



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет «Приборостроение и техническое регулирование»
Кафедра «Управление качеством»

**ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

по курсу

«Надежность средств измерений»

Ростов-на-Дону
2021

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Метрологической надежностью называют способность СИ сохранять установленное значение метрологических характеристик в течение заданного времени при определенных режимах и условиях эксплуатации. Специфика проблемы метрологической надежности состоит в том, что для нее основное положение классической теории надежности о постоянстве во времени интенсивности отказов оказывается неправомерным. Современная теория надежности ориентирована на изделия, обладающие двумя характерными состояниями: работоспособным и неработоспособным. Постепенное изменение погрешности СИ позволяет ввести сколь угодно много работоспособных состояний с различным уровнем эффективности функционирования, определяемым степенью приближения погрешности к допустимым границам значения. Надежность СИ характеризует его поведение с течением времени и является обобщенным понятием, включающим в себя стабильность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Стабильность СИ — качественная характеристика, отражающая неизменность во времени его метрологических характеристик.

Безотказность — свойство СИ непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени.

Долговечность — это свойство СИ сохранять свое работоспособное состояние до наступления предельного состояния, когда его применение уже недопустимо.

Ремонтпригодность — свойство СИ заключающееся в приспособленности в случае отказов к восстановлению путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость — свойство СИ сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности не только в течение эксплуатации, но и после хранения и транспортирования.

Понятие об испытании и контроле средств измерений

Испытания - это разновидность контроля. В систему испытаний входят

следующие основные элементы:

а) объект испытаний - изделие, подвергаемое испытаниям. Главным признаком объекта испытаний является то, что по результатам испытаний принимается решение именно по этому объекту: о его годности или браковке, о возможности предъявления на последующие испытания, о возможности серийного выпуска и т.п. Характеристики свойств объекта при испытаниях можно определить путем измерений, анализов или диагностирования;

б) условия испытаний - это совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях. Условия испытаний могут быть реальными или моделируемыми, предусматривать определение характеристик объекта при его функционировании и отсутствии функционирования, при наличии воздействий или после их приложения;

в) средства испытаний - это технические устройства, необходимые для проведения испытаний. Сюда входят средства измерений, испытательное оборудование и вспомогательные технические устройства;

г) исполнители испытаний - это персонал, участвующий в процессе испытаний. К нему предъявляются требования по квалификации, образованию, опыту работы и другим критериям;

д) нормативно-техническая документация (НТД) на испытания, которую составляют комплекс стандартов, регламентирующих организационно-методические и нормативно-технические основы испытаний; комплекс стандартов системы разработки и постановки продукции на производство; нормативно-технические и технические документы, регламентирующие требования к продукции и методам испытаний; Нормативно-технические документы, регламентирующие требования к средствам испытаний и порядок их использования.

Испытания как основная форма контроля средств измерения представляют собой экспериментальное определение количественных и качественных показателей свойств изделия как результата воздействия на него при его функционировании, а также при моделировании объекта. Цели испытаний различны на различных этапах проектирования и изготовления

средств измерения. К основным целям испытаний можно отнести:

- а) выбор оптимальных конструктивно-технологических решений при создании новых изделий;
- б) доводку изделий до необходимого уровня качества;
- в) объективную оценку качества изделий при их постановке на производство и в процессе производства;
- г) гарантирование качества изделий при международном товарообмене.

Испытания служат эффективным средством повышения качества, так как позволяют выявить:

- а) недостатки конструкции и технологии изготовления средств измерения, приводящие к срыву выполнения заданных функций в условиях эксплуатации;
- б) отклонения от выбранной конструкции или принятой технологии;
- в) скрытые дефекты материалов или элементов конструкции, неподдающиеся обнаружению существующими методами технического контроля;
- г) резервы повышения качества и надежности разрабатываемого конструктивно-технологического варианта изделия.

По результатам испытаний изделий в производстве разработчик устанавливает причины снижения качества.

Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений включает: - испытания средств измерений для целей утверждения их типа; принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа; испытания средств измерений на соответствие утвержденному типу при контроле соответствия средств измерений утвержденному типу; признание утверждения типа или результатов испытаний типа средств измерений, проведенных компетентными организациями зарубежных стран; информационное обслуживание потребителей измерительной техники.

Утверждение типа средств измерений является видом государственного метрологического контроля и проводится в целях обеспечения единства

измерений в стране. Решение об утверждении типа принимается Росстандартом по результатам обязательных испытаний средств измерений для целей утверждения их типа. Заявки на проведение испытаний средств измерений для целей утверждения типа направляются в Росстандарт по принятой форме. Росстандарт принимает решение по заявке и направляет поручение государственным центрам испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) на проведение испытаний средств измерений для целей утверждения их типа. Аккредитованные ГЦИ СИ регистрируются в Государственном реестре средств измерений (далее - Государственный реестр) в разделе "Государственные центры испытаний средств измерений". При испытаниях средств измерений для целей утверждения их типа проверяют соответствие технической документации и технических характеристик средств измерений требованиям технического задания, технических условий и распространяющихся на них нормативных и эксплуатационных документов, включающих методики поверки средств измерений. Положительные результаты испытаний являются основанием для принятия Росстандартом решения об утверждении типа средств измерений, которое удостоверяется сертификатом об утверждении их типа по принятой форме. Срок действия сертификата устанавливает Росстандарт при его выдаче. Средства измерений, на которые выданы сертификаты об утверждении типа, подлежат регистрации в Государственном реестре в разделе "Средства измерений утвержденных типов". Заявитель наносит на средства измерений, тип которых утвержден, и на эксплуатационную документацию, сопровождающую каждый экземпляр средств измерений, Знак утверждения типа средств измерений, форма и размеры устанавливаются Росстандартом. Если из-за особенностей конструкции нецелесообразно наносить Знак утверждения типа на средство измерений, допускается его нанесение только на эксплуатационные документы. Возмещение расходов, связанных с проведением испытаний средств измерений для целей утверждения их типа, рассмотрением их материалов и оказанием других услуг производится в соответствии с условиями договора, заключаемого между заявителем, представляющим средства измерений на испытания, и исполнителями этих работ. Образцы

средств измерений, предъявленные на испытания для целей утверждения типа, в случае положительных результатов, подлежат проверке в процессе эксплуатации, хранения и после ремонта в соответствии с проверенной в процессе испытаний методикой поверки. Испытания средств измерений для целей утверждения их типа. Испытания средств измерений для целей утверждения их типа проводятся государственными научными метрологическими центрами Росстандарта, аккредитованными им в качестве ГЦИ СИ. Решением Росстандарта в качестве ГЦИ СИ могут быть аккредитованы другие специализированные организации. Испытания средств измерений для целей утверждения их типа проводят по программе, утвержденной ГЦИ СИ, или по согласованной с ГЦИ СИ типовой программе, в которую могут быть внесены изменения или дополнения.

Программа испытаний средств измерений предусматривает установление метрологических характеристик этих средств измерений и проверку методики поверки. Положительные результаты этих испытаний являются основанием для принятия Росстандартом решения об утверждении типа, которое удостоверяется сертификатом об утверждении типа по принятой форме. Продолжительность проведения испытаний средств измерений для целей утверждения их типа устанавливается в договоре между заказчиком и исполнителем работ по испытаниям типа средств измерений.

На испытания средств измерений для целей утверждения их типа заявитель представляет: - образец (образцы) средств измерений; - программу испытаний типа, утвержденную ГЦИ СИ; - технические условия (если предусмотрена их разработка), подписанные руководителем организации - разработчика; - эксплуатационные документы, а для средств измерений, подлежащих импорту, - комплект документации фирмы - изготовителя, прилагаемый к поставляемому средству измерений, с переводом на русский язык; - нормативный документ по поверке при отсутствии раздела "Методика поверки" в эксплуатационной документации; - описание типа по форме с фотографиями общего вида 13 x 18 или 18 x 24 - 3 экз.; - документ организации - разработчика о допустимости опубликования описания типа в открытой

печати. Количество представляемых образцов средств измерений и экземпляров документов на испытания, а также необходимость представления дополнительных документов определяется программой испытаний. Кроме того, по согласованию с ГЦИ СИ заявитель может представлять необходимые для испытаний оборудование и средства измерений. После проведения испытаний оборудование и средства измерений возвращают предприятию, представившему средства измерений на испытания. При положительных результатах проведенных испытаний средств измерений для целей утверждения типа ГЦИ СИ утверждает (согласовывает) методику поверки, согласовывает описание типа и составляет в 3-х экз. акт испытаний средств измерений для целей утверждения их типа по форме приложения 6. При отрицательных результатах испытаний ГЦИ СИ составляет только акт испытаний средств измерений для целей утверждения их типа по принятой форме. Принятие решения об утверждении типа, его регистрация и выдача сертификата об утверждении типа средств измерений. Оформление материалов испытаний средств измерений для целей утверждения их типа. После утверждения акта испытаний средств измерений для целей утверждения их типа ГЦИ СИ, проводивший испытания, направляет первый экземпляр акта испытаний типа с приложениями, отчетом об устранении замечаний по результатам испытаний, документами в адрес ВНИИМС. После утверждения акта испытаний средств измерений ГЦИ СИ, проводивший испытания, направляет во ВНИИМС первый экземпляр акта испытаний с документами, а также заключение о возможности утверждения типа. Сопроводительное письмо ГЦИ СИ должно содержать наименование и обозначение средства измерений, номер письма - поручения Росстандарта, а также заключение о возможности утверждения типа средств измерений. ВНИИМС осуществляет проверку представленных в его адрес материалов испытаний на соответствие настоящему документу и готовит проект решения Росстандарта России по результатам испытаний средств измерений для целей утверждения их типа. Росстандарт России рассматривает представленные ВНИИМС документы и принимает решение об утверждении типа средств измерений. Регистрация типа средств измерений и выдача

сертификата об утверждении типа. Госстандарт России после утверждения типа средств измерений регистрирует его, а ВНИИМС формирует дело в Государственном реестре. Росстандарт России или по его поручению ВНИИМС направляет сертификат об утверждении типа заявителю, представившему средства измерений на испытания. Копии сертификата об утверждении типа направляют ГЦИ СИ, проводившему испытания, и ВНИИМС. Испытания на соответствие средств измерений утвержденному типу Контроль соответствия средств измерений утвержденных типов осуществляют путем проведения испытаний средств измерений на соответствие утвержденному типу. Испытания средств измерений на соответствие утвержденному типу проводят органы Государственной метрологической службы по месту расположения изготовителей или пользователей в сроки, установленные Росстандартом России при утверждении типа средств измерений. Испытания на соответствие средств измерений утвержденному типу проводят: - при наличии информации от потребителей об ухудшении качества выпускаемых или импортируемых средств измерений; - при внесении в их конструкцию или технологию изготовления изменений, влияющих на их нормированные метрологические характеристики; - при истечении срока действия сертификата об утверждении типа. На испытания на соответствие средств измерений утвержденному типу представляют следующие документы: - копию сертификата об утверждении типа; - копию акта испытаний средств измерений для целей утверждения их типа и акт последних испытаний на соответствие средств измерений утвержденному типу, если они проводились; - технические условия; - эксплуатационные документы. Для проведения испытаний на соответствие средств измерений утвержденному типу в присутствии представителя предприятия изготовителя отбираются образцы средств измерений из числа принятых службой технического контроля. Отбор осуществляется методом случайной выборки из партии, принятой службой технического контроля, в количестве, установленном стандартами или техническими условиями для периодических испытаний. В число отобранных образцов, как правило, должны входить все модификации средств измерений, внесенные в Государственный

реестр. При большом количестве конструктивных исполнений средств измерений утвержденного типа допускается проводить отбор образцов из числа средств измерений, являющихся типовыми образцами параметрического ряда, если это предусмотрено государственными стандартами или отраслевыми нормативно-техническими документами (далее НТД), в том числе и техническими условиями. Акт отбора образцов средств измерений подписывают представители организации, проводящей испытания, и изготовителя. После окончания испытаний образцы средств измерений возвращают предприятию - изготовителю. Продолжительность испытаний на соответствие средств измерений утвержденному типу не должна превышать двух месяцев. Началом испытаний считают дату подписания акта отбора средств измерений для испытаний. Окончанием испытаний считают дату утверждения акта испытаний средств измерений на соответствие утвержденному типу. Испытания на соответствие средств измерений утвержденному типу проводят по программе, утвержденной ГЦИ СИ при проведении испытаний средств измерений для целей утверждения их типа. По результатам испытаний на соответствие средств измерений утвержденному типу составляют акт испытаний. Копию акта испытаний на соответствие утвержденному типу средств измерений направляют во ВНИИМС.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение контрольной работы предусматривает написание и защиты индивидуальной работы, которая состоит из двух частей. Первая часть – это написание реферата по темам в соответствии с таблицей 1 (контрольная работа, выполненная по другому варианту, не засчитывается). Вторая часть контрольной работы представляет собой выполнение (расчет) всех практических работ.

Таблица 1 – Выбор тем реферата

Предпоследняя цифра	Последняя цифра зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номера тем									
0	1; 33	2; 34	3; 35	4; 36	5; 37	6; 38	7; 39	8; 40	9; 41	10; 42
1	11; 43	12; 44	13; 45	14; 46	15; 47	16; 48	17; 49	18; 50	19; 51	20; 52
2	21; 53	22; 54	23; 55	24; 56	25; 57	26; 58	27; 59	28; 60	29; 61	30; 60
3	31; 52	32; 43	33; 59	34; 56	35; 57	36; 60	37; 61	38; 50	39; 1	40; 2
4	41; 3	42; 4	43; 5	44; 6	45; 7	46; 8	47; 9	48; 10	49; 11	50; 12
5	51; 13	52; 14	53; 15	54; 16	55; 17	56; 18	57; 19	58; 20	59; 21	60; 22
6	61; 23	32; 24	61; 25	3; 26	8; 27	12; 28	67; 29	68; 30	69; 31	70; 32
7	1; 33	2; 34	3; 35	4; 36	5; 37	6; 38	7; 39	8; 40	9; 41	10; 42
8	11; 43	12; 44	13; 45	14; 46	15; 47	16; 48	17; 49	18; 50	19; 51	20; 52
9	21; 53	22; 54	23; 55	24; 56	25; 57	26; 58	27; 59	28; 60	29; 61	30; 61

Темы для реферата

1. Система «Человек-машина-среда». Её компоненты.
2. Техносфера. Техника. Техническая система. Количественные показатели.
3. Аксиомы о потенциальной опасности технических систем.
4. Система управления опасностью. Математические модели.
5. Показатели безотказности технических систем.
6. Единичные показатели безотказности.
7. Вероятность безотказной работы. Особенности применения. Способы
 1. определения.
8. Интенсивность отказов. Особенности применения. Способы определения.
9. Средняя наработка до отказа. Особенности применения. Способы
 2. определения.

10. Комплексные показатели надёжности.
11. Коэффициент готовности.
12. Коэффициент технического использования.
13. Таксономия опасностей.
14. Таксономия факторов, обуславливающих возможные отказы технических
3. систем.
15. Квантификация опасностей.
16. Методы идентификации опасностей.
17. Пороговый уровень воздействия опасностей.
18. Понятие риска.
19. Классификация и характеристика видов риска.
20. Индивидуальный риск.
21. Коллективный риск.
22. Технический риск.
23. Экологический риск.
24. Социальный риск.
25. Экономический риск.
26. Процесс анализа риска.
27. Положения анализа риска.
28. Условия возникновения риска.
29. Подходы к оценке риска.
30. Количественные показатели риска.
31. Приемлемый риск.
32. Модель управления риском.
33. Схема оценки риска.
34. Анализ опасностей с помощью «дерева причин» потенциальной аварии.
35. Анализ опасностей с помощью «дерева событий».
36. Анализ опасностей с помощью дерева типа «причина-последствие».
37. Надёжность - временная категория.
38. Основы математической теории надёжности.
39. Законы распределения случайных величин.

40. Функция распределения, плотность распределения случайных величин.
41. Характеристики случайных величин.
42. Основные законы теории надежности.
43. Методы определения основных показателей надежности.
44. Понятие отказов.
45. Определение параметров потока отказа методами математической
4. статистики.
46. Определение параметров потока отказа по усредненным статистическим
5. данным.
47. Основные задачи теории надежности.
48. Понятие и виды резервирования, формула большого резерва.
49. Количественные показатели долговечности.
50. Количественные показатели безотказности.
51. Значение и виды испытаний на надежность.
52. Определение вида закона распределения.
53. Оценка остаточного ресурса двигателя.
54. Показатели безотказности.
55. Показатели долговечности.
56. Показатели ремонтпригодности.
57. Показатели сохраняемости.
58. Показатели работоспособности.
59. Расчет безотказности.
60. Интегральные системы диагностирования.
61. Признаки и критерии отказа.

Требования к работе.

1. Работа должна иметь титульный лист, оформленный по приложению А. Страницы работы должны быть пронумерованы, с правой стороны должно быть оставлено поле 2-2,5 см.
2. Объем работы не регламентирован, но должен быть достаточным для полного раскрытия содержания темы.

3. Цитирование учебника не допускается, извлечения из нормативных документов и других источников должны быть минимальными и обоснованными (за исключением иллюстраций и таблиц).
4. В тексте давать ссылки на литературные источники цифрой в квадратных скобках.
5. Материал желательно иллюстрировать и рубрицировать.
6. В конце работы необходимо привести полный список использованных литературных источников, оформленный в соответствии со стандартом на библиографическое описание.
7. Оригинальность текста должна быть **не менее 70%**.

Контрольная работа должна быть предоставлена на проверку (проверка работы возможна в дистанционном режиме) и рецензирование в сроки, установленные учебным планом. При положительной рецензии студента допускают к зачету, в ходе которого проверяют знания студента. В случае отрицательной рецензии работу возвращают студенту для доработки. При повторном представлении работы на проверку прилагается и первоначальный вариант с рецензией. Студенты, не выполнившие контрольную работу, не допускаются к сдаче зачета.

Список рекомендованной литературы

Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество
1	Решетов, Д. Н., Иванов, А. С.	Надежность машин: Учеб. пособие для машиностр. спец. вузов	М.: Высш. шк., 1988	1
2	Гурова, О. С.	Надежность технических систем и техногенный риск: Методические указания по выполнению практической работы на тему «Определение основных количественных параметров, характеризующих надежность инженерно-экологической системы» для бакалавров направления подготовки 280700	Ростов н/Д.: Ростовский государственный строительный университет, 2014	ЭБС
3	Костецкий, Б. И.	Надежность и долговечность машин	Киев: Техн1ка, 1975	1
4	Рудзит, Я.А., Плуталов, В.Н.	Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении: Учеб. пособие для студентов приборостр. спец. вузов	М.: Машиностроение, 1991	2
5	Хенли, Э.Дж., Кумамото, Х.	Надежность технических систем и оценка риска	М.: Машиностроение, 1984	2
Дополнительная литература				
6	Кузнецов, В. А.	Надежность и эффективность в технике: Справочник в десяти томах. Т.10 Справочные данные по условиям эксплуатации и характеристикам	М.: Машиностроение, 1990	10

7	Кубарев, А. И.	Надежность в машиностроении: 2-е издание, переработанное и дополненное	М.: Издательство стандартов, 1989	1
8	Решетов, Д. Н.	Работоспособность и надежность деталей машин	М.: Высш. шк., 1974	5
9	Зорин, В. А.	Надежность механических систем: учебник	М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015	ЭБС
10	Малафеев, Сергей Иванович, Копейкин, А. И.	Надежность технических систем. Примеры и задачи: учеб. пособие	СПб.: Лань, 2012	10
11	Проников, А.С.	Параметрическая надежность машин	М.: Изд-во МГТУ, 2002	5
12	Синдеев, И.М., Воскобоев, В.Ф.	Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т.	М.: Машиностроение, 1987	7
13		Надежность приборных систем: программа, задания и метод. указания к практ. занятиям, задания к контрол. работе для	Ростов н/Д.: ИЦ ДГТУ, 2010	5
14		Надежность приборных систем: задания и методические указания к практическим занятиям	Ростов н/Д.: ИЦ ДГТУ, 2018	ЭБС
Методические разработки				
15	Ваганов, В.А., Хлебунов, А.Ф.	Менеджмент риска. Инженерные методы анализа и оценки риска технологических систем: учеб. пособие	Ростов н/Д.: ИЦ ДГТУ, 2012	35
16	Ваганов, В.А.	Менеджмент риска технических систем от теории к практике: учеб. пособие	Ростов н/Д.: ИЦ ДГТУ, 2016	ЭБС
Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"				
17	Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем : учебное пособие / Е. Ф. Березкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3375-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/115514 (дата обращения: 16.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
18	Надежность и диагностика технических систем : учебное пособие / А. А. Воробьев, Г. П. Карлов, И. Н. Спицын [и др.]. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2018. — 120 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/147607 (дата обращения: 16.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.			
19	Национальная система стандартизации в РФ. Банк национальных стандартов, Техэксперт- клиент www.кодекс-дон.рф			

Практическое занятие № 1. Расчет количественных характеристик безотказности по статистическим данным

Цель занятия.

Умение оценивать вероятность безотказной работы, вероятность отказа и интенсивность отказов неремонтируемых объектов.

Задание 1.

На испытание поставлено N однотипных транзисторов. За первые 3000 час отказало $n_1(t)$ транзисторов, а за интервал времени $\Delta t = (3100 - 3000)$ час = 100 час отказало еще $n_2(\Delta t)$ транзисторов. Определить вероятность безотказной работы и вероятность отказа транзисторов в течение 3000 час, а интенсивность отказов в промежутке времени от 3000 час до 3100 час.

Для выполнения задания №1 студент выбирает исходные данные из табл. 1 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Исходные данные		
	N_0	$n_1(t)$	$n_2(\Delta t)$
0	400	100	75
1	410	110	80
2	420	120	85
3	430	130	90
4	440	140	95
5	450	150	100
6	460	160	105
7	470	170	110
8	480	180	115
9	500	200	120

Задание 2.

На испытание поставлено N_0 однотипных невосстанавливаемых датчиков. За время $t=3000$ час отказало $n_1(t)$ датчиков, а за интервал времени $\Delta t=100$ часов отказало $n_2(t)$ датчиков. Определить вероятность безотказной работы датчиков за время t $P(t=3000)$, $P(t=3050)$ и $P(t=3100)$.

Для выполнения задания №2 студент выбирает исходные данные из табл. 2 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	Исходные данные		
	N_0	$n_1(t)$	$n_2(\Delta t)$
0	1000	85	44
1	900	90	45
2	950	75	42
3	800	78	40
4	850	82	46
5	840	88	41
6	940	85	50
7	920	80	48
8	880	78	43
9	980	86	47

Практическое занятие № 2. Построение гистограммы интенсивности отказов элементов по статистическим данным

Цель занятия.

Умение оценивать интенсивность отказов неремонтируемых средств измерений по статистическим данным, а также строить гистограмму.

Задание 1.

На испытании поставлено N_0 экземпляров невосстанавливаемых средств измерений (датчиков). Число отказов $n(\Delta t)$ фиксировалось через каждые 100 час работы ($\Delta t=100$ час). Построить гистограмму интенсивности отказов датчиков.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.3 по предпоследней цифре собственного шифра, а из табл.4 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 3

Предпоследняя цифра шифра									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество экземпляров испытуемых датчиков N_0									
380	410	420	360	370	430	400	450	390	440

Таблица 4

Интервал времени Δt_i , час	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Число отказов $n(\Delta t_i)$									
0-100	49	51	52	47	49	54	50	55	48	55
100-200	38	40	39	37	37	50	47	48	44	51
200-300	29	30	31	30	32	34	33	35	30	32
300-400	24	25	26	25	23	26	24	27	24	25
400-500	20	19	21	20	17	19	18	20	18	17
500-600	18	16	17	14	14	15	14	13	13	16
600-700	16	13	13	14	13	15	13	14	12	14
700-800	15	13	12	12	12	13	12	13	12	12
800-900	15	13	13	13	11	12	12	13	13	12
900-1000	14	12	12	13	13	14	11	15	14	11
1000-1100	13	13	12	14	12	13	13	13	12	13
1100-1200	14	14	12	11	12	13	12	13	12	12
1200-1300	13	13	11	14	12	14	12	14	13	13
1300-1400	13	12	14	13	11	12	13	12	11	12
1400-1500	16	14	14	13	13	14	14	13	15	14
1500-1600	19	16	15	17	15	15	16	17	13	15
1700-1800	25	23	21	23	19	20	19	19	18	19
1800-1900	31	28	24	25	24	25	24	26	27	28
1900-2000	36	33	30	29	31	33	32	35	34	38

Практическое занятие № 3. Расчет показателей безотказности элементов при усеченном нормальном законе распределения вероятности

Цель занятия.

Умение оценивать вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа элементов средств измерений при усеченном нормальном законе распределения вероятности.

Задание.

Время работы радиоэлемента средства измерений до отказа подчинено усеченному нормальному закону с параметрами T_1 и σ . Необходимо вычислить количественные характеристики вероятности безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для времени t_1, t_2, t_3, t_4 .

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 5 по последней цифре собственного шифра. Справочные значения для вычисления функции $\Phi(z)$ приведены в табл.29 прил.1.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	Исходные данные					
	T_1	σ	t , час			
			t_1	t_2	t_3	t_4
0	8000	1500	4000	6000	8000	10000
1	8100	1600	4100	6100	8100	10100
2	8200	1700	4200	6200	8200	10200
3	8300	1800	4300	6300	8300	10300
4	8400	1900	4400	6400	8400	10400
5	8500	2000	4500	6500	8500	10500
6	8600	2100	4600	6600	8600	10600
7	8700	2200	4700	6700	8700	10700
8	8800	2300	4800	6800	8800	10800
9	8900	2400	4900	6900	8900	10900

Практическое занятие № 4. Расчет показателей безотказности и восстанавливаемости средств измерений

Цель занятия.

Умение оценивать среднюю наработку на отказ, вероятность безотказной работы, среднее время восстановления и вероятность восстановления за заданное время ремонтируемых средств измерений.

Задание 1.

Измерительная система состоит из 4-х измерительных приборов и одной микроЭВМ. Нарботка на отказ 1 – 4 измерительных приборов вместе с каналом управления и передачи измерительной информации составляет соответственно T_{01} , T_{02} , T_{03} , T_{04} , а микроЭВМ T_{05} .

Определить наработку измерительной системы на отказ и вероятность безотказной работы измерительной системы за время t_3 .

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.6 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 6

Последняя цифра шифра	Нарботка на отказ, час					Время t_3 , час
	T_{01}	T_{02}	T_{03}	T_{04}	T_{05}	
0	3000	2500	4000	5000	4000	20
1	3100	2400	4100	4900	4100	40
2	3200	2300	4200	4800	4200	60
3	3300	2200	4300	4700	4300	95
4	3400	2100	4400	4600	4400	30
5	3500	2000	4500	4500	4500	50
6	3600	2600	4600	4400	4600	25
7	3700	2700	4700	4300	4700	35
8	3800	2800	4800	4200	4800	75
9	3900	2900	4900	4100	4900	85

Задание 2.

На подопытную эксплуатацию поставлена измерительная система. За наблюдаемый период было зафиксировано 10 отказов. Время восстановления составило: $t_{e1}; t_{e2}; t_{e3}; t_{e4}; t_{e5}; t_{e6}; t_{e7}; t_{e8}; t_{e9}; t_{e10}$.

Определить среднее время восстановления измерительной системы и вероятность восстановления за заданное время τ_z .

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 7 по предпоследней цифре собственного шифра, а из табл. 8 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 7

Предпоследняя цифра шифра									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заданное время восстановления τ_z , час									
0,5	1	1,5	2	0,8	0,75	1,2	1,75	0,9	1,4

Таблица 8

Последняя цифра шифра	Время восстановления, час									
	t_{e1}	t_{e2}	t_{e3}	t_{e4}	t_{e5}	t_{e6}	t_{e7}	t_{e8}	t_{e9}	t_{e10}
0	0,2	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,45	0,55	0,6	0,65
1	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4
2	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,15	1,25	1,35	1,35	1,45
3	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
4	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
5	0,25	0,65	1,5	2	0,45	1,2	1,8	0,9	0,35	1,45
6	0,65	1,1	1,6	0,85	0,3	0,95	1,4	2	1,1	0,55
7	0,75	1,4	0,35	0,95	0,75	0,45	1,8	1,2	1	0,85
8	0,9	0,65	0,25	1	0,95	0,2	1,4	1,1	0,9	1,25
9	0,85	0,5	0,35	1,2	0,8	0,45	1,5	1,25	0,55	1,15

Практическое занятие № 5. Расчет показателей долговечности и сохраняемости средств измерений

Цель занятия.

Умение оценивать средний ресурс, срок службы и срок сохраняемости средств измерений.

Задание.

Электронно-лучевой осциллограф имеет следующие показатели долговечности и сохраняемости:

- гамма-процентный ресурс не менее $T_{с.р.γ}$, час;
- гамма-процентный срок службы не менее $T_{сл.γ}$, лет;
- гамма-процентный срок сохраняемости не менее $T_{хр.γ}$, лет для отапливаемых хранилищ;
- гамма-процентный срок сохраняемости не менее $T_{хр.γ}$, лет для неотапливаемых хранилищ;

Определить средний ресурс $T_{с.р.}$, срок службы $T_{сл.}$, срок сохраняемости $T_{хр.}$ для отапливаемых и неотапливаемых хранилищ. Плотность распределения среднего ресурса

са, срока службы и срока сохраняемости подчиняются показательному закону распределения вероятности.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.9 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 9

Последняя цифра шифра	Гамма-процентный ресурс		Гамма-процентный срок службы		Гамма-процентный срок сохраняемости для отапливаемых хранилищ		Гамма-процентный срок сохраняемости для неотапливаемых хранилищ	
	$T_{с.р.г}$ час	$\gamma, \%$	$T_{сл.г}$ лет	$\gamma, \%$	$T_{зр.г}$ лет	$\gamma, \%$	$T_{зр.г}$ лет	$\gamma, \%$
0	10000	95	6	95	10	90	5	95
1	9000	90	7	90	9	95	4	90
2	8000	85	8	85	8	85	3	85
3	10000	80	9	80	7	80	5	80
4	9000	75	10	75	6	75	4	75
5	8000	70	6	70	10	70	3	70
6	10000	65	7	65	9	65	5	65
7	9000	60	8	60	8	60	4	60
8	8000	55	9	55	7	55	3	55
9	10000	50	10	50	6	50	5	50

Практическое занятие № 6. Расчет комплексных показателей надежности

Цель занятия.

Умение оценивать коэффициент готовности и коэффициент оперативной готовности средств измерений по статистическим данным.

Задание.

Измерительная система состоит из 10 измерительных приборов вместе с каналом управления и передачи измерительной информации. Причем отказ любого из измерительных приборов ведет к отказу измерительной системы. Известно, что за наблюдаемый период i -й измерительный прибор в течение времени наработки t_i отказал n_i раз. Среднее время восстановления i -го измерительного прибора составляет t_{ei} .

Для измерительной системы определить:

- среднюю наработку отказ;
- среднее время восстановления;
- коэффициент готовности;
- вероятность безотказной работы в течение времени τ ;
- коэффициент оперативной готовности за время τ .

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.10 по последней четной или нечетной цифре собственного шифра наработку и количество отказов i -го СИ. По предпоследней четной или нечетной цифре собственного шифра среднее время восстановления i -го СИ. По последней цифре собственного шифра время, в течение которого определяется вероятность безотказной работы и коэффициент оперативной готовности измерительной системы.

Таблица 10

Номер СИ	Наработка i -го СИ t_b , час		Количество отказов i - го СИ $n_i(t)$		Среднее время восста- новления i -го СИ t_{si} , час		Последняя цифра шифра	Время τ , час
	Последняя цифра шифра				Предпоследняя цифра шифра			
	четная	нечетная	четная	нечетная	четная	нечетная		
1	952	930	10	12	1,2	1,4	0	50
2	860	800	12	14	1,1	1,15	1	60
3	800	840	5	4	0,8	0,65	2	70
4	850	810	7	9	0,6	0,75	3	80
5	720	760	5	7	1,5	1,1	4	90
6	700	730	7	5	0,7	0,95	5	95
7	750	780	9	7	0,9	0,85	6	55
8	900	940	15	12	0,6	0,45	7	65
9	910	970	11	16	1,4	1,75	8	75
10	680	640	6	8	1,15	1,25	9	85

**Практическое занятие № 7. Расчет влияния
на надежность элементов электрического режима
и условий работы**

Цель занятия.

Умение оценивать интенсивность отказов элементов в зависимости от окружающей температуры, электрического режима и условий эксплуатации и относительной влажности.

Задание.

Блок питания измерительного генератора состоит N_{np} транзисторов, N_k конденсаторов и N_p резисторов. Все элементы блока питания работают в нормальный период эксплуатации. Наименование и тип элемента, температура, коэффициент электрической нагрузки, условия эксплуатации и относительная влажность приведены в табл.11 и табл.12.

Определить:

- среднюю наработку блока питания до первого отказа;
- вероятность безотказной работы блока питания в течение t часов.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.11 по предпоследней четной или нечетной цифре собственного шифра, а по табл.12 по последней четной или нечетной цифре собственного шифра.

Таблица 11

Предпо- следняя цифра шифра	Условия эксплуатации		Поправочный коэффициент α_3		Время рабо- ты t , час
	Вибрации α_1	Ударные нагрузки α_2	Относительная влажность, %	Температура, °C	
нечетная	автомобильные		92	25	8
	1,35	1,08	2,0		
четная	железнодорожные		95	35	10
	1,4	1,1	2,5		

Таблица 12

Последняя цифра шифра	Наименование и тип элемента	Количество элементов			Режим работы	
		Транзисторов N_{tr} шт.	Резисторов N_{res} шт.	Конденсаторов N_{co} шт.	Температура, °C	Коэффициент нагрузки, K_n
нечетная	Транзисторы высокочастотные кремниевые	3			55	0,8
четная	Транзисторы высокочастотные германиевые	4			50	0,75
нечетная	Резисторы МЛТ		6		45	0,6
четная	Резисторы ОМЛТ		7		50	0,7
нечетная	Резисторы переменные проволочные		3		40	0,8
четная	Резисторы переменные проволочные		2		45	0,85
нечетная	Конденсаторы стеклокерамические СКМ			2	60	0,7
четная	Конденсаторы слюдяные			1	40	0,6
нечетная	Конденсаторы с керамической изоляцией			1	50	0,8
четная	Конденсаторы с металлобумажной изоляцией БМТ			2	40	0,5

Практическое занятие № 8. Расчет показателей надежности проектируемого средства измерения

Цель занятия.

Умение оценивать показатели надежности проектируемого средства измерений и овладение методами оценки показателей надежности средств измерений на этапе проектирования.

Задание.

Исходными данными для выполнения данного задания являются:

1. Принципиальная электрическая схема средства измерений (выдается преподавателем).

2. Максимальные значения интенсивностей отказов элементов и среднего времени восстановления (определяется студентом самостоятельно по табл. 30 прил.2 и табл. 31 прил.3).

3. Значения обобщенного эксплуатационного коэффициента K , для помещений с регулируемой температурой и влажностью выбирают равным 1,1.

4. Значения заданного времени наработки $\tau_{\text{зн}}$ при расчете вероятности безотказной работы СИ выбирают из табл.19 по последней цифре собственного шифра студента.

5. Гамма-процентная наработка до отказа определяется при $\gamma=90\%$.

6. Значение заданного времени восстановления $\tau_{\text{зв}}$ при расчете вероятности восстановления в заданное время выбирают из табл.19 по последней цифре собственного шифра студента.

7. Гамма-процентный срок службы определяется при $\gamma=95\%$ и среднем сроке службы 10 лет.

8. Гамма-процентный срок сохраняемости СИ определяется при $\gamma=90\%$ и среднем сроке сохраняемости 5 лет.

9. Значение заданного времени непрерывной работы $\tau_{\text{зр}}$ при определении коэффициента оперативной готовности СИ выбирают из табл.13 по последней цифре собственного шифра.

Расчетные показатели надежности свести в табл.14.

Составить план доклада и подготовить устное выступление по результатам расчета показателей надежности СИ.

Таблица 13

Последняя цифра шифра	Значение заданного времени		
	Наработка $\tau_{\text{зн}}$, час	Восстановления $\tau_{\text{зв}}$, час	Непрерывной работы $\tau_{\text{зр}}$, час
0	1000	1	10
1	1100	2	9
2	1200	3	8
3	1300	4	7
4	1400	5	6
5	1500	1	5
6	1600	2	4
7	1700	3	3
8	1800	4	2
9	1900	5	1

Таблица 14

N п/п	Наименование показателя надежности	Расчетное значение
1	Наработка на отказ, час	
2	Вероятность безотказной работы за заданное время наработки $\tau_{3\pi} = \dots$ час	
3	Гамма-процентная наработка до отказа при $\gamma = 90\%$, час	
4	Среднее время восстановления, час	
5	Вероятность восстановления за заданное время $\tau_{3\pi} = \dots$ час.	
6	Коэффициент готовности	
7	Вероятность безотказной работы за заданное время непрерывной работы $\tau_{3\pi} = \dots$ час	
8	Коэффициент оперативной готовности за заданное время непрерывной работы $\tau_{3\pi} = \dots$ час	
9	Гамма-процентный срок службы при $\gamma = 95\%$, лет	
10	Гамма-процентный срок сохраняемости при $\gamma = 90\%$, лет	

**Практическое занятие № 9. Определение
количественных значений характеристик надежности средств измерений
по результатам испытаний**

Цель занятия.

Умение оценивать показатели безотказности средств измерений по результатам испытаний.

Задание 1.

План $[N, B, N]$. При испытании $N = 10$ средств измерений до выхода их из строя получены следующие значения наработки в часах $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$.

Требуется определить:

1. Оценку $\tilde{\lambda}$ интенсивности отказов λ .
2. Верхнюю доверительную границу $\lambda_с$ с доверительной вероятностью 0,90.
3. Оценку средней наработки до отказа \tilde{T} и его нижнюю границу с вероятностью 0,90.
4. Двусторонний доверительный интервал для λ при $P = 0,90$ и $\alpha = \beta = 0,05$.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.15 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 15

Последняя цифра шифра	Наработка до отказа i -го средства измерений в часах									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
0	300	350	500	850	900	550	950	600	650	700
1	200	450	400	750	850	480	990	420	890	780
2	570	350	720	870	990	430	390	640	690	980
3	470	680	220	790	670	380	460	910	580	850
4	380	470	920	870	490	420	960	750	970	120
5	280	780	860	580	610	760	700	110	180	990
6	490	330	340	490	870	480	690	150	930	300
7	910	870	120	970	930	880	210	310	400	490
8	560	680	890	790	270	380	820	490	160	250
9	620	540	270	580	480	950	490	780	110	980

Указания.

Выполнение данного задания проводится в следующей последовательности.

1. Определение суммарной наработки СИ по формуле:

$$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_i. \quad (1)$$

2. Определение оценки интенсивности отказов по формуле:

$$\tilde{\lambda} = \frac{n}{t_{\Sigma}}. \quad (2)$$

3. Определение верхней доверительной границы интенсивности отказов с доверительной вероятностью $P = 0,90$ по формуле:

$$\lambda_{*} = \frac{\chi^2_{(P)(2N)}}{2 \cdot t_{\Sigma}}. \quad (3)$$

По табл. 32 прил.4 «Квантили распределения хи-квадрат» при доверительной вероятности $P = 0,90$ и числе степеней свободы $k = 2N$ определяем χ^2 .

4. Определение оценки средней наработки до отказа и его нижней границы по формулам:

$$\tilde{T} = \frac{1}{\tilde{\lambda}}, \quad (4)$$

$$T_{*} = \frac{1}{\lambda_{*}}. \quad (5)$$

5. Определение двустороннего доверительного интервала для λ при $P = 0,90$ и $\alpha = \beta = 0,05$ по формулам:

$$\lambda_* = \frac{\chi^2_{(\beta)(2N)}}{2 \cdot t_z}, \quad (6)$$

$$\lambda_* = \frac{\chi^2_{(1-\alpha)(2N)}}{2 \cdot t_z}. \quad (7)$$

По табл.32 прил.4 при вероятности β и числе степеней свободы $k=2N$ определяем $\chi^2_{(\beta)(2N)}$, а при вероятности $1-\alpha$ соответственно $\chi^2_{(1-\alpha)(2N)}$.

Задание 2.

По техническим условиям напряжение на выходе генератора сигналов низкочастотного должно составлять $(U \pm \Delta U)$ В. После испытания 20 генераторов получены оценки среднего значения \bar{U}

и среднеквадратического значения S_u . Оценить вероятность выполнения технических условий работы генератора по данному параметру.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.16 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 16

Параметр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_n, В$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\pm \Delta U, В$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1
Оценка параметра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{U}, В$	1,05	0,98	2,1	1,95	4,8	4,9	10,3	10,1	14,5	15,2
$S_u, В$	0,08	0,09	0,12	0,13	0,18	0,19	0,3	0,35	0,8	0,9

Указания.

Если рассматриваются постепенные отказы, а выполнение технических условий определяется вероятностью того, напряжение U сигнала на выходе генератора не выйдет за допустимые пределы $U_{\text{дв}} = U_n + \Delta U$ и $U_{\text{дн}} = U_n - \Delta U$, ($U_{\text{дн}} \leq U \leq U_{\text{дв}}$), то оценка вероятности производится по формуле:

$$\tilde{P}(U) = \Phi\left(\frac{U_{\text{дв}} - \bar{U}}{S_u}\right) - \Phi\left(\frac{U_{\text{дн}} - \bar{U}}{S_u}\right) \quad (8)$$

с использованием табл. 29 прил.1 «Значения нормированной функции Лапласа».

Практическое занятие № 10. Расчет надежности программного обеспечения средств измерений

Цель занятия.

Умение ориентировочно оценивать единичные показатели надежности программного обеспечения средств измерений на различных этапах создания программно-управляемого изделия.

Задание.

Рассчитать вероятность того, что ошибки программного обеспечения средств измерений не проявятся на различных этапах отработки программ в интервале $0 - t$.

Предполагать, что программные ошибки подчиняются экспоненциальному распределению.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.17 по предпоследней цифре собственного шифра, а из табл.18 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 17

Интервал времени t , час	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	100	90	80	70	60	140	110	120	130	50

Таблица 18

Период отработки программы	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Интенсивность программных ошибок z , час ⁻¹									
Начальный период комплексной отладки	0,05		0,08		0,09		0,1	0,12		0,13
Завершение комплексной отладки	0,01		0,03		0,07			0,06		0,08
Начальный период опытной эксплуатации	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$		$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
Завершение опытной эксплуатации	$0,5 \cdot 10^{-4}$			$3,5 \cdot 10^{-4}$				$2,5 \cdot 10^{-4}$		$5 \cdot 10^{-4}$

Практическое занятие № 11. Расчет метрологической надежности средств измерений

Цель занятия.

Умение оценивать единичные показатели метрологической надежности средств измерений на этапе опытной эксплуатации.

Задание.

На опытную эксплуатацию было поставлено N средств измерений. Опытная эксплуатация проводилась L лет. Суммарная наработка средств измерений за L лет составила τ часов. За этот период M средств измерений имели метрологические отказы. Доля метрологических характеристик, не охваченных встроенным контролем составляет K_m , а усредненная оценка коэффициента скрытых отказов приборов-аналогов, характеризующих долю метрологических отказов составляет K_c . Первоначально установленный МПИ составляет $\tau_{\text{мпи}}$ месяцев, наработка на отказ T часов.

Определить:

- коэффициент использования средств измерений за L лет;
- вероятность сохранения значений метрологических характеристик в заданных пределах в течение МПИ.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.19 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 19

Последняя цифра шифра	Наименование средств измерений	N , шт.	L , лет	τ , час ($\times 10^5$)	$\tau_{\text{мпи}}$, мес.	M , шт.	K_m	K_c	Наработка на отказ T , час
0	Электронные осциллографы	100	2	1,25	24	10	0,5	0,16	7000
1	Электронные вольтметры	150	3	2,5	36	13	0,3	0,15	8000
2	Электронно-счетные частотомеры	90	1	0,75	12	11	0,6	0,18	3000
3	Генераторы измерительные высокочастотные	125	2	1,35	24	14	0,4	0,2	2500
4	Анализаторы спектра	85	1	0,65	12	8	0,4	0,17	2000
5	Измерители мощности	130	2	1,95	24	15	0,35	0,23	3000
6	Генераторы импульсные	110	2	1,55	24	13	0,35	0,19	3500
7	Приборы для измерения разности фаз	115	2	1,45	24	14	0,3	0,21	3000
8	Приборы для измерения характеристик радиоустройств	90	1	0,85	12	7	0,35	0,14	3000
9	Усилители измерительные	95	3	2,85	36	10	0,2	0,13	6000

Практическое занятие № 12. Расчет межповерочных интервалов средств измерений

Цель занятия.

Умение рассчитывать и корректировать межповерочный интервал средств измерений на этапе эксплуатации.

Задание 1.

В техническом описании на рабочее средство измерений задана средняя наработка на отказ T_0 (часах), коэффициент использования СИ $K_{\text{СИ}}$, коэффициент метрологических отказов χ . Требуемый уровень метрологической надежности составляет $P_{\text{м.тр.}}$.

Определить:

- среднюю наработку на метрологический отказ $T_{\text{ом}}$;
- первичный межповерочный интервал $\tau^{\text{п}}$.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.20 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 20

Последняя цифра шифра	Наименование средств измерений	Коэффициент метрологических отказов χ	Коэффициент использования СИ $K_{\text{СИ}}$	Требуемый уровень метрологической надежности $P_{\text{м.тр.}}$	Наработка на отказ T_0 , час
0	Электронные осциллографы	0,28	0,062	0,85	5000
1	Электронные вольтметры	0,36	0,24	0,9	6000
2	Электронно-счетные частотомеры	0,4	0,051	0,85	2500
3	Измерители импеданса	0,21	0,044	0,9	3000
4	Анализаторы спектра	0,28	0,054	0,85	1500
5	Генераторы НЧ	0,4	0,022	0,9	2500
6	Щитовые СИ электрических величин	0,22	0,21	0,85	4500
7	СИ давления	0,27	0,49	0,9	2000
8	СИ расхода жидкости	0,25	0,34	0,85	2000
9	СИ температуры	0,23	0,28	0,9	4000

Задание 2.

Скорректировать межповерочный интервал рабочих средств измерений с учетом результатов эксплуатации, если межповерочный интервал, установленный для эксплуатируемых средств составляет τ лет. Количество поверяемых средств измерений N штук, количество средств измерений имеющих метрологические отказы составило M штук. Требуемый уровень метрологической надежности составляет $P_{\text{м.тр.}}$.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.21 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 21

Предпо- следняя цифра шиф-	Межповероч- ный интервал τ , лет	Количество поверяемых СИ N , шт.	Количество СИ с метрологическими от- казами M , шт	Требуемый уровень метрологической надежности $P_{м.тр.}$
0	2	1300	120	0,85
1	1	1400	132	0,9
2	3	1500	145	0,85
3	1	1600	151	0,9
4	2	1700	164	0,85
5	3	1800	172	0,9
6	1	1900	183	0,85
7	2	1350	121	0,9
8	3	1450	136	0,85
9	2	1550	148	0,9

Практическое занятие № 13. Расчет производственных допусков на параметры

Цель занятия.

Умение расчета производственного допуска на параметры средств измерений.

Задание.

Определить производственный допуск на выходной параметр (постоянная времени) RC -цепи. В RC -цепи использованы дискретные элементы.

Для параметра R принимаем гипотезу о равномерном законе распределения вероятности, так как его предельные относительные отклонения относительно малы. Следовательно, коэффициент относительного рассеивания $K_R = \sqrt{3}$.

Для параметра C принимаем гипотезу о нормальном законе распределения вероятности, так как его предельные относительные отклонения достаточно широкие. Следовательно, коэффициент относительного рассеивания $K_C = 1$.

Коэффициенты влияния параметров R и C принимаем равными $B_R = B_C = 1$. Так как элементы R и C дискретные, то принимаем, что корреляционная зависимость между ними отсутствует и $r_{RC} = 0$.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.22 по последней цифре собственного шифра.

Параметры RC-цепи	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_n , кОм	1		2		5		10		20	
Допуск δ_{R_n} , %	+5	+2	+4	+8	+6	+8	+6	+5	+3	+4
Допуск δ_{R_n} , %	-5	-5	-3	-3	-5	-5	-3	-4	-5	-6
C_n , мкФ	1		2		5		10		20	
Допуск δ_{C_n} , %	+9	+5	+7	+5	+4	+10	+20	+15	+15	+20
Допуск δ_{C_n} , %	-6	-9	-9	-6	-9	-15	-10	-8	-15	-5

Указания.

1. На основании исходных данных определяем необходимые параметры для определения производственного допуска формулам:

$$\delta\left(\frac{\Delta\tau}{\tau}\right)_{np} = \sqrt{B_R^2 \cdot \left(\delta\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{np}\right)^2 \cdot K_R^2 + B_C^2 \cdot \left(\delta\left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{np}\right)^2 \cdot K_C^2}, \quad (9)$$

где

$$\delta\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{np} = \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{\max} - M\left(\frac{\Delta R}{R}\right), \quad (10)$$

$$M\left(\frac{\Delta R}{R}\right) = \frac{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_* + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_*}{2}, \quad (11)$$

$$\delta\left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{np} = \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_{\max} - M\left(\frac{\Delta C}{C}\right), \quad (12)$$

$$M\left(\frac{\Delta C}{C}\right) = \frac{\left(\frac{\Delta C}{C}\right)_* + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)_*}{2}, \quad (13)$$

$$M\left(\frac{\Delta\tau}{\tau}\right)_{np} = K_R \cdot M\left(\frac{\Delta R}{R}\right) + K_C \cdot M\left(\frac{\Delta C}{C}\right). \quad (14)$$

2. Определяем производственный допуск, который может быть установлен в виде

$$\Delta_{np} = M\left(\frac{\Delta\tau}{\tau}\right)_{np} \pm \delta\left(\frac{\Delta\tau}{\tau}\right)_{np}, \quad (15)$$

$$M\left(\frac{\Delta \tau}{\tau}\right)_{np} = M\left(\frac{\Delta R}{R}\right) + M\left(\frac{\Delta C}{C}\right). \quad (16)$$

Практическое занятие № 14. Расчет надежности средств измерений по постепенным отказам

Цель занятия.

Умение оценивать показатели безотказности средств измерений по постепенным отказам.

Задание 1.

Напряжение постоянного тока блока питания измерительного прибора аппроксимируется линейной функцией

$$U(t) = U_0 + ct, \quad (17)$$

где U_0 и c – случайные величины, которые подчиняются нормальному закону распределения вероятности с параметрами $\bar{U}_0, \sigma_{U_0}, \bar{c}, \sigma_c$.

Требуется определить вероятность того, что за время t напряжение не достигает верхнего допустимого значения $U_{де}$.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.23 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 23

Параметр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{U}_0, В$	+5	-5	+12	-12	+20	-20	+25	+25	+50	-50
$\sigma_{U_0}, В$	0,25		0,7		1,5		2		4	
$\bar{c}, В/ч$	$4 \cdot 10^{-4}$		$9 \cdot 10^{-4}$		$8 \cdot 10^{-4}$		$3 \cdot 10^{-3}$		$4 \cdot 10^{-3}$	
$\sigma_c, В/ч$	$2 \cdot 10^{-3}$		$6 \cdot 10^{-3}$		$5 \cdot 10^{-3}$		$7 \cdot 10^{-3}$		$3 \cdot 10^{-3}$	
$U_{де}, В$	+5,5	-4,5	+13	-11	+22	-22	+25	-25	+55	-55
$t, час$	600		700		800		900		1000	

Указания.

1. Определяем тренд среднего значения функции $U(t)$ по формуле:

$$\bar{U}(t) = \bar{U}_0 + \bar{c} \cdot t. \quad (18)$$

2. Определяем тренд среднего квадратического значения функции $U(t)$ по формуле:

$$\sigma_u(t) = \sqrt{\sigma_{U_0}^2 + \sigma_c^2 \cdot t^2}. \quad (19)$$

3. Вычисляем вероятность того, что напряжение постоянного тока блока питания измерительного прибора за время t не выйдет за верхнее допустимое значение $U_{де}$ по формуле:

$$P(t) = \Phi\left(\frac{U_{де} - U(t)}{\sigma_u(t)}\right) \quad (20)$$

с использованием табл.29 прил.1 «Нормированная функция Лапласа.

Практическое занятие № 15. Расчет показателей безотказности при наличии постоянного резервирования

Цель занятия.

Умение оценивать показатели безотказности технических устройств СИ при общем резервировании с постоянно включенным резервом.

Задание.

Дан блок СИ, схема расчета надежности которого изображена на рис. 1. Блок состоит из двух (I и II) неравнонадежных субблоков. Субблок I состоит из четырех узлов:

- а) дублированного узла с постоянно включенным резервом, причем каждая часть узла состоит из трех последовательно соединенных элементов расчета;
- б) резервируемого узла с кратностью 1/1;
- в) узла с одним нерезервируемым элементом;
- г) резервируемого узла с кратностью 1/2.

Элементы каждого из узлов субблока I равнонадежны.

Субблок II представляет собой нерезервируемое устройство, надежность которого известна.

Необходимо найти вероятность безотказной работы блока средства измерений при известных вероятностях безотказной работы ее элементов.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.24 по последней цифре собственного шифра, из табл.25 по предпоследней цифре собственного шифра.

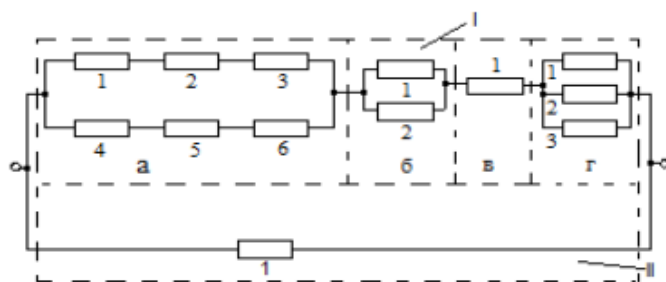


Рис. 1. Схема расчета надежности блока средства измерений

Таблица 24

Последняя цифра шифра	Вероятность безотказной работы элементов расчета субблока I средства измерений			
	Узел - а	Узел -б	Узел -в	Узел -г
0	0,85	0,80	0,90	0,75
1	0,86	0,81	0,91	0,76
2	0,87	0,82	0,92	0,77
3	0,88	0,83	0,93	0,78
4	0,89	0,84	0,94	0,79
5	0,90	0,85	0,95	0,80
6	0,91	0,86	0,90	0,81
7	0,92	0,87	0,91	0,82
8	0,93	0,88	0,92	0,83
9	0,94	0,89	0,93	0,84

Таблица 25

Предпоследняя цифра шифра	Вероятность безотказной работы элемента расчета субблока II средства измерений
0	0,98
1	0,97
2	0,96
3	0,95
4	0,94
5	0,93
6	0,92
7	0,91
8	0,90
9	0,99

Практическое занятие № 16. Расчет показателей безотказности при наличии резервирования замещением

Цель занятия.

Умение оценивать показатели безотказности средств измерений при резервировании замещением.

Задание 1.

Вероятность безотказной работы измерительного канала одноканальной измерительной системы в течение t часов равна P . Для повышения надежности измерительной системы имеется дополнительный измерительный канал, который включается в работу при отказе основного. Требуется рассчитать вероятность безотказной работы $P_{ис}$ в течение времени t и среднюю наработку до первого отказа $T_{ср}$ измерительной системы, состоящей из двух каналов, а также построить зависимость от времени интенсивности отказов $\lambda(t)$ системы.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл.26 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 26

Параметр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время t , час	1000	1050	950	900	850	800	1100	1150	1200	1250
$P(t)$	0,92	0,93	0,9	0,85	0,83	0,8	0,94	0,95	0,96	0,97

Задание 2.

Измерительная система состоит из N равнонадежных элементов, средняя наработка до первого отказа $T_{ср}$ элемента равна t часов. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы. Основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа $T_{ср}$ системы, а также интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени t часов в следующих случаях:

- нерезервируемой системы;
- дублированной системы при постоянно включенном резерве;
- дублированной системы при включении резерва по способу замещения.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 27 по последней цифре собственного шифра.

Таблица 27

Параметр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество элементов системы N , шт.	10	11	8	9	12	13	14	7	6	15
Средняя наработка до первого отказа элемента $T_{ср}$, час	1000	1100	1500	1550	1800	1700	1600	2000	2100	1900
Время t , час	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140

Практическое занятие № 17. Расчет ЗИП для средств измерений**Цель занятия.**

Умение рассчитывать групповой ЗИП и ЗИП россыпью.

Задание 1.

Рассчитать требуемое количество комплектов ЗИП-Г для ремонтных и метрологических органов по ремонту электронно-лучевых осциллографов, если наработка на отказ прибора составляет не менее T_0 часов. Количество осциллографов ежегодно планируемых к ремонту составляет N_p штук, а период, на который рассчитан комплект ЗИП-Г составляет t_k лет. Количество осциллографов, на которые рассчитаны ЗИП-Г составляет S штук.

Для выполнения задания студент выбирает исходные данные из табл. 28 по последней и предпоследней цифре собственного шифра.

Таблица 28

Параметр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наработка на отказ $T_0 \times (10^3)$, час	3		4		5		6		7	
Количество приборов ежегодно планируемых к ремонту N_p , шт.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Период на который рассчитан ЗИП t_n , лет.	2					3				
Количество приборов, на которое рассчитан ЗИП S , шт.	Предпоследняя цифра шифра									
	10			15				20		

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значения нормированной функции Лапласа

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Таблица 29

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06749	07142	07535
0,2	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409
0,3	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173
0,4	15542	15910	16276	16640	17003	17364	17724	18082	18439	18793
0,5	19146	19497	19847	20194	20540	20884	21226	21566	21904	22240
0,6	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490
0,7	25804	26115	26424	26730	27035	27337	27637	27935	28230	28524
0,8	28814	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0,9	31594	31859	32121	32381	32639	32894	33147	33398	33646	33891
1,0	34134	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36214
1,1	36433	36650	36864	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1,2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40147
1,3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1,4	41924	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43056	43189
1,5	43319	43448	43574	43699	43822	43943	44062	44179	44295	44408
1,6	44520	44630	44738	44845	44950	45053	45154	45254	45352	45449
1,7	45543	45637	45728	45818	45907	45994	46080	46164	46246	46327
1,8	46407	46485	46562	46638	46712	46784	46856	46926	46995	47062
1,9	47128	47193	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47670
2,0	47725	47778	47831	47882	47932	47982	48030	48077	48124	48169
2,1	48214	48257	48300	48341	48382	48422	48461	48500	48537	48574
2,2	48610	48645	48679	48713	48745	48778	48809	48840	48870	48899
2,3	48928	48956	48983	49010	49036	49061	49086	49111	49134	49158
2,4	49180	49202	49224	49245	49266	49286	49305	49324	49343	49361
2,5	49379	49396	49413	49430	49446	49461	49477	49492	49506	49520
2,6	49534	49547	49560	49573	49585	49598	49609	49621	49632	49643
2,7	49653	49664	49674	49683	49693	49702	49711	49720	49728	49736
2,8	49744	49752	49760	49767	49774	49781	49788	49795	49801	49807
2,9	49813	49819	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Максимальные значения интенсивностей отказов элементов средств измерений
(для учебных целей)

Таблица 30

Наименование элемента (группа, вид, тип)	Интенсивность отказов $\times 10^{-6}$ 1/час
1	2
Полупроводниковые цифровые интегральные схемы 4-й степени интеграции	0,60
Полупроводниковые аналоговые интегральные схемы 3-й степени интеграции	0,65
Транзисторы кремниевые малой мощности	0,40
Транзисторы кремниевые средней мощности	0,45
Транзисторы кремниевые большой мощности	0,50
Транзисторы германиевые малой мощности	0,65
Диоды высокочастотные кремниевые	0,20
Стабилитроны	0,30
Диоды выпрямительные	0,15
Резисторы постоянные ОМЛТ	0,40
Резисторы постоянные МЛТ	0,35
Резисторы переменные проволочные	1,20
Конденсаторы керамические	0,05
Конденсаторы бумажные	0,07
Конденсаторы электролитические алюминиевые	0,55
Трансформаторы входные	0,90
Тумблеры, кнопки	0,40
Дроссели высокочастотные	0,25
Платы печатного монтажа	0,20
Гнезда, клеммы	0,70
Переключатели галетные	0,40
Предохранители	5,00
Провод монтажный	0,60
Пайки	0,02
Миллиамперметр	5,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Средние значения времени восстановления элементов средств измерений (для учебных целей)

Таблица 31

Наименование элемента (группа, вид, тип)	$t_{\text{ср}}$, ч
1	2
Цифровые интегральные схемы малой и средней степени интеграции	1,5
Аналоговые интегральные схемы малой и средней степени интеграции	1,2
Транзисторы большой мощности	0,7
Транзисторы средней и малой мощности	0,8
Диоды (кроме выпрямительных)	0,6
Диоды выпрямительные	0,4
Резисторы постоянные	0,5
Резисторы переменные	1,2
Конденсаторы неполярные	1,1
Конденсаторы электролитические	0,55
Блоки выпрямительные	0,4
Диоды (кроме выпрямительных)	0,4
Трансформаторы	2,2
Тумблеры, кнопки	0,6
Трансформаторы	1,3
Платы печатного монтажа	3,0
Пайки	0,5
ТЭЗы устройств цифровой обработки информации	0,5
Соединители (разъемы)	2,0
Переключатели	0,7
Предохранители	0,1
Индикаторные устройства	1,5
Монтажные провода	0,5
Реле	0,6
Шнуры питания	0,3
Сигнальные и индикаторные лампочки	0,2
Дроссели	1,4
Зажимы, гнезда, клеммы	0,8
Стабилитроны	0,5
Миллиамперметр	1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Квантили распределения хи-квадрат

Таблица 32

Число степеней свободы k	Вероятность P					
	0,025	0,05	0,1	0,9	0,95	0,975
1	0,00098	0,0039	0,016	2,71	3,84	5,02
2	0,051	0,103	0,211	4,61	5,99	7,38
3	0,216	0,352	0,584	6,25	7,81	9,35
4	0,484	0,711	1,06	7,78	9,49	11,1
5	0,831	1,15	1,61	9,24	11,1	12,8
6	1,24	1,64	2,20	10,6	12,6	14,4
7	1,69	2,17	2,83	12,0	14,1	16,0
8	2,18	2,73	3,49	13,4	15,5	17,5
9	2,70	3,33	4,17	14,7	16,9	19,0
10	3,25	3,94	4,87	16,0	18,3	20,5
11	3,82	4,57	5,58	17,3	19,7	21,9
12	4,40	5,23	6,30	18,5	21,0	23,3
13	5,01	5,89	7,04	19,8	22,4	24,7
14	5,63	6,57	7,79	21,1	23,7	26,1
15	6,26	7,26	8,55	22,3	25,0	27,5
16	6,91	7,96	9,31	23,5	26,3	28,8
18	8,23	9,39	10,9	26,0	28,9	31,5
20	9,59	10,9	12,4	28,4	31,4	34,2
22	11,0	12,3	14,0	30,8	33,9	36,8
24	12,4	13,8	15,7	33,2	36,4	39,4
26	13,8	15,4	17,3	35,6	38,9	41,9
28	15,3	16,9	18,9	37,9	41,3	44,5
30	16,8	18,5	20,6	40,3	43,8	47,0
35	20,6	22,5	24,8	46,1	49,9	53,2
40	24,4	26,5	29,1	51,8	55,8	59,3
45	28,4	30,6	33,4	57,5	61,7	65,4
50	32,4	34,8	37,7	63,2	67,5	71,4
55	36,4	39,0	42,1	68,8	73,3	77,4
60	40,5	43,2	46,5	74,4	79,1	83,3
65	44,6	47,4	50,9	80,0	84,8	89,2

Приложение А



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет « _____ »
наименование факультета

Кафедра « _____ »
наименование кафедры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Дисциплина (модуль) «Патентование и защита интеллектуальной собственности»
наименование учебной дисциплины (модуля)

Направление подготовки _____
код наименование направления подготовки/специальности

Направленность (профиль) _____

Номер зачетной книжки _____ Номер варианта _____ Группа _____

Обучающийся _____
подпись, дата И.О. Фамилия

Контрольную работу проверил _____ доцент, к.т.н. О.Ю. Сорочкина
подпись, дата должность, И.О. Фамилия

Ростов-на-Дону
202__

