчет ПН составных частей изделия и расчет ПН изделия осуществляется на основе исходных данных ПН составных частей изделия по формулам, приведенным в методах расчетах конкретных ПН.

## Описание методики расчета

### Составление структурной схемы надежности

На основании критериев отказа, приведенных в п. 2.1, конструктивного решения изделия и описания его функционирования, приведенных в п. 1.3.1, а также допущений и ограничений, приведенных в п. 1.3.3, ССН для ПТК АСУ РЧК будет комбинированной (рисунок 2).



Рисунок – Структурная схема надежности ПТК АСУ РЧК

Таблица 2 – Соответствие элементов ССН составным частям ПТК АСУ РЧК

| Обозначение на ССН | Наименование |
| --- | --- |
| Сервер | Машина вычислительная электронная промышленная КИ-П 1.7 ЛКНВ.466215.015 ТУ |
| Сетевое оборудование | ПАК Dionis NX (508 G, 8x 1000 Base X, 16x 1000 Base T, 1U) НКБГ.465651.005ТУ.02 |
| Системный блок | УВМ РАМГ.466.226.113 ТУ |
| Монитор тип 1 | Видеомонитор ВМЦ-81.3ЖК НВИТ.467846.087 ТУ |
| Монитор тип 2 | Видеомонитор ВМЦ-61.2ЖК НВИТ.467846.136 ТУ |

Продолжение таблицы 2

|  |  |
| --- | --- |
| Обозначение на ССН | Наименование |
| Клавиатура с манипулятором | Клавиатура «УКЛ-П-М» НГТП.467143.109 ТУ |
| Клавиатура | Клавиатура «УКЛ-83.2111121» НГТП.467143.137 ТУ |
| Манипулятор | Универсальный шаровой манипулятор «УШМ-1» АГРШ.468317.001 ТУ |
| Принтер | Печатающее устройство Титан ПУ-Л ЕВЛК.467265.001-02 ТУ |
| Микрофон | Микрофон МКЭ-214 УМЯИ.467273.032 ТУ |
| АНТ | Навигационный терминал БНЦА.468157.001 |
| ИНС | Инерциальная навигационная система ГЛ-150М ГРДЦ.402138.005 |
| Преобразователь напряжения 27В | Модуль МАА75-1Ц27СГП БКЯЮ.436610.013 ТУ |
| Преобразователь напряжения 12В | Модуль МАА30-1Ц12СГН БКЯЮ.436610.013 ТУ |
| Камера | IP-Камера 2MP-DOM-2.7-13.5M (Модель 0120)  РВСФ.463317.001 ТУ |

Расчет ПН ПТК АСУ РЧК выполняется с учетом ССН, представленной на рисунке 2.

### Метод расчета показателей надежности

Согласно номенклатуре показателей, определенной в п. 2.3, должны быть рассчитаны следующие показатели:

* Кг – коэффициент готовности (с учетом Кг.зип – коэффициент готовности ЗИП);
* Кт.и – коэффициент технического использования;
* Тв сч – среднее время восстановления составных частей;
* Тср – средняя наработка до отказа;
* Тсп.ср.сп – средний срок службы до списания;
* Тс.ср – средний срок сохраняемости.

Согласно требованиям ТЗ оценке подлежат следующие показатели:

* ТР.СР – средний ресурс;
* ТСЛ – срок службы изделия;
* ТС – срок хранения.

Для соответствия изделия заданным параметрам должны выполняться следующие неравенства:

Тсп.ср.сп = ТСЛ

Тср ≥ ТР.СР

Тс.ср ≥ 1 год

Расчет ПН изделия выполняется с использованием исходных данных ПН его составных частей. В качестве исходных данных используются значения   
 – средняя наработка до отказа (MTТF) составных частей изделия.

Расчет ПН выполняется по формулам, приведенным далее.

Вероятность безотказной работы i-го элемента изделия на интервале [0;t] рассчитывается по формуле (1).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – интенсивность отказа одного (i-го) элемента ССН, рассчитанная по формуле (2).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – наработка до отказа i-го элемента.

С учетом формул (1) и (2) вероятность безотказной работы i-го элемента изделия на интервале [0;t] будет рассчитываться по формуле (3).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – наработка до отказа i-го элемента;

t – время работы составной части, для которой рассчитывается вероятность безотказной работы.

Для оценки вероятности отказа время t устанавливается равным времени среднего ресурса ТР.СР, заданного ТЗ.

Вероятность безотказной работы последовательно соединенных n элементов ССН изделия рассчитывается по формуле (4).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Вероятность отказа параллельно соединенных m элементов ССН изделия рассчитывается по формуле (5).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Вероятность отказа элемента изделия связана с вероятностью безотказной работы этого элемента рассчитывается по формуле (6).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

С учетом формул (5) и (6) вероятность безотказной работы параллельно соединенных m элементов ССН изделия рассчитывается по формуле (7).

|  |  |
| --- | --- |
| или |  |

Средняя наработка до отказа Тср изделия рассчитывается по формуле (8), полученной из формулы (3).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – вероятность безотказной работы изделия.

Вероятность безотказной работы изделия рассчитывается по формулам (4) и (7) для ССН, представленной на рисунке 2.

Коэффициент готовности Кг изделия с учетом коэффициента готовности ЗИП Кг.зип рассчитывается по формуле (9).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – коэффициент готовности изделия при отсутствии задержек на поставку запасных частей.

Расчет коэффициента готовности Кг∞ изделия без задержек поставки ЗЧ выполняется по формуле (10).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – средняя наработка до отказа изделия;

– среднее время восстановления изделия без учета задержек в поставке ЗЧ (ЗЧ есть в наличии по месту расположения изделия на момент обнаружения отказавшего элемента).

Среднее время восстановления изделия без задержек в поставках ЗЧ рассчитывается по формуле (11).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – время восстановления i-го элемента без учета задержки его поставки;

– наработка до отказа i-го элемента.

Также коэффициент готовности Кг может быть рассчитан по формуле (12).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – средняя наработка до отказа изделия;

– среднее время восстановления изделия с учетом задержки в удовлетворении заявки на поставку ЗЧ (ЗЧ нет в наличии по месту расположения изделия на момент обнаружения отказавшего элемента).

С учетом среднего времени задержки в удовлетворении заявки на запасную часть любого типа ∆tзип среднее время восстановления будет рассчитываться по формуле (13). В виду того, что комплект ЗИП не предусматривает содержание всех элементов изделия, при расчете принимается, что поставка ЗЧ будет осуществляться напрямую от производителя или его представителя.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – среднее время восстановления при отсутствии задержек на поставку запасных частей.

Коэффициент технического использования Кт.и в общем случае рассчитывается по формуле (14).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – время фактической работы изделия за рассматриваемый промежуток времени;

– время простоев изделия при восстановлении (ремонте) за рассматриваемый промежуток времени;

– время простоев изделия при техническом обслуживании за рассматриваемый промежуток времени;

– время прочих простоев изделия за рассматриваемый промежуток времени.

С помощью формулы (14), как правило, выполняется расчет коэффициента технического использовании изделия по результатам его фактической эксплуатации поэтому с целью оценки возможности достижения изделием показателей, заданных в ТЗ, для расчета коэффициента технического использования Кт.и в качестве рассматриваемого промежутка времени примем заданный в ТЗ срок службы изделия , а в качестве времени фактической работы – заданный ТЗ ресурс.

При заданных в ТЗ условиях время прочих простоев изделия за рассматриваемый промежуток времени рассчитывается по формуле (15).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

В этом случае коэффициент технического использования изделия будет рассчитываться по формуле (16).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где ТСЛ – срок службы изделия, заданный в ТЗ;

ТР.СР – средний ресурс, заданный в ТЗ.

Результаты расчета коэффициента технического использования позволяют определить режим работы изделия, а также период времени, в который может быть выполнено техническое обслуживание при не круглосуточном режиме работы.

### Метод расчета срока службы изделия и его составных частей

Срок службы определяет календарную продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после капитального ремонта до момента достижения предельного состояния.

В связи с тем, что конструкция изделия не предусматривает проведения капитального ремонта, срок службы будет определяться достижением предельного состояния.

Достижение изделием предельного состояния определяется критериями, приведенными в п. 2.1.

Расчет срока службы выполняется с учетом возможности восстановления работоспособности изделия путем замены неисправных составных частей исправными, при этом принимается, что сами составные части являются невосстанавливаемыми.

Срок службы измеряется в единицах времени. В данном расчете срок службы измеряется количеством лет.

Расчет срока службы изделия выполняется с учетом интенсивности его эксплуатации, характеризуемой коэффициентом технического использования изделия , который отражает относительную долю времени нахождения технического средства в работоспособном состоянии в течение рассматриваемого промежутка времени. В данном расчете в качестве рассматриваемого промежутка времени принимается срок службы изделия ТСЛ, заданный в ТЗ. В качестве времени нахождения изделия в работоспособном состоянии принимается заданный в ТЗ средний ресурс ТР.СР.

Коэффициент технического использования изделия рассчитывается по формуле (16).

Для невосстанавливаемых составных частей изделия средний срок службы , выраженный в календарном времени, рассчитывается с учетом его времени наработки до отказа () и с учетом коэффициента использования изделия , рассчитанного по формуле (16).

Средний срок службы невосстанавливаемых составных частей изделия определяется по формуле (17).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – технический ресурс невосстанавливаемой составной части (элемента) изделия (для расчета принимается равным средней наработке до отказа составной части );

8760 = 365×24 – количество часов в году.

Срок службы изделия до списания Тсп.ср.сп как восстанавливаемого объекта не ограничивается сроком службы его составных частей. Эксплуатация изделия может быть продолжена после замены любой из неисправных составных частей на новую или (при возможности) на аналогичную.

Таким образом, для изделия в целом срок службы до списания будет определяться достижением предельного состояния.

Решение о достижении изделием предельного состояния по сроку службы, соответствующего критериям, перечисленным в п. 2.1, принимает эксплуатирующая организация.

Расчет срока службы изделия до восстанавливаемого отказа осуществляется по формуле (18).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – средняя наработка до отказа изделия, рассчитанная по формуле (8).

### Метод расчета времени восстановления изделия

В общем случае продолжительность восстановления изделия начинается с момента обнаружения факта отказа и складывается из времени обнаружения причины отказа и времени устранения отказа. В свою очередь, время обнаружения причины отказа зависит от типа отказа (явный или скрытый отказ), от наличия и степени охвата составных частей изделия средствами диагностики и от квалификации обслуживающего персонала. Время устранения отказа зависит от степени сложности отказа и полноты комплекта элементов замены, а также ряда других факторов. Одним из таких факторов, существенно влияющим на продолжительность восстановления изделия, является оперативность удовлетворения заявок на поставку отказавших элементов. Соответственно, время восстановления зависит как от объективных, так и от субъективных факторов, оценить которые в полном объеме представляется затруднительным.

С учетом приведенных выше условий оценка времени восстановления составных частей изделия выполняется с использованием данных, полученных методом экспертных оценок на примере сведений о времени восстановления технических средств, аналогичных средствам, входящим в состав изделия.

При расчете среднего времени восстановления изделия используются сведения о времени восстановления составных частей (элементов) изделия, приведенные в таблице А.1 приложения А.

Среднее время восстановления изделия рассчитывается по формуле (11).

Более точные сведения о времени восстановления получают в процессе эксплуатации изделия по результатам сбора и обработки статистических данных о времени восстановления его составных частей при всех случаях отказов.

### Метод расчета срока хранения

В настоящем документе под термином срок хранения понимается термин срок сохраняемости.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.

Срок сохраняемости – календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования объекта, в течение которой он сохраняет работоспособное состояние.

В связи с использованием в конструкции изделия готовых (покупных) радиоэлектронных модулей требования к сроку хранения, указанные в ТЗ, могут быть выполнены путем использования в конструкции изделия радиоэлектронных модулей, значение срока сохраняемости (хранения) которых не ниже указанных в ТЗ при условии хранения изделия в заводской упаковке в отапливаемых помещениях с температурой от 0 °С до плюс 50 °С и относительной влажности – до 80 % при температуре не более плюс 25 °С.

Средним сроком сохраняемости является математическое ожидание срока сохраняемости.

Средний срок сохраняемости изделия рассчитывается по формуле (19).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – срок сохраняемости i-ой составной части;

– число составных частей.

С целью достижения срока сохраняемости изделия, соответствующего сроку хранения изделия, заданному в ТЗ, срок сохраняемости (хранения) составных частей не должен быть ниже значений, указанных в ТЗ. Сроки и условия хранения СЧ изделия устанавливаются согласно ТУ (для составных частей отечественного производства) и ЭД (для импортных составных частей).

# **Расчет показателей надежности изделия**

## Исходные данные

В качестве основных исходных данных для расчета показателей надежности составных частей изделия использованы значения оценок средних наработок до отказа составных частей изделия , где i – номер составной части изделия. Значения средних наработок до отказа получены из справочной литературы и опыта эксплуатации в сходных условиях и режимах применения элементов аналогичных элементам, планируемым к использованию в составе ПТК АСУ РЧК. Данные о средних наработках до отказа и среднего времени восстановления составных частей представлены в таблице А.1.

Среднее времени задержки в удовлетворении заявки на запасную часть любого типа ∆tзип принимается равным 0,207273 – значению, полученному при выполнении расчета показателей достаточности ЗИП БНЦА.469678.001РР1.

## Расчет средней наработки до отказа изделия

Расчет выполняется с использованием значений оценок средних наработок до отказа составных частей изделия , приведенных в таблице 2, ССН, приведенной на рисунке 2, и расчетных формул (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8).

Для удобства рассчитанные показатели интенсивности отказов (рассчитаны по формуле (2)), вероятности безотказной работы (рассчитаны по формуле (3)) и вероятности отказов элемента изделия (рассчитаны по формуле (6)) за время t = 24 ч, равное времени непрерывной работы заданному в ТЗ, приведены в таблице 3.

В связи с периодическим режимом работы время t будет иметь значения:

* для принтера t=0,24ч;
* для АНТ t=0,72ч;
* для ИНС t=0,24ч;
* преобразователь напряжения 27В t=0,72ч.

Таблица 3 – Расчет интенсивности отказов, вероятности безотказной работы и вероятности отказа СЧ изделия за время t указанное выше.

| Наименование СЧ | Средняя наработка до отказа  ч | Интенсивность отказа  1/ч | Вероятность безотказной работы | Вероятность отказа |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вычислительный комплекс БНЦА.466539.001 | | | | |
| Сервер | 20000 | 0,00005 | 0,99880072 | 0,001199 |
| Сетевое оборудование | 15000 | 0,0000067 | 0,998401 | 0,001599 |
| АРМ 1 БНЦА.466219.007 | | | | |
| Системный блок | 8000 | 0,000125 | 0,9970045 | 0,0029955 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 0,00005 | 0,99880072 | 0,00119928 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 0,00005 | 0,99880072 | 0,00119928 |
| Клавиатура | 50000 | 0,00002 | 0,99952012 | 0,00047988 |
| Манипулятор | 50000 | 0,00002 | 0,99952012 | 0,00047988 |
| Принтер | 5000 | 0,0002 | 0,999952 | 0,000048 |
| Микрофон | 7500 | 0,00013333 | 0,99680511 | 0,00319489 |
| АРМ 2 БНЦА.466219.007-01 | | | | |
| Системный блок | 8000 | 0,000125 | 0,9970045 | 0,0029955 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 0,00005 | 0,99880072 | 0,00119928 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 0,00005 | 0,99880072 | 0,00119928 |
| Клавиатура | 50000 | 0,00002 | 0,99952012 | 0,00047988 |
| Манипулятор | 50000 | 0,00002 | 0,99952012 | 0,00047988 |
| АРМ командира БНЦА.466219.007-02 | | | | |
| Системный блок | 8000 | 0,000125 | 0,9970045 | 0,0029955 |
| Монитор тип 2 | 20000 | 0,00005 | 0,99880072 | 0,00119928 |
| Клавиатура с манипулятором | 50000 | 0,00002 | 0,99952012 | 0,00047988 |
| Микрофон | 7500 | 0,00013333 | 0,99680511 | 0,00319489 |
| Технические средства контроля подвижных объектов БНЦА.402113 001 | | | | |
| АНТ | 10000 | 0,0001 | 0,999928 | 0,000072 |
| ИНС | 20000 | 0,00005 | 0,999988 | 0,000012 |
| Преобразователь напряжения 27В | 75000 | 0,00001333 | 0,9999904 | 0,0000096 |
| Система объективного контроля и документирования БНЦА.201219.001 | | | | |
| Преобразователь напряжения 12В | 50000 | 0,00002 | 0,99952012 | 0,00047988 |
| Камера 1 | 30000 | 0,00003333 | 0,99920032 | 0,00079968 |
| Камера 2 | 30000 | 0,00003333 | 0,99920032 | 0,00079968 |

Далее приведены результаты промежуточных расчетов вероятностей безотказной работы и вероятности отказов последовательно и параллельно соединенных элементов ССН ПТК АСУ РЧК, указанных на рисунке 2.

1. Результат расчета и параллельно соединенных элементов: системный блок, системный блок.

= = 0,999991027

= = 0,000008973

1. Результат расчета и последовательное соединение элементов системный блок, монитор тип 1, клавиатура, манипулятор.

= = = 0,99485329

= 1 – 0,99485329 = 0,00514671

1. Результат расчета и последовательное соединение элементов: двух параллельных элементов системный блок, монитор, клавиатура, манипулятор.

= = = 0,997833377

= 1 – 0,997833377 = 0,002166623

1. Результат расчета и последовательное соединение элементов системный блок, монитор тип 2, клавиатура с манипулятором.

= = 0,995330934

= 1 – 0,995330934 = 0,004669066

1. Результат расчета и параллельно соединенных:

– последовательных элементов системный блок, монитор тип 1, клавиатура, манипулятор;

– последовательных элементов двух параллельных системных блоков, монитора тип1, клавиатура, манипулятор;

– последовательных элементов системный блок, монитор тип 2, клавиатура с манипулятором.

= = = 0,999999948

= = 0,0000000521

1. Результат расчета и параллельно соединенных элементов: монитор тип 1, монитор тип 1.

= = 0,999998562

== 0,00000144

1. Результат расчета и параллельно соединенных элементов: микрофон, микрофон.

= = 0,999989793

= = 0,000010207

1. Результат расчета и параллельно соединенных элементов: двух параллельных микрофонов, микрофон.

= = 0,999999967

== 0,0000000326

1. Результат расчета и параллельно соединенных элементов: сервер, сервер.

= = 0,999998562

= = 0,00000144

1. Результат расчета и параллельно соединенных элементов: сетевое оборудование, сетевое оборудование.

= = 0,999997444

= = 0,000002556

1. Результат расчета P(t) и Q(t) параллельное соединение элементов: преобразователь напряжения 12В, преобразователь напряжения 12В.

= = 0,99999977

= 1-0,99999977 = 0,00000023

1. Результат расчета P(t) и Q(t) параллельное соединение элементов: камера, камера.

= = 0,999999361

= 1-0,999999361 = 0,000000639

1. Результат расчета P(t) и Q(t) последовательное соединение элементов:

из шагов 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, принтера, ИНС, АНТ, преобразователь напряжения 27 В и камеры.

=

= 0,999052462

= 1-0,999052462 = 0,000947538

Значения и , рассчитанные на шаге 13, являются вероятностью безотказной работы и вероятностью отказов ПТК АСУ РЧК.

Средняя наработка до отказа изделия (ПТК АСУ РЧК) рассчитывается по формуле (8).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Интенсивность отказов изделия (ПТК АСУ РЧК) рассчитывается по формуле (2).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

## Расчет коэффициента технического использования

Коэффициент технического использования изделия рассчитывается по формуле (16).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Полученное значение будет использоваться для дальнейших расчетов.

На основании расчета рекомендуется выполнять периодическое техническое обслуживание во время простоев изделия.

## Расчет срока службы

Средний срок службы невосстанавливаемых составных частей изделия рассчитывается по формуле (17). Результаты расчета среднего срока службы составных частей изделия приведены в таблице 4. Исходными данными для расчета являются значения средней наработки до отказа составных частей изделия, приведенные в таблице А.1 приложения А, и коэффициент технического использования, рассчитанный в п. 3.3.

Таблица 4 – Расчет среднего срока службы составных частей изделия

| Наименование СЧ | Средняя наработка до отказа  ч | Средний срок службы с учетом  лет |
| --- | --- | --- |
| Вычислительный комплекс БНЦА.466539.001 | | |
| Вычислительный сервер | 20000 | 5 |
| Сетевое оборудование | 50000 | 12,5 |
| АРМ 1 БНЦА.466219.007 | | |
| Системный блок | 8000 | 2 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 5 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 5 |
| Клавиатура | 50000 | 12,5 |
| Манипулятор | 50000 | 12,5 |
| Принтер | 5000 | 1,25 |
| Микрофон | 7500 | 1,875 |
| АРМ 2 БНЦА.466219.007-01 | | |
| Системный блок | 8000 | 2 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 5 |
| Монитор тип 1 | 20000 | 5 |
| Клавиатура | 50000 | 12,5 |
| Манипулятор | 50000 | 12,5 |
| АРМ командира БНЦА.466219.007-02 | | |
| Системный блок | 8000 | 2 |
| Монитор тип 2 | 20000 | 5 |
| Клавиатура с манипулятором | 50000 | 12,5 |
| Микрофон | 7500 | 1,875 |
| Технические средства контроля подвижных объектов БНЦА.402113 001 | | |
| Абонентский навигационный терминал | 10000 | 2,5 |
| БИНС | 20000 | 5 |
| Преобразователь напряжения 27В | 75000 | 18,75 |
| Система объективного контроля и документирования БНЦА.201219.001 | | |
| Преобразователь напряжения 12В | 50000 | 12,5 |
| Камера | 30000 | 7,5 |
| Камера | 30000 | 7,5 |

Расчет срока службы изделия выполняется по формуле (18).

Исходными данными для расчета являются значения средней наработки до отказа изделия, рассчитанные в п. 3.2 и коэффициент технического использования рассчитанный в п. 3.3.

В связи с тем, что указанные в таблице значения не определяют фактический срок службы изделия, а лишь указывают на возможный отказ изделия через рассчитанный промежуток времени, отказ восстанавливаемого изделия не завершает его дальнейшую эксплуатацию, которая может быть продолжена после замены отказавшего элемента. Таким образом, срок службы изделия устанавливается равным сроку службы, указанному в требованиях ТЗ – 5 лет.

## Расчет среднего времени восстановления

Среднее время восстановления рассчитывается на основе данных, приведенных в таблице А.1 приложения А. Расчет выполняется по формуле (11). Промежуточные вычисления приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Промежуточные вычисления для расчета среднего времени восстановления ПТК АСУ РЧК

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Время  восстановления  , ч | Средняя наработка до отказа , ч |  | ,  1/ч |
| Сервер | 0,41 | 20000 | 0,00002050 | 0,00005000 |
| Сетевое оборудование | 0,34 | 15000 | 0,00002267 | 0,00006667 |
| Системный блок | 0,34 | 8000 | 0,00004250 | 0,00012500 |
| Монитор тип 1 | 0,34 | 20000 | 0,00001700 | 0,00005000 |
| Монитор тип 1 | 0,34 | 20000 | 0,00001700 | 0,00005000 |
| Клавиатура | 0,34 | 50000 | 0,00000680 | 0,00002000 |
| Манипулятор | 0,34 | 50000 | 0,00000680 | 0,00002000 |
| Принтер | 0,17 | 5000 | 0,00003400 | 0,00020000 |
| Микрофон | 0,25 | 7500 | 0,00003333 | 0,00013333 |
| Системный блок | 0,34 | 8000 | 0,00004250 | 0,00012500 |
| Монитор тип 1 | 0,34 | 20000 | 0,00001700 | 0,00005000 |
| Монитор тип 1 | 0,34 | 20000 | 0,00001700 | 0,00005000 |
| Клавиатура | 0,34 | 50000 | 0,00000680 | 0,00002000 |
| Манипулятор | 0,34 | 50000 | 0,00000680 | 0,00002000 |
| Системный блок | 0,34 | 8000 | 0,00004250 | 0,00012500 |
| Монитор тип 2 | 0,34 | 20000 | 0,00001700 | 0,00005000 |
| Клавиатура с манипулятором | 0,34 | 50000 | 0,00000680 | 0,00002000 |
| Микрофон | 0,25 | 7500 | 0,00003333 | 0,00013333 |
| АНТ | 0,25 | 10000 | 0,00002500 | 0,00010000 |
| ИНС | 0,25 | 20000 | 0,00001250 | 0,00005000 |
| Преобразователь напряжения 27В | 0,17 | 75000 | 0,00000227 | 0,00001333 |
| Преобразователь напряжения 12В | 0,17 | 50000 | 0,00000340 | 0,00002000 |
| Камера | 0,34 | 30000 | 0,00001133 | 0,00003333 |
| Камера | 0,34 | 30000 | 0,00001133 | 0,00003333 |
|  |  |  | 0,000456167 | 0,001558333 |

Среднее время восстановления изделия составит:

= 0,000456167/0,001558333 = 0,292727 ч.

В приведенных расчетах среднего времени восстановления не учитывается среднее время задержки в удовлетворении заявки на поставку запасной части ∆tзип, составляющую 0,207273 ч.

Среднее время восстановления с учетом ∆tзип рассчитывается по формуле (13).

|  |  |
| --- | --- |
| ч. |  |

Среднее время восстановления Тв по ТЗ = 0,5 ч. Из расчета следует, что расчетное значение равно заданному значению.

## Расчет коэффициента готовности

Коэффициент готовности рассчитывается по формулам (10) и (12).

Расчет выполняется с учетом значений и изделия, рассчитанных в п. 3.2 и п. 3.5.

Коэффициент готовности изделия без учета времени поставки ЗЧ составит:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Коэффициент готовности изделия с учетом времени поставки ЗЧ составит:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

## Расчет срока хранения

Средний срок сохраняемости изделия при его комплектации составными частями, срок хранения которых согласно ТУ (для составных частей отечественного производства) и ЭД (для импортных составных частей) составляет 7,65 лет при условии хранения в хранилищах с регулируемыми параметрами атмосферы, рассчитанный по формуле (19), составит = 183,5/24 = 7,65 лет (где 24 количество СЧ в изделии с учетом их комплектующих).

При комплектации изделия составными частями, срок сохраняемости (хранения) которых более 7 лет, срок хранения изделия в будет более срока хранения, указанного в ТЗ.

Сроки сохраняемости приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Сроки сохраняемости

|  |  |
| --- | --- |
| Составная часть | Срок сохраняемости СЧ, мес. |
| Сервер | 24 |
| Сетевое оборудование | 18 |
| Системный блок | 18 |
| Монитор тип 1 | 18 |
| Монитор тип 1 | 18 |
| Клавиатура | 60 |
| Манипулятор | 360 |
| Принтер | 84 |
| Микрофон | 24 |
| Системный блок | 18 |
| Монитор тип 1 | 18 |
| Монитор тип 1 | 18 |
| Клавиатура | 60 |
| Манипулятор | 360 |
| Системный блок | 18 |
| Монитор тип 2 | 18 |
| Клавиатура с манипулятором | 60 |
| Микрофон | 24 |
| АНТ | 240 |
| ИНС | 120 |
| Преобразователь напряжения 27В | 300 |
| Преобразователь напряжения 12В | 300 |
| Камера 1 | 12 |
| Камера 2 | 12 |

Суммарное значение сохраняемости ­ 2202 месяца (183,5 года).

Таким образом, выполнение требований ТЗ к сроку хранения изделия достигается комплектацией изделия составными частями, срок хранения которых не менее 6 лет в условиях хранения, заданных требованиями ТЗ.

# **Результат расчета надежности**

Результаты расчета показателей надежности, а также показателей долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости для изделия в сводной таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчета показателей надежности

| Наименование системы | Среднее время наработки до отказа T0, часов | Среднее время восстановления с учетом задержки удовлетворения заявок на поставку ЗЧ | Коэффициент готовности  с учетом задержки удовлетворения заявок на поставку ЗЧ | Срок службы с учетом коэффициента использования  лет | Срок хранения, лет |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Изделие (ПТК АСУ РЧК) | 25316,81 | 0,5 | 0,999980251 | 6,33 | 7,65 |

Полученные значения расчетов обеспечивают выполнение неравенств, заданных в п. 2.5.2.

Средний срок службы до списания Тсп.ср.сп устанавливается равным сроку службы ТСЛ – 5 лет, заданному в ТЗ, на основании выполнения неравенства:

cрок службы изделия с учетом коэффициента использования   
(6,33 года) > срока службы, заданного в ТЗ (5 лет).

Также выполняются условия двух других неравенств.

Рассчитанная средняя наработка изделия до отказа   
(25316,81 ч) > среднего ресурса, заданного ТЗ (20000 ч).

Срок хранения изделия и его составных частей равен 7,65 лет на основании включения в его состав элементов, обеспечивающих указанный срок хранения.

Выполнение приведенных выше неравенств подтверждает соответствие выбранного варианта схемно-конструктивного построения изделия требованиям ТЗ.

Применяемая элементная база позволяет обеспечить заданные в п 3.5 ТЗ показатели надежности: среднюю наработку до отказа изделия и его составных частей в течение заданного ресурса (не менее 20000 ч) в течение установленного срока службы (5 лет), а также обеспечивает установленный срок хранения (не менее 6 лет). Указанные в ТЗ значения могут быть внесены в техническую документацию изделия.

# **Заключение**

Результат расчетов показал, что выбранное схемно-техническое решение изделия обеспечит выполнение требований ТЗ:

* рассчитанное значение средней наработки до отказа изделия и его частей составляет более 20000 часов;
* условия достижения изделием предельных состояний с учетом средней наработки до отказа позволяет эксплуатировать его в течении 5 лет;
* применяемая элементная база и покупные изделия со сроком хранения, превышающим заданный в ТЗ срок хранения, позволяют обеспечить средний срок хранения составных частей изделия в упаковке предприятия-изготовителя не менее 6 лет.

На основании расчетов ТО изделия рекомендуется проводить в периоды его простоев.

Первичный текущий ремонт в случае отказа изделия, рекомендуется проводить путем замены отказавшего элемента исправным из одиночного комплекта ЗИП. В случае, если отказавший элемент не может быть заменен элементом из состава ЗИП, следует своевременно подать заявку на его поставку.

Ремонт отказавшего элемента изделия рекомендуется проводить в соответствии с технической и эксплуатационной документацией предприятия-изготовителя.

Отказавшие элементы изделия после демонтажа рекомендуется отправлять для восстановления (вторичный текущий ремонт) на предприятие-изготовитель, если их восстановление предусмотрено конструкцией. В случае, если восстановление изделия невозможно, оно подлежит утилизации в соответствии с установленными нормами.

Предлагаемое схемно-конструктивное решение может быть принято к дальнейшей разработке без изменений.

В случае внесения существенных изменений в конструкцию или в режимы эксплуатации изделия ПН должны быть пересчитаны.

Приложение А

(рекомендуемое)

Исходные данные для расчетов показателей надежности

Для расчетов используются значения средней наработки до отказа типовых элементов замены и время восстановления без учета задержек удовлетворения заявок на их поставку. Указанные исходные данные приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Рекомендуемые исходные данные для расчетов ПН надежности

| Условное обозначение на ССН | Наименование элемента | Средняя наработка до отказа (MTTF), ч | Оценка времени восстанов­ления, ч |
| --- | --- | --- | --- |
| Вычислительный комплекс БНЦА.466539.001 | | | |
| Вычислительный сервер | Машина вычислительная электронная промышленная КИ-П 1.7 ЛКНВ.466215.015 ТУ | 20000 | 0,41 |
| Сетевое оборудование | ПАК Dionis NX (508 G, 8 x 1000 Base X, 16 x 1000 Base T, 1U) НКБГ.465651.005ТУ.02 | 15000 | 0,34 |
| АРМ 1 БНЦА.466219.007 | | | |
| АРМ 1 системный блок | УВМ РАМГ.466.226.113 ТУ | 8000 | 0,34 |
| АРМ 1 монитор | Видеомонитор ВМЦ-81.3ЖК НВИТ.467846.087 ТУ | 20000 | 0,34 |
| АРМ 1 монитор | Видеомонитор ВМЦ-81.3ЖК НВИТ.467846.087 ТУ | 20000 | 0,34 |
| АРМ 1 клавиатура | Клавиатура «УКЛ-83.2111121» НГТП.467143.137 ТУ | 50000 | 0,34 |
| АРМ 1 трекбол | Универсальный шаровой манипулятор «УШМ-1» АГРШ.468317.001 ТУ | 50000 | 0,34 |
| АРМ 1 принтер | Печатающее устройство Титан ПУ-Л ЕВЛК.467265.001-02 ТУ | 5000 | 0,17 |
| АРМ 1 микрофон | Микрофон МКЭ-214 УМЯИ.467273.032 ТУ | 7500 | 0,25 |
| АРМ 2 БНЦА.466219.007-01 | | | |
| АРМ 2 системный блок | УВМ РАМГ.466.226.113 ТУ | 8000 | 0,34 |
| АРМ 2 монитор | Видеомонитор ВМЦ-81.3ЖК НВИТ.467846.087 ТУ | 20000 | 0,34 |
| АРМ 2 монитор | Видеомонитор ВМЦ-81.3ЖК НВИТ.467846.087 ТУ | 20000 | 0,34 |
| АРМ 2 клавиатура | Клавиатура «УКЛ-83.2111121» НГТП.467143.137 ТУ | 50000 | 0,34 |
| АРМ 2 трекбол | Универсальный шаровой манипулятор «УШМ-1» АГРШ.468317.001 ТУ | 50000 | 0,34 |
| АРМ командира БНЦА.466219.007-02 | | | |
| АРМ командира системный блок | УВМ РАМГ.466.226.113 ТУ | 8000 | 0,34 |
| АРМ командира монитор | Видеомонитор ВМЦ-61.2ЖК НВИТ.467846.136 ТУ | 20000 | 0,34 |
| АРМ командира клавиатура +трекбол | Клавиатура «УКЛ-П-М» НГТП.467143.109 ТУ | 50000 | 0,34 |
| АРМ командира микрофон | Микрофон МКЭ-214 УМЯИ.467273.032 ТУ | 7500 | 0,25 |
| Технические средства контроля подвижных объектов БНЦА.402113 001 | | | |
| Абонентский навигационный терминал | Навигационный терминал БНЦА.468157.001 | 10000 | 0,25 |
| БИНС | Инерциальная навигационная система ГЛ-150М ГРДЦ.402138.005 | 20000 | 0,25 |
| Преобразователь напряжения 27В | Модуль МАА75-1Ц27СГП БКЯЮ.436610.013 ТУ | 75000 | 0,17 |
| Система объективного контроля и документирования БНЦА.201219.001 | | | |
| Преобразователь напряжения 12В | Модуль МАА30-1Ц12СГН БКЯЮ.436610.013ТУ | 50000 | 0,17 |
| Камера 1 | IP-Камера 2MP-DOM-2.7-13.5M (Модель 0120) РВСФ.463317.001 ТУ | 30000 | 0,34 |
| Камера 2 | IP-Камера 2MP-DOM-2.7-13.5M (Модель 0120) РВСФ.463317.001 ТУ | 30000 | 0,34 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Лист регистрации изменений | | | | | | | | | |
| Изм. | Номера листов (страниц) | | | | Всего  листов (страниц)  в доку­менте | Номер  доку­мента | Входящий  номер  сопроводи­тельного  документа и дата | Подпись | Дата |
| изменен­ных | заменен­ных | новых | аннулиро­ванных |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |