

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Степанов Павел Иванович  
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 17.03.2026 09:09:36  
Уникальный программный ключ:  
8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Новоуральский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

УТВЕРЖДЕНА

Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ

Протокол №1 от 03.02.2025 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**«Основы теории надежности»**

Направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки (специализация)	Электропривод и автоматика
Квалификация (степень) выпускника	Бакалавр
Форма обучения	Очно-заочная

г. Новоуральск, 2025

Семестр	9
Трудоемкость, ЗЕТ	3 ЗЕТ
Трудоемкость, ч.	108 ч.
Аудиторные занятия, в т.ч.:	36 ч.
- лекции	18 ч.
- практические занятия	18 ч.
- лабораторные занятия	
- курсовой проект (работа)	
Самостоятельная работа	72 ч.
Занятия в интерактивной форме	
Форма итогового контроля	зачет с оценкой

Рабочую программу составил доцент кафедры «Промышленной электроники» Манькинн А.Н., к.т.н., доцент, актуализировал гл. энергетик НТИ НИЯУ МИФИ Надыкто Д.В.

## Содержание

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции студента, формируемые в результате освоения учебной дисциплины/ожидаемые результаты образования и компетенции студента по завершении освоения программы дисциплины .....	5
4. Структура и содержание дисциплины .....	7
4.1 Структура дисциплины.....	7
4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения.....	8
4.2.1 Лекции .....	8
4.2.2 Практические занятия .....	9
4.3 Лабораторные работы .....	9
4.4 Расчетные задания.....	9
4.5 Курсовые проекты.....	9
5. Образовательные технологии .....	9
5.1 Самостоятельная работа .....	10
5.1.1 Виды самостоятельной работы, трудоемкость .....	10
5.1.2 Промежуточный контроль успеваемости.....	10
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины .....	11
6.1 Оценочные средства для аттестации по итогам освоения дисциплины .....	11
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	11
7.1 Учебная литература.....	11
7.2 Дополнительная литература.....	11
7.3 Интернет-ресурсы .....	11
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	11

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Целью дисциплины является** изучение принципов оценки и расчёта основных показателей надёжности электронных устройств.

В процессе освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции;
- анализировать различного рода рассуждения, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику;
- способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером;
- способностью работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
- способностью осуществлять анализ исходных данных для расчета надёжности;
- принимать и обосновывать конкретные технические решения при решении задач повышения надёжности.

**Задачами дисциплины являются:**

- познакомить обучающихся с подходами и принципами оценки основных показателей надёжности;
- дать информацию о надёжности современной элементной базы и основных типов активных вакуумных и полупроводниковых элементов и радиотехнических компонентов;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при конструировании узлов с повышенной надёжностью;
- использовать средства вычислительной техники при моделировании отказов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООПВПО

Дисциплина "Основы теории надежности" входит в состав цикла дисциплин по направлению подготовки ВО 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиля подготовки бакалавров "Электропривод и автоматика". Изучение дисциплины рекомендовано РУП осуществлять в девятом семестре 5 курса.

Предшествующий уровень образования – незаконченное высшее образование: 1,2,3,4 курсы вуза (НТИ НИЯУ "МИФИ").

Для успешного освоения курса и формирования и развития необходимых профессиональных компетенций будущего бакалавра у студента при получении предшествующего образования должны быть сформированы компетенции в результате изучения следующих дисциплин:

- Математика
- Информационные технологии

Знания, полученные при освоении дисциплины, необходимы для выполнения бакалаврской выпускной квалификационной работы.

### 3. Компетенции студента, формируемые в результате освоения учебной дисциплины/ожидаемые результаты образования и компетенции студента по завершении освоения программы дисциплины

В результате освоения студентом курса "Основы теории надежности" должны быть сформированы проектно-конструкторские компетенции, необходимые для успешного выполнения всех видов профессиональной деятельности бакалавра профиля "Промышленная электроника".

Тип задачи профессиональной деятельности: проектно-конструкторский

<p><b>ПК-4</b> Способен соблюдать и оценивать параметры пусковых режимов оборудования с обеспечением своевременного и безопасного включения его в работу</p>	<p><b>З-ПК-4</b> Знать: главные схемы и схемы собственных нужд электростанции, способов обеспечения нормальных режимов работы оборудования и предотвращения и/или ликвидации ненормальных и аварийных режимов</p> <p><b>У-ПК-4</b> Уметь: Профессиональный стандарт «24.089. Специалист в области электротехнического обеспечения атомной станции» В/01.6. Техническое и оперативное обслуживание, ремонт, диагностика и наладка генерирующего ЭТО АС (далее - ЭТО АС) 16 выполнять требования нормативно-технической документации, организовывать и контролировать процесс выполнения работ подчиненным оперативным персоналом смены цеха при вводе в работу турбогенераторов, трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов</p> <p><b>В-ПК-4</b> Владеть: навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.089. Специалист в области электротехнического обеспечения атомной станции»</p>	<p>В/01.6. Техническое и оперативное обслуживание, ремонт, диагностика и наладка генерирующего ЭТО АС (далее -ЭТО АС)</p>
--	--	---	---

Воспитательный потенциал обучения проявляется в формировании следующих компетенций:		
<p>- Формирование ответственности и аккуратности в работе с электротехническим оборудованием <b>(B26)</b></p> <p>- Формирование коммуникативных навыков в области эксплуатации электротехнического оборудования <b>(B27)</b></p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала профильной дисциплины «Учебно-исследовательская работа студентов» и иных профильных дисциплин профессионального модуля для: - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач на оборудовании предприятий отраслевой промышленности посредством привлечения действующих специалистов к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием измерительного и технологического оборудования на кафедрах, в лабораториях НТИ НИЯУ МИФИ;</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин Общепрофессионального и профессионального модуля, для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистом профильной подготовки через организацию практикумов на</p>	<p>1.Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с выдающимися учеными и ведущими специалистами отраслей по вопросам тенденций и основных направлений развития полупроводниковой промышленности, научных исследований в области промышленной электроники.</p> <p>2. Участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills.</p> <p>3. Участие в подготовке научных публикаций</p>

	площадках профильных предприятий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.	
--	--	--

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны демонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:**

- основные источники и способы получения научно-технической информации;
- естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по методам расчёта надёжности узлов аналоговой и цифровой схемотехники.

**Уметь:**

- самостоятельно разбираться в основных методиках проектирования и расчета и применять их для решения поставленной задачи;
- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- осуществлять поиск, анализировать научно-техническую информацию и объективно выбирать структуру проектируемого узла;
- выбирать способы повышения надежности в различных системах;

**Владеть:**

- навыками дискуссии по профессиональной тематике;
- основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютера;
- профессиональной терминологией в области теории надёжности;
- информацией о способах повышения надежности и долговечности элементов и устройств;
- навыками применения полученной информации при оценке надёжности приборов и узлов электронных устройств.

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ П/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на <small>раздел</small>	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по разделам)
				лек	прак	лаб	сам.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Надежность: основные понятия и определения	2	9	2			8	3 неделя – Устный опрос
2	Количественные показатели надежности	8	9	4	4		8	4 неделя — Контрольная работа
3	Основные законы, используемые в теории надежности. Законы появления отказов и сбоев	2	9	2			8	

4	Методы расчета надежности резервированной системы	10	9	4	6	16	8 неделя — Устный опрос 10 неделя - Контрольная работа
5	Методы оценки характеристик восстановления электронных устройств	2	9	2		8	
6	Методы расчета надежности резервированной электронной аппаратуры	12	9	4	8	16	16 неделя – Контрольная работа
	Итого:	36		18	18	72	

## 4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

### 4.2.1 Лекции

#### 1. Надежность: основные понятия и определения.

Комплексный характер, влияние степени сложности аппаратуры, конструкции, технологии, элементной базы. Безотказность, ремонтпригодность. Отказы внезапные и постепенные. Долговечность, сохраняемость.

#### 2. Количественные показатели надежности.

Основные показатели безотказности объектов. Вероятность безотказной работы. Вероятность бессбойной работы. Частота отказов. Интенсивность отказов. Средняя наработка до отказа. Параметр потока отказов.

Основные показатели долговечности. Средний срок службы (математическое ожидание срока службы). Средний ресурс (математическое ожидание ресурса). Основные показатели ремонтпригодности. Среднее время восстановления. Интенсивность восстановления.

Комплексные показатели надежности. Функция готовности. Коэффициент готовности. Коэффициент технического использования.

#### 3. Основные законы, используемые в теории надежности. Законы появления отказов и сбоев.

Распределение Вейбулла. Экспоненциальное распределение. Распределение Рэлея. Нормальное распределение (распределение Гаусса). Биномиальное распределение. Геометрическое распределение. Примеры использования законов распределения в расчетах надежности. Определение показателей надежности при экспоненциальном законе распределения. Определение показателей надежности при распределении Рэлея. Определение показателей схемы при распределении Гаусса.

#### 4. Методы расчета надежности резервированной системы. Основные этапы расчета надежности элементов и систем.

Разделение системы на элементы. Формулировка понятие отказа для отдельных элементов и системы в целом. Составление логической схемы расчета надежности. Определение характеристик безотказности всех групп элементов, имеющих основное соединение. Определение характеристик восстановления. Определение характеристик надежности восстанавливаемых элементов. Определение характеристик надежности с учетом резервирования.

#### 5. Методы расчета надежности резервированной системы. Методы оценки надежности при появлении внезапных отказов.

Исходные положения. Методы расчета надежности. Учет влияния режимов работы на интенсивность отказов первичных элементов. Коэффициент нагрузки. Метод поправочных коэффициентов. Коэффициентный метод расчета надежности.

#### 6. Методы расчета надежности резервированной системы. Методы оценки надежности при появлении постепенных отказов. Последовательность оценки безотказности электронных устройств.

Условия работоспособности. Вероятность безотказной работы. Определение допустимого отклонения параметра. Эквивалентная интенсивность отказов. Алгоритм оценки показателей надежности. Расчетно-логическая схема резервированной системы.

#### 7. Методы оценки характеристик восстановления электронных устройств.

Определение вида функции распределения времени обнаружения места появления отказа. Среднее время поиска места появления отказа. Среднее время восстановления. Коэффициент готовности. Коэффициент использования.

*8. Методы расчета надежности резервированной электронной аппаратуры. Основные понятия и определения.*

Понятие избыточности. Виды резервирования: структурное, информационное, временное. Постоянное резервирование. Резервирование замещением. Скользящее резервирование. Нагруженный, облегченный, ненагруженный резерв. Кратность резервирования. Расчетно-логическая схема резервированной системы.

*9. Методы расчета надежности резервированной электронной аппаратуры. Структурное резервирование.*

Общее резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью. Надежность системы с ненагруженным дублированием. Общее резервирование замещением. Надежность системы при раздельном резервировании и с целой кратностью по всем элементам.

*10. Методы расчета надежности резервированной электронной аппаратуры. Информационное и временное резервирование.*

Самокорректирующиеся коды. Приближенный и уточненный анализ надежности систем с информационной избыточностью. Вероятность выполнения за заданное время  $t$  работы объемом  $v$ . Среднее время, затрачиваемое на выполнение за заданное время  $t$  работы объемом  $v$ .

#### **4.2.2 Практические занятия**

На практических занятиях рассматриваются особенности решения типовых задач оценки надёжности различных электронных устройств.

Основные темы практических занятий:

1. Приближенный расчет надежности. Использование элементов теории вероятностей в решении задач надежности электронных устройств.
2. Полный расчет надежности с учетом режимов работы элементов.
3. Примеры приближенного и полного расчета надежности нерезервированных электронных устройств.
4. Расчет показателей надежности с учетом ухода параметров за допустимые пределы.
5. Анализ надежности невосстанавливаемых резервированных систем.

**4.4 Лабораторные работы:** учебным планом не предусмотрены.

**4.5 Расчетные задания:** учебным планом не предусмотрены.

**4.6 Курсовые проекты:** учебным планом не предусмотрены.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации программы дисциплины «Основы теории надежности» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия (36 часов) проводятся в форме лекций, практических занятий. Для контроля усвоения студентами разделов данного курса применяются тестовые технологии: на кафедре формируется специальный банк КИМ в электронном формате.

Самостоятельная работа студентов (72 часа) подразумевает под собой рассмотрение учебного лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к тестам, контрольным работам, и практическим занятиям, выполнению домашних заданий. Виды самостоятельной работы и их трудоемкость подробнее описаны в п. 5.1.1.

Для повышения уровня знаний студентов по курсу «Основы теории надежности» в течение семестра организуются консультации преподавателей (согласно графику консультаций кафедры «Промышленной электроники» на весенний семестр). Во время консультационных занятий:

- проводится объяснение непонятных для студентов разделов теоретического курса;
- разъясняются алгоритмы решения задач индивидуальных домашних заданий;
- принимаются задолженности по тестовым и контрольным работам;

## 5.1 Самостоятельная работа – 72 часа

### 5.1.1 Виды самостоятельной работы, трудоемкость

№ п/п	Виды самостоятельной работы, разделы курса	Часы
1	2	3
1	<b>Подготовка к практическим занятиям: П1-П8</b>	1 час/занятие
2	<b>Подготовка к контрольным аудиторным работам:</b> -КР1. Тема: Приближенный расчет надежности при внезапных отказах/Раздел 2; -КР2. Тема: Полный расчет надежности с учетом режимов работы элементов/Раздел 4; -КР3. Тема: Расчет надежности невосстанавливаемых резервированных электронных устройств/Раздел 6	2 2 4
3	<b>Подготовка к тестовым аудиторным работам:</b> - Т 1. Тема: Надежность: основные понятия и определения./Раздел 1; -Т2.Тема: Количественные характеристики надежности /Раздел 2; -Т3. Тема: Основные законы, используемые в теории надежности. Законы появления отказов и сбоев/Раздел 3 - Т 4.Тема: Основные этапы расчета надежности элементов и систем /Раздел 4; -Т5.Тема: Методы оценки надежности устройств, при появлении постепенных отказов /Раздел 4; - Т6.Тема: Характеристики восстановления электронных устройств./Раздел 5 -Т7. Тема: Методы расчета надежности резервированной электронной аппаратуры. Основные понятия и определения./Раздел 6 -Т8 Тема: Структурное резервирование без восстановления/Раздел 6 Т9 Тема: Структурное резервирование с восстановлением/Раздел 6 Т10 Тема: Расчет надежности аппаратуры с информационной и временной избыточностью/Раздел 6	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
4	<b>Выполнение домашнего задания:</b> ДЗ. Тема 1: Статистическая оценка показателей надежности аппаратуры по результатам эксплуатации. Тема 2: Оценка надежности аппаратуры по результатам специальных испытаний. Тема 3: Расчет надежности программного обеспечения и аппаратных средств систем передачи данных. Тема 4: Прогнозирование технического состояния элементов и систем.	16
5	<b>Подготовка к зачету</b>	4

### 5.1.2 Промежуточный контроль успеваемости

#### 5.1.2.1 Выполнение домашних заданий

Для закрепления и углубления знаний в течение семестра студенты выполняют домашнее задание по темам, приведенным в п. 5.1.1. Сроки сдачи домашнего задания приведены в календарном плане курса.

### 5.1.2.2 Подготовка к контрольным и тестовым работам

Сроки проведения аудиторных контрольных мероприятий указаны в календарном плане курса. Темы контрольных аудиторных работ КР1, КР2, КР3 указаны в п.5.1.1, темы тестовых работ Т1 – Т10 приведены в п.5.1.1

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 6.1 Оценочные средства для аттестации по итогам освоения дисциплины

Итоговый контроль по окончании освоения дисциплины «Основы теории надежности» проводится в форме зачета.

*Критерии для получения допуска к зачету:*

- посещение не менее 85% лекционных занятий с предоставлением конспекта материала лекций по темам пропущенных занятий;
- успешное выполнение тестовых заданий Т1-Т10 (не менее 85% правильных ответов в связи с небольшим количеством вопросов);
- успешное выполнение контрольных аудиторных работ КР1-КР3;
- правильное выполнение домашнего задания ДЗ;

Если студент в течение семестра пропускает более 20 % аудиторных занятий без уважительной причины, то он допускается к зачету после сдачи всех контрольных заданий и выполнении дополнительной контрольной (тестовой) работы (написание работы проводится во время консультационных занятий).

В течение осенней сессии студенты 4 курса сдают зачет в письменной форме. Варианты задач приводятся в УМК дисциплины. Билет включает в себя две расчетные задачи по различным разделам.

Студент имеет право пользоваться на зачете специальной справочной литературой.

Если студент справился с одной задачей и может показать знание основных понятий теории надежности, продемонстрировать приобретенные навыки, он получает зачет.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Учебная литература.

7.1.1 Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В. Основы теории надёжности автоматических систем управления. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 208с

7.1.2 Манькин А.Н. Надежность электротехнических устройств. Сборник задач для практических занятий по курсу “Надежность электротехнических устройств”– Новоуральск: НТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – 40 с.

7.1.3 Животкевич И.Н. Надежность технических изделий/И.Н.Животкевич, А.П.Смирнов; Техн. б-ка ин-та испытаний и сертификации вооружения и военной техники. – М.:Олита, 2003.-472 с.

### 7.2 Дополнительная литература.

7.2.1 Надёжность автоматизированных систем управления /Под ред. Хетагурова Я.А. – М.: Высшая школа, 1979. – 287с.

7.2.2 Бессонов А.А., Мороз А.В. Надёжность систем автоматического управления. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 216с.

7.2.3 Сборник задач по теории надёжности /Под ред. Паловко А.М. и Маликова И.М. – М.: Советское радио, 1972. – 408с.

7.2.4 Снегирёв А.А. Сборник задач по надёжности САУ. – М.: МИФИ, 1978. – 88с.

7.2.5 Голинкевич Т.А. Прикладная теория надёжности – М.: Высшая школа, 1985. – 168с.

7.2.6 Чуканов В.О. Надежность программного обеспечения и аппаратных средств систем передачи данных атомных электростанций. Учебное пособие - Москва: МИФИ, 2008.- 168 с.

### 7.3 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения освоения дисциплины на кафедре «Промышленная электроника» есть учебная аудитория, снабженная мультимедийными средствами для показа материалов к некоторым

разделам лекций и практических занятий.

## **8 Фонд оценочных средств находится на кафедре промышленная электроника**

Примеры заданий для практических занятий и зачета.

### **Расчёт показателей надёжности восстанавливаемых объектов**

#### **Задача 1**

При эксплуатации системы было зарегистрировано  $n = 4$  отказа. Распределение времени между отказами 1 – 2500 ч, 2 – 2400 ч, 3 – 1500 ч, 3 – 2100 ч. Необходимо найти величину наработки на отказ, параметр потока отказов, вероятность безотказной работы на момент времени  $t = 2000$  ч.

#### **Задача 2**

При эксплуатации системы было зарегистрировано  $n = 4$  отказа. Распределение времени восстановления по отказам 1 – 107 мин, 2 – 119 мин, 3 – 126 мин, 3 – 128 мин. Необходимо найти величину среднего времени восстановления системы, параметр потока восстановлений, вероятность восстановления за 2 час и 10 час.

#### **Задача 3.**

Система состоит из 5 приборов, причем отказ любого из них ведет к отказу всей системы. Известно, что первый прибор отказал 3 раза в течение 950 час работы, второй – 2 раза в течение 960 час работы, а остальные приборы в течение 1200 час работы отказали 4, 6, 5 раз соответственно.

Требуется определить наработку на отказ системы в целом, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из пяти приборов.

#### **Задача 4.**

В ходе испытаний 1000 усилителей в течение 500 час зафиксировано 2 отказа. Восстановление отказавших усилителей производилось мгновенно. Определить параметр потока отказов, наработку на отказ, вероятность безотказной работы за время 500 ч.

#### **Задача 5.**

В ходе эксплуатации 1000 ед. усилителей в течение 500 час зафиксировано 5 отказов. Отказавшие усилители ремонтировались. Из 5 отказавших усилителей 2 были отремонтированы. Определить параметр потока восстановлений, время восстановления, вероятность восстановления.

#### **Задача № 6**

На испытание поставлено 1000 реле. За 2000 часов отказало 80 реле, которые немедленно были заменены новыми. Определить параметр потока отказов на интервале времени 0...2000 часов.

### **Расчет комплексных показателей надежности.**

#### **Задача 1**

Система имеет среднюю наработку на отказ  $T = 100$  ч, среднее время восстановления  $T_B = 2$  ч. Определить  $K_T$ ,  $K_D$ .

#### **Задача 2**

Определить среднее время восстановления системы  $T_B$ , если известны ее  $K_T = 0,95$ , наработка на отказ  $T = 1000$  ч.

### Задача 3.

За период эксплуатации системы длительностью 1000ч зафиксировано 4 отказа. Время восстановления после каждого отказа составило:  $t_{B1} = 1$  ч,  $t_{B2} = 1,5$  ч,  $t_{B3} = 0,5$  ч,  $t_{B4} = 1,2$  ч.

В процессе эксплуатации проводились профилактические работы, общая продолжительность которых составила 10 часов.

Требуется определить  $K_T$ ,  $K_{Ц}$ ,  $K_{ОГ}$ ,  $K_{ТИ}$

### Задача 4

Система состоит из 4-х элементов, причем отказ любого из элементов приводит к отказу всей системы.

Интенсивности отказов элементов

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^{-4}, \lambda_2 = 2 \cdot 10^{-4}, \lambda_3 = 9 \cdot 10^{-4}, \lambda_4 = 6 \cdot 10^{-4}.$$

Интенсивности восстановления для всех элементов одинакова и равна  $\mu = 0,4$

Требуется определить  $K_T$

## Расчет надежности резервированных невосстанавливаемых систем

### Задача 1

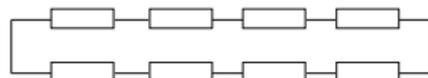
Основная функционально-необходимая система представляет собой последовательное (в смысле надежности) соединение элементов. Число элементов  $n = 4$ . Интенсивность отказов у каждого из элементов равна  $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-3}$ . Определить показатели надежности системы без резервирования и при различных методах резервирования на момент времени 1000 час, при кратности резервирования  $m = 1$ ,  $m = 2$ . Сравнить эффективность методов резервирования.

Решение.

#### 1. Для основной нерезервированной системы



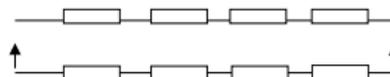
#### 2. Общее горячее резервирование



#### 3. Раздельное горячее резервирование



#### 4. Общее холодное резервирование



Дополнения и изменения в рабочей программе

на 202\_\_/202\_\_уч. год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПЭ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Г.С. Зиновьев

Внесенные изменения утверждаю

Заместитель руководителя по учебной работе

\_\_\_\_\_ Г.С. Зиновьев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Программа действительна

на 202 / уч. год \_\_\_\_\_ (зав. кафедрой ПЭ)

на 202 / уч. год \_\_\_\_\_ (зав. кафедрой ПЭ)

на 202 / уч. год \_\_\_\_\_ (зав. кафедрой ПЭ)

на 202 / уч.год \_\_\_\_\_ (зав. кафедрой ПЭ)

на 202 / уч.год \_\_\_\_\_ (зав. кафедрой ПЭ)