

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

## **Рабочая программа дисциплины**

### **ТЕОРИЯ НАДЁЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**специалитет**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**01.05.01 Фундаментальные математика и механика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Фундаментальная механика и приложения**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**специалист**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2023 год

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 «Теория надёжности механических систем» относится к части ООП специальность 01.05.01 Фундаментальная математика и механика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-11. Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	ПК-11.1. Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике.	<i>Знать теоретических основ физического и компьютерного моделирования, основы, специализированные разделы теории вероятности и случайных процессов, необходимые при решении типовых задач теории надёжности механических систем.</i>	Контрольная работа
	ПК-11.2. Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики на основе полученных теоретических знаний.	<i>Уметь использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, формулировать и решать прикладные задачи теории надёжности механических систем.</i>	
	ПК-11.3. Имеет практический опыт использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики	<i>Владеть практическим опытом использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики. Владеет положениями механики материалов и конструкций, необходимых для осознанного применения моделей теории надёжности, опыт применения математическо-</i>	

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
		<i>го моделирования.</i>	
ПК-12. Владение навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах, реализации в них собственных методов, моделей и алгоритмов	<p>ПК-12.1. Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук.</p> <p>ПК-12.2. Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики.</p> <p>ПК-12.3. Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, включая реализацию в них собственных методов и моделей</p>	<p><i>Знать теоретические основы фундаментальных компьютерных наук. Знает разделы теории надёжности и смежных дисциплин, необходимые при реализации моделей,</i></p> <p><i>Уметь ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики при решении задач надёжности, проводить их доказательства, реализовывать известные модели, обрабатывать исходную и выходную информацию в соответствии с поставленными целями</i></p> <p><i>Владеть практическим опытом использования математически сложных алгоритмов применяемых при реализации математических моделей надёжности, включая реализацию в них собственных методов и моделей</i></p>	<i>Контрольная работа</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>__3__ ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>32</b>
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- текущий контроль (КСР)	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация –зачет</b>	

### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения						
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Введение. Историческая справка. Цели и задачи теории надежности. Основные составляющие. Системная и параметрическая теория надежности. Прогнозирование ресурса. Вероятностный характер параметров конструкций, внешних воздействий и прочих факторов. Экономические аспекты надежности.	<u>13</u>	2	2		4	9
2. Терминология. Государственный стандарт. Понятие надежности, безотказности, долговечности. Работоспособное, предельное состояния. Отказ, виды отказов. Нарботка, ресурс, другие временные характеристики. Интенсивность отказов. Вероятность безотказной работы.	<u>14</u>	2	2		4	10
3. Общая теория надежности. Понятие пространств качества, нагрузки, состояния. Математическая формулировка задачи надежности. Процесс накопления необратимых повреждений, ведущих к отказу. Уравнение накопления повреждений.	<u>14</u>	2	2		4	10
4 Надежность работы изделия до первого отказа. Показатели безотказности, долговечности. Зависимости между показателями безотказности. Статистические оценки показателей по результатам испытаний. Экспоненциальный закон надежности, другие	<u>14</u>	2	2		4	10

используемые законы.						
5. Надежность изделия при внезапных отказах. Модель оценки вероятности безотказной работы при однократном воздействии (модель «нагрузка-прочность»). Прогнозирование вероятности безотказной работы в случае, когда внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий. Применение теории выбросов случайных процессов для оценки вероятности безотказной работы.	<u>13</u>	2	2		4	9
6. Надежность изделия при постепенных отказах. Нахождение вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений. Прогнозирование времени достижения предельного состояния изделия при использовании различных видов уравнения накопления повреждений.	<u>13</u>	2	2		4	9
7. Надежность работы систем до первого отказа. Расчет надежности системы по показателям надежности ее элементов. Последовательное соединение элементов. Модель гибели. Резервирование. Метод Байеса.	<u>13</u>	2	2		4	9
8. Оптимизационные задачи. Постановки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.	<u>13</u>	2	2		4	9
Итого	107	16	16		32	75

Практические занятия (семинарские занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: применения моделей теории надёжности, опыт применения математического моделирования.
- компетенций – ПК-11, ПК-12.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

##### Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета.

##### 4.1.Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов. Контроль выполняется в форме проведения ежемесячного письменного экспресс - опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого в течение 15 минут на научно-практических занятиях. Опросы включают по пять коротких вопросов и оцениваются баллами от 0 до 5 (сумма баллов, полученных за ответ на каждый вопрос), а также итоговым двоичным показателем «зачтено» - «не зачтено». «Зачтено» соответствует полученным баллам от 3 и выше.

##### 4.3. Подготовка к выполнению письменных контрольных работ

В течение семестра проводится одна домашняя контрольная работа по материалам разделов лекционного курса: (см. таблицу с описанием разделов дисциплины из п. 3.2.).

Для подготовки к контрольным работам рекомендуется повторно прочитать соответствующий лекционный материал, просмотреть полезные разделы в соответствующих источниках из списка рекомендованной литературы (раздел 6), а также самостоятельно решить несколько задач по теме контрольной работы.

##### 4.4. Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачет

В качестве методических материалов при подготовке к зачету рекомендуется использовать собственные конспекты лекций, просмотреть решения задач, выполненные на практических занятиях и во время выполнения домашних заданий, а также источники, рекомендованные в списке литературы раздела 6.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

##### 5.1.Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций	Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
	<u>Знания</u>	<u>Умения</u>	<u>Навыки</u>
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний.	Продемонстрированы основные умения. Реше-	Имеется минимальный набор навыков для реше-

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		<u>Знания</u>	<u>Умения</u>	<u>Навыки</u>
		Допущено много негрубых ошибок.	ны типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	ния стандартных задач с некоторыми недочетами
	<b>хорошо</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
	<b>очень хорошо</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
	<b>отлично</b>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
	<b>превосходно</b>	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

#### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
незачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

Оценка	Уровень подготовки
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы для проведения собеседования

№№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Системная и параметрическая теория надежности.	ПК-11, ПК-12
2.	Проблема прогноза ресурса.	ПК-11, ПК-12
3.	Определение понятия изделие.	ПК-11, ПК-12
4.	Определение понятия надежность.	ПК-11, ПК-12
5.	Работоспособное состояние.	ПК-11, ПК-12
6.	Предельное состояние.	ПК-11, ПК-12
7.	Отказ, критерии отказа.	ПК-11, ПК-12
8.	Живучесть.	ПК-11, ПК-12
9.	Интенсивность отказов.	ПК-11, ПК-12
10.	Математическая формулировка задачи надежности	ПК-11, ПК-12
11	Уравнение накопления повреждений	ПК-11, ПК-12
12	Определение вероятности безотказной работы.	ПК-11, ПК-12
13	Экспоненциальный закон надежности.	ПК-11, ПК-12
14	Виды испытаний для статистической оценки показателей	ПК-11, ПК-12
15.	Внезапный отказ.	ПК-11, ПК-12
16	Модель «нагрузка-прочность».	ПК-11, ПК-12
17	Постепенный отказ.	ПК-11, ПК-12
18.	Экспоненциальная модель	ПК-11, ПК-12
19.	Модель, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий.	ПК-11, ПК-12
20	Модель вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений.	ПК-11, ПК-12
21.	Асимптотические модели.	ПК-11, ПК-12
22	Оценка вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.	ПК-11, ПК-12
23.	Оценка вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.	ПК-11, ПК-12
24	Оценка вероятности безотказной работы системы при ненагруженном резерве.	ПК-11, ПК-12
25.	Использование метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.	ПК-11, ПК-12
26.	Использование метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.	ПК-11, ПК-12
27	Формулировки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.	ПК-11, ПК-12
28	Системная и параметрическая теория надежности.	ПК-11, ПК-12



29	Проблема прогноза ресурса.	ПК-11, ПК-12
30	Определение понятия изделие.	ПК-11, ПК-12
31	Определение понятия надежность.	ПК-11, ПК-12
32	Работоспособное состояние.	ПК-11, ПК-12
33	Предельное состояние.	ПК-11, ПК-12
34	Отказ, критерии отказа.	ПК-11, ПК-12
35	Живучесть.	ПК-11, ПК-12
36	Интенсивность отказов.	ПК-11, ПК-12
37	Математическая формулировка задачи надежности	ПК-11, ПК-12
38	Уравнение накопления повреждений	ПК-11, ПК-12
39	Определение вероятности безотказной работы.	ПК-11, ПК-12

### **5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции –не предусмотрены**

### **5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции**

Даны в приложении 1.

5.2.4. Темы курсовых работ, эссе, рефератов - не предусмотрено.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Грудзинская Е.Ю., Любимов А.К. Разработка темы "Надежность систем" в активных методах". Электронное методическое пособие. 429.12.12 РС Adobe Acrobat [grud\\_lub\\_activ.pdf](#) 12.04.12
2. Любимов А.К. Введение в теорию надёжности: проектно-ориентированный подход: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. Нижний Новгород, 2014. – 176 с.  
[с.http://www.unn.ru/books/met\\_files/Teoria%20nadeznosti.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Teoria%20nadeznosti.pdf) (рег.№ 821.14.06 от 05.12.2014).. Н.Новгород: Издательство ННГУ. 2014. 176 с.

б) дополнительная литература:

1. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. М.: Машиностроение. 1990.
2. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение. 1978.
3. Любимов А.К. Введение в теорию надежности Учебное пособие. Н. Новгород: Нижегородский университет, 2012. 110 с. (1 экз.)
4. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ 27.002-2009. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, июнь 2011г.  
<https://docs.cntd.ru/document/1200077768/titles/290A74>
5. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности- М.: Наука, 1965. 524 с.

6. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах/Ред. соавт. Авдеевский В.С. и др. - М.: Машиностроение, 1986.
7. Проблема надежности и ресурса в машиностроении под ред. Фролова К.В., Гусенкова А.П.-М.: Наука.1986.
8. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин - М.: Высшая школа. 1988.
9. Тимашев С.А. Надежность больших механических систем. – М.: Машиностроение. 1982.

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы** (в соответствии с содержанием дисциплины) <http://www.lib.unn.ru/> , Университетская библиотека ONLINE <http://www.biblioclub.ru> Библиотека "Лань" <http://e.lanbook.com/> , Ресурс открытого доступа Электронная физико-математическая библиотека EqWorld , <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm>).

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.05.01 Фундаментальные математика и механика.

Автор д.ф.-м.н., профессор А.К. Любимов

Заведующий кафедрой ТКиЭМ, д.ф.-м.н., профессор Л.А. Игумнов

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.

## Варианты заданий для Расчетно-графической работы

### Вариант 1

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-1000	20	9000-10000	30	18000-19000	50
1000-2000	25	10000-11000	40	19000-20000	35
2000-3000	35	11000-12000	40	20000-21000	35
3000-4000	50	12000-13000	50	21000-22000	50
4000-5000	30	13000-14000	40	22000-23000	35
5000-6000	50	14000-15000	50	23000-24000	25
6000-7000	40	15000-16000	40	24000-25000	30
7000-8000	40	16000-17000	50	25000-26000	20
8000-9000	50	17000-18000	40	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Интенсивность отказов изделия  $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при  $t=100$  час. и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.

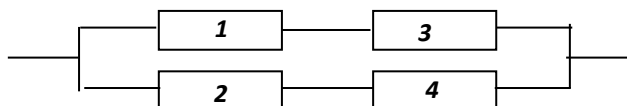
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a=10^4$  час,  $b=2$ . Найти ВБР для наработки  $t=300$  час.

5. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что плотность распределения времени до отказа имеет вид  $f(t) = 2ke^{-kt}(1 - e^{-kt})$ . Необходимо определить ВБР, интенсивность отказов.

6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень), на который действует растягивающая нагрузка  $Q$ , являющаяся с.в. Предел прочности  $R$  материала, из которого изготовлен элемент, также является с.в.

С.в.  $Q$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(1780 \text{ Н}, (445 \text{ Н})^2)$ ,  $N(690 \text{ МПа}, (34,5 \text{ МПа})^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,9999$ . Определить площадь стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивности отказов элементов постоянны и имеют следующие значения  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_3 = \lambda_4 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Требуется определить ВБР системы в течение 100 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени  $t=100$  час.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормаль-

ному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
3	1	7200	2000	0,1	1,5	100

## Вариант 2

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-100	50	1000-1100	15	2000-2100	12
100-200	40	1100-1200	14	2100-2200	13
200-300	32	1200-1300	14	2200-2300	12
300-400	25	1300-1400	13	2300-2400	13
400-500	20	1400-1500	14	2400-2500	14
500-600	17	1500-1600	13	2500-2600	16
600-700	16	1600-1700	13	2600-2700	20
700-800	16	1700-1800	13	2700-2800	25
800-900	15	1800-1900	14	2800-2900	30
900-1000	14	1900-2000	12	2900-3000-	40

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

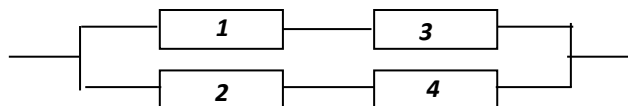
3. Вероятность безотказной работы автоматической линии в течение 120 час. равна 0,9. В предположении о справедливости экспоненциального закона рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов для  $t = 120$  час., а также среднюю наработку до первого отказа.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,3$ . Найти наработку до отказа соответствующую  $P = 0,9$ .

5. В результате анализа данных об отказах изделий установлено, что ВБР определяется формулой  $P(t) = 3e^{-kt} - 3e^{-2kt} + e^{-3kt}$ . Требуется найти характеристики  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $T_{cp}$ .

6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень круглого сечения), на который действует крутящий момент  $M$ , являющийся с.в. Расчетное сопротивление сдвигу  $R$  также является с.в. С.в.  $M$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(29 \text{ КН} \cdot \text{м}, (1,5 \text{ КН} \cdot \text{м})^2)$ ,  $N(60 \text{ МПа}, (3 \text{ МПа})^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,999$ . Определить радиус стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис. . Требуется определить ВБР системы, если известны ВБР элементов  $P_1 = 0,9$ ,  $P_2 = 0,85$ ,  $P_3 = 0,8$ ,  $P_4 = 0,94$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
2	-	6000	4000	0,3	1,5	1000

### Вариант 3

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-10	19	30-40	3	60-70	1
10-20	13	40-50	0	-	-
20-30	8	50-60	1	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Элемент конструкции – круглая пластина радиусом  $R$ , нагружена в центре сосредоточенной силой  $P$ , величина которой случайна, концы пластины заземлены по всему контуру. Нормальная эксплуатация пластин возможна при выполнении требований по жёсткости. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

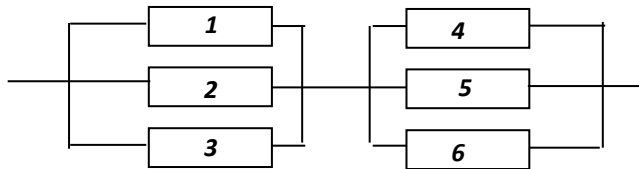
3. Интенсивность отказов изделия равна  $\lambda = 10^{-6} \text{ час.}^{-1}$ . Найти: ВБР для  $t = 10^4 \text{ час.}$ ,  $2 \times 10^4 \text{ час.}$ , ВБР в интервале  $[10^4 \div 2 \cdot 10^4]$  часов.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4 \text{ час.}$ ,  $b = 0,4$ . Найти значение величины интенсивности отказов для  $t = 300 \text{ час.}$

5. Плотность распределения времени до отказа описывается формулой  $f(t) = 6ke^{-2kt}(1 - e^{-kt})$ . Найти среднюю наработку до первого отказа, ВБР.

6. Рассчитать на жёсткость элемент конструкций (стержень круглого сечения), на который действует крутящий момент  $M$ , являющийся с.в. Допускаемый относительный угол закручивания  $\theta$  является с.в. С.в.  $M$  и  $\theta$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(40 \text{ КН} \cdot \text{м}, (3 \text{ КН} \cdot \text{м})^2)$ ,  $N(60 \text{ град} / \text{м}, (0,01 \text{ град} / \text{м})^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,9999$ . Определить радиус стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис. Требуется определить вероятность отказа системы, если известны ВБР элементов  $P_1=P_2=P_3=0,9$ ,  $P_4=P_5=P_6=0,8$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	3,2	-	-	0,2	1,3	500

#### Вариант 4

1. Выполнено испытание 1000 изделий. Число отказавших изделий фиксировалось в каждом интервале времени испытаний:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-500	145	3000-3500	51	6000-6500	66
500-1000	86	3500-4000	45	6500-7000	75
1000-1500	77	4000-4500	41	7000-7500	62
1500-2000	69	4500-5000	37	7500-8000	42
2000-2500	62	5000-5500	33	8000-8500	16
2500-3000	56	5500-6000	35	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

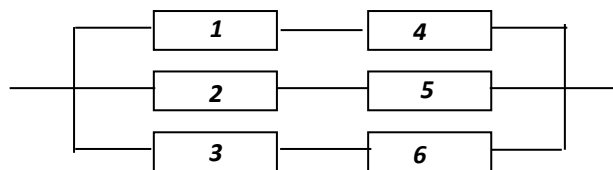
3. Средняя наработка изделия до отказа равна  $10^4$  час. Найти наработку  $t_\alpha$ , соответствующую вероятности  $P = 0,9$  в предположении о том, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час.,  $b = 2$ . Определить среднюю наработку до отказа и дисперсию наработки до отказа.

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k(1 - e^{-kt}) \cdot (1 - 0,5e^{-kt})^{-1}$ . Требуется найти характеристики  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{ср}$ .

6. Балка на двух опорах прямоугольного сечения высотой  $h = 16$  см, шириной  $b = 8$  см посередине пролёта длиной  $l = 80$  см нагружена силой  $Q$ , являющейся с.в. Предел прочности  $R$  материала, из которого изготовлена балка также является с.в. С.в.  $Q$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами, соответственно,  $N(20 \text{ КН}, (2 \text{ КН})^2)$ ,  $N(350 \text{ МПа}, (27 \text{ МПа})^2)$ . Определить ВБР балки из условия прочности по нормальным напряжениям.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Требуется найти ВБР системы, если известны вероятности отказов элементов  $q_1=q_2=q_3=0,05$ ,  $q_4=q_5=q_6=0,1$ .

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
2	0,93	8000	3000	-	-	2000

### Вариант 5

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-5	1	30-35	4	60-65	3
5-10	5	35-40	3	65-70	3
10-15	8	40-45	0	70-75	3
15-20	2	45-50	1	75-80	1
20-25	5	50-55	0	-	-
25-30	6	55-60	0	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

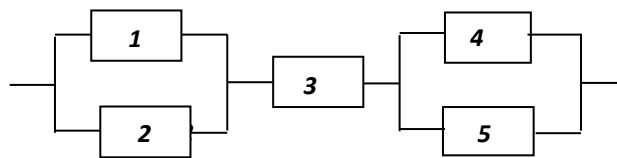
3. Интенсивность отказов изделия  $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при  $t = 100 \text{ час.}$  и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4 \text{ час.}$ ,  $b = 2$ . Найти ВБР для наработки  $t = 300 \text{ час.}$

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k^2 t(1 + kt)^{-1}$ . Требуется определить  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{\text{ср.}}$ .

6. Из условия прочности определить математическое ожидание радиуса вала  $\bar{r}$ , на который действует крутящий момент  $M$ . Предполагается, что с.в.  $r$  подчиняется нормальному закону распределения и имеет место соотношение  $\sigma_r = \alpha \bar{r}$ , где  $\alpha = 0,01$ . С.в. крутящего момента  $M$  и сопротивление сдвигу  $R$  подчиняются нормальному закону со следующими параметрами соответственно  $N(11300 \text{ Н} \cdot \text{м}, (1130 \text{ Н} \cdot \text{м})^2)$ ,  $N(345 \text{ МПа}, (34,5 \text{ МПа})^2)$ . Требуемая ВБР равна  $P_* = 0,999$ .

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивность отказов элементов постоянна и имеют следующие значения

$\lambda_1 = \lambda_2 = 0,23 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_3 = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_4 = \lambda_5 = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы и построить зависимость интенсивности отказов от времени.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
3	0,6	4000	4000	0,16	1,4	2400



### Вариант 6

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-1000	20	9000-10000	30	18000-19000	50
1000-2000	25	10000-11000	40	19000-20000	35
2000-3000	35	11000-12000	40	20000-21000	35
3000-4000	50	12000-13000	50	21000-22000	50
4000-5000	30	13000-14000	40	22000-23000	35
5000-6000	50	14000-15000	50	23000-24000	25
6000-7000	40	15000-16000	40	24000-25000	30
7000-8000	40	16000-17000	50	25000-26000	20
8000-9000	50	17000-18000	40	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Элемент конструкции – круглая пластина радиусом  $R$ , нагружена в центре сосредоточенной силой  $P$ , величина которой случайна, концы пластины защемлены по всему контуру. Нормальная эксплуатация пластин возможна при выполнении требований по жёсткости. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Вероятность безотказной работы автоматической линии в течение 120 час. равна 0,9. В предположении о справедливости экспоненциального закона рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов для  $t = 120$  час., а также среднюю наработку до первого отказа.

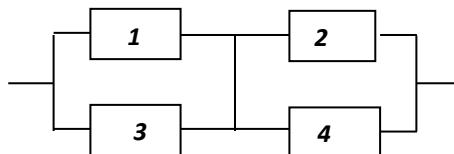
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,3$ . Найти наработку до отказа соответствующую  $P = 0,9$ .

5. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что плотность распределения времени до отказа имеет вид  $f(t) = 2ke^{-kt}(1 - e^{-kt})$ . Необходимо определить ВБР, интенсивность отказов.

6. Балка длиной  $l$  нагружена сосредоточенной силой  $Q$  на расстоянии  $a$  от левой опоры. Величины  $l, Q, a$  являются с.в. описываемые нормальным распределением с параметрами соответственно  $N(120\text{ см}, (0,125\text{ см})^2)$ ,  $N(6070\text{ Н}, (200\text{ Н})^2)$ ,  $N(72\text{ см}, (0,125\text{ см})^2)$ . Предел прочности  $R$  также является с.в. с параметрами  $N(350\text{ МПа}, (27\text{ МПа})^2)$ . Предполагается, что технологические допуски на радиус трубы равны  $\Delta = 0,015\bar{r}$ . Требуемая ВБР равна  $P_* = 0,9999$ .

Определить математическое ожидание внутреннего радиуса двухопорной балки трубчатого поперечного сечения с заданным отношением толщины стенки к внутреннему радиусу ( $r/t = 50$ ) из условия прочности по нормальным напряжениям.

7. Схема расчёта системы приведена на рис. Необходимо найти ВБР системы, если вероятности отказов элементов 1 и 3 равны 0,1, а элементов 2 и 4 – 0,2.



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T, \sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu, \alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
3	1	7200	2000	0,1	1,5	100

### Вариант 7

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-100	50	1000-1100	15	2000-2100	12
100-200	40	1100-1200	14	2100-2200	13
200-300	32	1200-1300	14	2200-2300	12
300-400	25	1300-1400	13	2300-2400	13
400-500	20	1400-1500	14	2400-2500	14
500-600	17	1500-1600	13	2500-2600	16
600-700	16	1600-1700	13	2600-2700	20
700-800	16	1700-1800	13	2700-2800	25
800-900	15	1800-1900	14	2800-2900	30
900-1000	14	1900-2000	12	2900-3000-	40

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Интенсивность отказов изделия равна  $\lambda = 10^{-6} \text{ час.}^{-1}$ . Найти: ВБР для  $t = 10^4$  час,  $2 \times 10^4$  час., ВБР в интервале  $[10^4 \div 2 \cdot 10^4]$  часов.

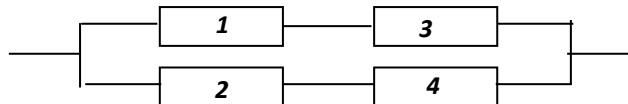
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,4$ . Найти значение величины интенсивности отказов для  $t = 300$  час.

5. В результате анализа данных об отказах изделий установлено, что ВБР определяется формулой  $P(t) = 3e^{-kt} - 3e^{-2kt} + e^{-3kt}$ . Требуется найти характеристики  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $T_{cp}$ .

6. Определить ВБР из условия прочности по нормальным напряжениям консольной балки прямоугольного сечения. На конце балки приложена сосредоточенная сила  $Q$ , имеющая случайный характер. Геометрические размеры балки высота  $h$ , ширина  $b$  и длина  $l$  имеют случайный разброс, причем допуск на линейные размеры поперечного сечения составляет 0,2% от величины математического ожидания.

Предполагается, что все случайные величины подчиняются нормальному закону со следующими параметрами с.в.  $R \sim N(120 \text{ МПа}, (10 \text{ МПа})^2)$ , с.в.  $Q \sim N(10 \text{ КН}, (1 \text{ КН})^2)$ , с.в.  $l \sim N(3 \text{ м}, (0,01 \text{ м})^2)$ . Математическое ожидание с.в.  $h$  равно 0,2 м, с.в.  $b \sim 0,1$  м.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивности отказов элементов постоянны и имеют следующие значения  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_3 = \lambda_4 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Требуется определить ВБР системы в течение 100 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени  $t=100$  час.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	-	6000	4000	0,3	1,5	1000

### Вариант 8

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-10	19	30-40	3	60-70	1
10-20	13	40-50	0	-	-
20-30	8	50-60	1	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

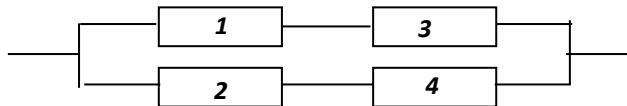
3. Средняя наработка изделия до отказа равна  $10^4$  час. Найти наработку  $t_\alpha$ , соответствующую вероятности  $P = 0,9$  в предположении о том, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час.,  $b = 2$ . Определить среднюю наработку до отказа и дисперсию наработки до отказа.

5. Плотность распределения времени до отказа описывается формулой  $f(t) = 6ke^{-2kt}(1 - e^{-kt})$ . Найти среднюю наработку до первого отказа, ВБР.

6. Обосновать выбор материала для конструкционного элемента, если расчетное напряжение является с.в. с нормальным распределением  $N(0,15 \text{ МПа}, (0,02 \text{ МПа})^2)$ , прочностные характеристики материалов также является с.в. с нормальным распределением. Для первого материала имеем  $N(0,2 \text{ МПа}, (0,01 \text{ МПа})^2)$ , для второго -  $N(0,25 \text{ МПа}, (0,05 \text{ МПа})^2)$ . Выбор материала выполнить по двум критериям – коэффициенту запаса и ВБР.

7. Структурная схема системы приведена на рис. Требуется определить ВБР системы, если известны ВБР элементов  $P_1 = 0,9$ ,  $P_2 = 0,85$ ,  $P_3 = 0,8$ ,  $P_4 = 0,94$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
2	3,2	-	-	0,2	1,3	500

### Вариант 9

1. Выполнено испытание 1000 изделий. Число отказавших изделий фиксировалось в каждом интервале времени испытаний:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-500	145	3000-3500	51	6000-6500	66
500-1000	86	3500-4000	45	6500-7000	75
1000-1500	77	4000-4500	41	7000-7500	62
1500-2000	69	4500-5000	37	7500-8000	42
2000-2500	62	5000-5500	33	8000-8500	16
2500-3000	56	5500-6000	35	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Элемент конструкции – круглая пластина радиусом  $R$ , нагружена в центре сосредоточенной силой  $P$ , величина которой случайна, концы пластины заземлены по всему контуру. Нормальная эксплуатация пластин возможна при выполнении требований по жёсткости. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

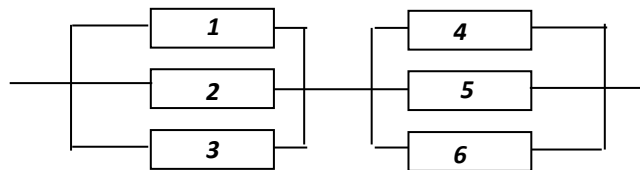
3. Интенсивность отказов изделия  $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час.}^{-1}$ . Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при  $t = 100 \text{ час.}$  и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4 \text{ час.}$ ,  $b = 2$ . Найти ВБР для наработки  $t = 300 \text{ час.}$

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k(1 - e^{-kt}) \cdot (1 - 0,5e^{-kt})^{-1}$ . Требуется найти характеристики  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{\text{ср.}}$ .

6. Определить толщину стенки  $t$  трубопровода внутренним диаметром  $d = 5 \text{ см.}$ , обеспечивающую ВБР  $P_* = 0,999$ . Трубопровод выполнен из стали, несущая способность  $R$  которой является с.в.  $N(200 \text{ МПа}, (20 \text{ МПа})^2)$ , и нагружен внутренним давлением  $q$ , имеющим случайный характер  $N(10 \text{ МПа}, (1 \text{ МПа})^2)$ .

7. Структурная схема системы приведена на рис. Требуется определить вероятность отказа системы, если известны ВБР элементов  $P_1 = P_2 = P_3 = 0,9$ ,  $P_4 = P_5 = P_6 = 0,8$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час.}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час.}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час.}$
2	0,93	8000	3000	-	-	2000

### Вариант 10

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-5	1	30-35	4	60-65	3
5-10	5	35-40	3	65-70	3
10-15	8	40-45	0	70-75	3
15-20	2	45-50	1	75-80	1
20-25	5	50-55	0	-	-
25-30	6	55-60	0	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Вероятность безотказной работы автоматической линии в течение 120 час. равна 0,9. В предположении о справедливости экспоненциального закона рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов для  $t = 120$  час., а также среднюю наработку до первого отказа.

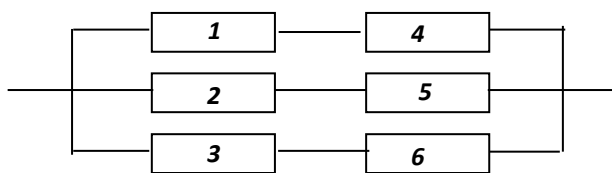
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,3$ . Найти наработку до отказа соответствующую  $P = 0,9$ .

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k^2 t(1 + kt)^{-1}$ . Требуется определить  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{ср}$ .

6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень), на который действует растягивающая нагрузка  $Q$ , являющаяся с.в. Предел прочности  $R$  материала, из которого изготовлен элемент, также является с.в.

С.в.  $Q$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(1780 Н, (445 Н)^2)$ ,  $N(690 МПа, (34,5 МПа)^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,9999$ . Определить площадь сечения стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Требуется найти ВБР системы, если известны вероятности отказов элементов  $q_1 = q_2 = q_3 = 0,05$ ,  $q_4 = q_5 = q_6 = 0,1$ .

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
3	0,6	4000	4000	0,16	1,4	2400

### Вариант 11

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-1000	20	9000-10000	30	18000-19000	50
1000-2000	25	10000-11000	40	19000-20000	35
2000-3000	35	11000-12000	40	20000-21000	35
3000-4000	50	12000-13000	50	21000-22000	50
4000-5000	30	13000-14000	40	22000-23000	35
5000-6000	50	14000-15000	50	23000-24000	25
6000-7000	40	15000-16000	40	24000-25000	30
7000-8000	40	16000-17000	50	25000-26000	20
8000-9000	50	17000-18000	40	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

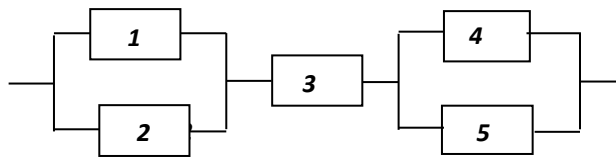
3. Интенсивность отказов изделия равна  $\lambda = 10^{-6}$  час.<sup>-1</sup> Найти: ВБР для  $t = 10^4$  час,  $2 \times 10^4$  час., ВБР в интервале  $[10^4 \div 2 \cdot 10^4]$  часов.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,4$ . Найти значение величины интенсивности отказов для  $t = 300$  час.

5. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что плотность распределения времени до отказа имеет вид  $f(t) = 2ke^{-kt}(1 - e^{-kt})$ . Необходимо определить ВБР, интенсивность отказов.

6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень круглого сечения), на который действует крутящий момент  $M$ , являющийся с.в. Расчетное сопротивление сдвигу  $R$  также является с.в. С.в.  $M$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(29 \text{ КН} \cdot \text{м}, (1,5 \text{ КН} \cdot \text{м})^2)$ ,  $N(60 \text{ МПа}, (3 \text{ МПа})^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,999$ . Определить радиус стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивность отказов элементов постоянна и имеют следующие значения

$\lambda_1 = \lambda_2 = 0,23 \cdot 10^{-3}$  час.<sup>-1</sup>,  $\lambda_3 = 0,5 \cdot 10^{-4}$  час.<sup>-1</sup>,  $\lambda_4 = \lambda_5 = 0,4 \cdot 10^{-3}$  час.<sup>-1</sup>. Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы и построить зависимость интенсивности отказов от времени.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час. <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час. <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
3	1	7200	2000	0,1	1,5	100

## Вариант 12

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-100	50	1000-1100	15	2000-2100	12
100-200	40	1100-1200	14	2100-2200	13
200-300	32	1200-1300	14	2200-2300	12
300-400	25	1300-1400	13	2300-2400	13
400-500	20	1400-1500	14	2400-2500	14
500-600	17	1500-1600	13	2500-2600	16
600-700	16	1600-1700	13	2600-2700	20
700-800	16	1700-1800	13	2700-2800	25
800-900	15	1800-1900	14	2800-2900	30
900-1000	14	1900-2000	12	2900-3000-	40

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Элемент конструкции – круглая пластина радиусом  $R$ , нагружена в центре сосредоточенной силой  $P$ , величина которой случайна, концы пластины защемлены по всему контуру. Нормальная эксплуатация пластин возможна при выполнении требований по жёсткости. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

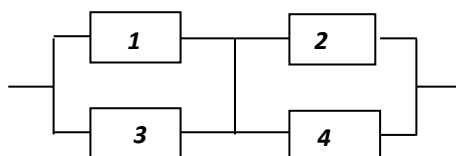
3. Средняя наработка изделия до отказа равна  $10^4$  час. Найти наработку  $t_\alpha$ , соответствующую вероятности  $P = 0,9$  в предположении о том, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час.,  $b = 2$ . Определить среднюю наработку до отказа и дисперсию наработки до отказа.

5. В результате анализа данных об отказах изделий установлено, что ВБР определяется формулой  $P(t) = 3e^{-kt} - 3e^{-2kt} + e^{-3kt}$ . Требуется найти характеристики  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $T_{cp}$ .

6. Рассчитать на жёсткость элемент конструкций (стержень круглого сечения), на который действует крутящий момент  $M$ , являющийся с.в. Допускаемый относительный угол закручивания  $\theta$  является с.в. С.в.  $M$  и  $\theta$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(40 \text{ КН} \cdot \text{м}, (3 \text{ КН} \cdot \text{м})^2)$ ,  $N(60 \text{ град} / \text{м}, (0,01 \text{ град} / \text{м})^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,9999$ . Определить радиус стержня.

7. Схема расчёта системы приведена на рис. Необходимо найти ВБР системы, если вероятности отказов элементов 1 и 3 равны 0,1, а элементов 2 и 4 – 0,2.



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
2	-	6000	4000	0,3	1,5	1000

## Вариант 13

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-10	19	30-40	3	60-70	1
10-20	13	40-50	0	-	-
20-30	8	50-60	1	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

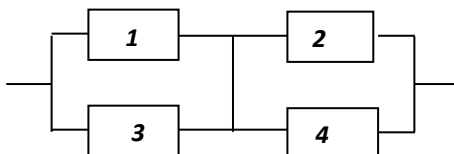
3. Интенсивность отказов изделия  $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при  $t = 100 \text{ час.}$  и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4 \text{ час.}$ ,  $b = 2$ . Найти ВБР для наработки  $t = 300 \text{ час.}$

5. Плотность распределения времени до отказа описывается формулой  $f(t) = 6ke^{-2kt}(1 - e^{-kt})$ . Найти среднюю наработку до первого отказа, ВБР.

6. Балка на двух опорах прямоугольного сечения высотой  $h = 16 \text{ см}$ , шириной  $b = 8 \text{ см}$  посередине пролета длиной  $l = 80 \text{ см}$  нагружена силой  $Q$ , являющейся с.в. Предел прочности  $R$  материала, из которого изготовлена балка также является с.в. С.в.  $Q$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами, соответственно,  $N(20 \text{ КН}, (2 \text{ КН})^2)$ ,  $N(350 \text{ МПа}, (27 \text{ МПа})^2)$ . Определить ВБР балки из условия прочности по нормальным напряжениям.

7. Структурная схема системы из четырех элементов приведена на рис. Предполагается, что последствие отказов отсутствует и все элементы одинаковы. Интенсивность отказов постоянна и равна  $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Требуется определить наработку до первого отказа системы.



Интенсивность отказов постоянна и равна  $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Требуется определить наработку до первого отказа системы.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	3,2	-	-	0,2	1,3	500



### Вариант 14

1. Выполнено испытание 1000 изделий. Число отказавших изделий фиксировалось в каждом интервале времени испытаний:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-500	145	3000-3500	51	6000-6500	66
500-1000	86	3500-4000	45	6500-7000	75
1000-1500	77	4000-4500	41	7000-7500	62
1500-2000	69	4500-5000	37	7500-8000	42
2000-2500	62	5000-5500	33	8000-8500	16
2500-3000	56	5500-6000	35	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

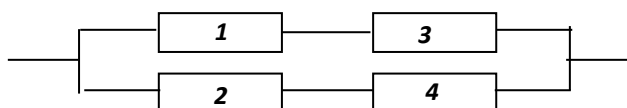
3. Вероятность безотказной работы автоматической линии в течение 120 час. равна 0,9. В предположении о справедливости экспоненциального закона рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов для  $t = 120$  час., а также среднюю наработку до первого отказа.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,3$ . Найти наработку до отказа соответствующую  $P = 0,9$ .

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k(1 - e^{-kt}) \cdot (1 - 0,5e^{-kt})^{-1}$ . Требуется найти характеристики  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{ср}$ .

6. Из условия прочности определить математическое ожидание радиуса вала  $\bar{r}$ , на который действует крутящий момент  $M$ . Предполагается, что с.в.  $r$  подчиняется нормальному закону распределения и имеет место соотношение  $\sigma_r = \alpha \bar{r}$ , где  $\alpha = 0,01$ . С.в. крутящего момента  $M$  и сопротивление сдвигу  $R$  подчиняются нормальному закону со следующими параметрами соответственно  $N(11300 \text{ Н} \cdot \text{м}, (1130 \text{ Н} \cdot \text{м})^2)$ ,  $N(345 \text{ МПа}, (34,5 \text{ МПа})^2)$ . Требуемая ВБР равна  $P_* = 0,999$ .

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивности отказов элементов постоянны и имеют следующие значения  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_3 = \lambda_4 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Требуется определить ВБР системы в течение 100 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени  $t = 100$  час.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	0,93	8000	3000	-	-	2000

## Вариант 15

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-5	1	30-35	4	60-65	3
5-10	5	35-40	3	65-70	3
10-15	8	40-45	0	70-75	3
15-20	2	45-50	1	75-80	1
20-25	5	50-55	0	-	-
25-30	6	55-60	0	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Элемент конструкции – круглая пластина радиусом  $R$ , нагружена в центре сосредоточенной силой  $P$ , величина которой случайна, концы пластины зашпелены по всему контуру. Нормальная эксплуатация пластин возможна при выполнении требований по жёсткости. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Интенсивность отказов изделия равна  $\lambda = 10^{-6} \text{ час.}^{-1}$ . Найти: ВБР для  $t = 10^4 \text{ час.}$ ,  $2 \times 10^4 \text{ час.}$ , ВБР в интервале  $[10^4 \div 2 \cdot 10^4]$  часов.

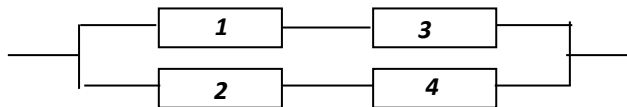
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4 \text{ час.}$ ,  $b = 0,4$ . Найти значение величины интенсивности отказов для  $t = 300 \text{ час.}$

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k^2 t(1 + kt)^{-1}$ . Требуется определить  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{\text{ср.}}$ .

6. Балка длиной  $l$  нагружена сосредоточенной силой  $Q$  на расстоянии  $a$  от левой опоры. Величины  $l, Q, a$  являются с.в. описываемые нормальным распределением с параметрами соответственно  $N(120 \text{ см}, (0,125 \text{ см})^2)$ ,  $N(6070 \text{ Н}, (200 \text{ Н})^2)$ ,  $N(72 \text{ см}, (0,125 \text{ см})^2)$ . Предел прочности  $R$  также является с.в. с параметрами  $N(350 \text{ МПа}, (27 \text{ МПа})^2)$ . Предполагается, что технологические допуски на радиус трубы равны  $\Delta = 0,015 \bar{r}$ . Требуемая ВБР равна  $P_* = 0,9999$ .

Определить математическое ожидание внутреннего радиуса двухопорной балки трубчатого поперечного сечения с заданным отношением толщины стенки к внутреннему радиусу ( $r/t = 50$ ) из условия прочности по нормальным напряжениям.

7. Структурная схема системы приведена на рис. Требуется определить ВБР системы, если известны ВБР элементов  $P_1 = 0,9$ ,  $P_2 = 0,85$ ,  $P_3 = 0,8$ ,  $P_4 = 0,94$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час.}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час.}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
3	0,6	4000	4000	0,16	1,4	2400

### Вариант 16

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-1000	20	9000-10000	30	18000-19000	50
1000-2000	25	10000-11000	40	19000-20000	35
2000-3000	35	11000-12000	40	20000-21000	35
3000-4000	50	12000-13000	50	21000-22000	50
4000-5000	30	13000-14000	40	22000-23000	35
5000-6000	50	14000-15000	50	23000-24000	25
6000-7000	40	15000-16000	40	24000-25000	30
7000-8000	40	16000-17000	50	25000-26000	20
8000-9000	50	17000-18000	40	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Средняя наработка изделия до отказа равна  $10^4$  час. Найти наработку  $t_a$ , соответствующую вероятности  $P = 0,9$  в предположении о том, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону.

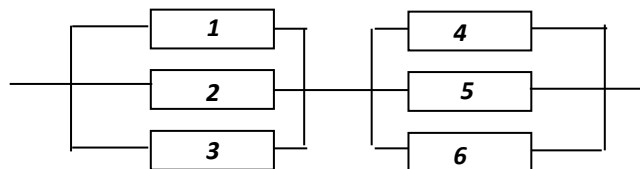
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час.,  $b = 2$ . Определить среднюю наработку до отказа и дисперсию наработки до отказа.

5. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что плотность распределения времени до отказа имеет вид  $f(t) = 2ke^{-kt}(1 - e^{-kt})$ . Необходимо определить ВБР, интенсивность отказов.

6. Определить ВБР из условия прочности по нормальным напряжениям консольной балки прямоугольного сечения. На конце балки приложена сосредоточенная сила  $Q$ , имеющая случайный характер. Геометрические размеры балки высота  $h$ , ширина  $b$  и длина  $l$  имеют случайный разброс, причем допуск на линейные размеры поперечного сечения составляет 0,2% от величины математического ожидания.

Предполагается, что все случайные величины подчиняются нормальному закону со следующими параметрами с.в.  $R \sim N(120 \text{ МПа}, (10 \text{ МПа})^2)$ , с.в.  $Q \sim N(10 \text{ КН}, (1 \text{ КН})^2)$ , с.в.  $l \sim N(3 \text{ м}, (0,01 \text{ м})^2)$ . Математическое ожидание с.в.  $h$  равно 0,2 м, с.в.  $b \sim 0,1$  м.

7. Структурная схема системы приведена на рис. Требуется определить вероятность отказа системы, если известны ВБР элементов  $P_1=P_2=P_3=0,9$ ,  $P_4=P_5=P_6=0,8$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
3	1	7200	2000	0,1	1,5	100

# ант 17

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час).	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-100	50	1000-1100	15	2000-2100	12
100-200	40	1100-1200	14	2100-2200	13
200-300	32	1200-1300	14	2200-2300	12
300-400	25	1300-1400	13	2300-2400	13
400-500	20	1400-1500	14	2400-2500	14
500-600	17	1500-1600	13	2500-2600	16
600-700	16	1600-1700	13	2600-2700	20
700-800	16	1700-1800	13	2700-2800	25
800-900	15	1800-1900	14	2800-2900	30
900-1000	14	1900-2000	12	2900-3000-	40

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

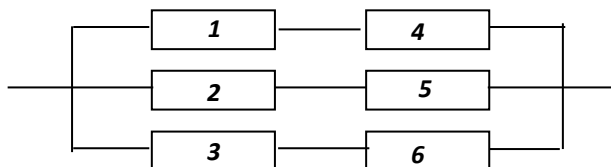
3. Интенсивность отказов изделия  $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час.}^{-1}$ . Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при  $t = 100 \text{ час.}$  и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4 \text{ час.}$ ,  $b = 2$ . Найти ВБР для наработки  $t = 300 \text{ час.}$

5. В результате анализа данных об отказах изделий установлено, что ВБР определяется формулой  $P(t) = 3e^{-kt} - 3e^{-2kt} + e^{-3kt}$ . Требуется найти характеристики  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ ,  $T_{cp}$ .

6. Обосновать выбор материала для конструкционного элемента, если расчетное напряжение является с.в. с нормальным распределением  $N(0,15 \text{ МПа}, (0,02 \text{ МПа})^2)$ , прочностные характеристики материалов также является с.в. с нормальным распределением. Для первого материала имеем  $N(0,2 \text{ МПа}, (0,01 \text{ МПа})^2)$ , для второго -  $N(0,25 \text{ МПа}, (0,05 \text{ МПа})^2)$ . Выбор материала выполнить по двум критериям – коэффициенту запаса и ВБР.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Требуется найти ВБР системы, если известны вероятности отказов элементов  $q_1=q_2=q_3=0,05$ ,  $q_4=q_5=q_6=0,1$ .

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час.}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час.}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	-	6000	4000	0,3	1,5	1000

## Вариант 18

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-10	19	30-40	3	60-70	1
10-20	13	40-50	0	-	-
20-30	8	50-60	1	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Элемент конструкции – круглая пластина радиусом  $R$ , нагружена в центре сосредоточенной силой  $P$ , величина которой случайна, концы пластины зашпелены по всему контуру. Нормальная эксплуатация пластин возможна при выполнении требований по жёсткости. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

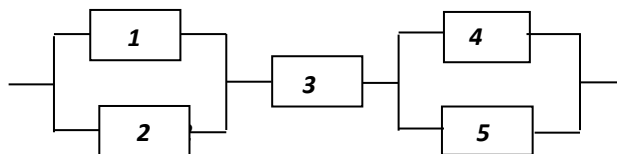
3. Вероятность безотказной работы автоматической линии в течение 120 час. равна 0,9. В предположении о справедливости экспоненциального закона рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов для  $t = 120$  час., а также среднюю наработку до первого отказа.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,3$ . Найти наработку до отказа соответствующую  $P = 0,9$ .

5. Плотность распределения времени до отказа описывается формулой  $f(t) = 6ke^{-2kt}(1 - e^{-kt})$ . Найти среднюю наработку до первого отказа, ВБР.

6. Определить толщину стенки  $t$  трубопровода внутренним диаметром  $d = 5$  см, обеспечивающую ВБР  $P_* = 0,999$ . Трубопровод выполнен из стали, несущая способность  $R$  которой является с.в.  $N(200 \text{ МПа}, (20 \text{ МПа})^2)$ , и нагружен внутренним давлением  $q$ , имеющим случайный характер  $N(10 \text{ МПа}, (1 \text{ МПа})^2)$ .

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивность отказов элементов постоянна и имеют следующие значения

$\lambda_1 = \lambda_2 = 0,23 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_3 = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$ ,  $\lambda_4 = \lambda_5 = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Требуется найти среднюю наработку до первого отказа системы и построить зависимость интенсивности отказов от времени.

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	3,2	-	-	0,2	1,3	500

### Вариант 19

1. Выполнено испытание 1000 изделий. Число отказавших изделий фиксировалось в каждом интервале времени испытаний:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-500	145	3000-3500	51	6000-6500	66
500-1000	86	3500-4000	45	6500-7000	75
1000-1500	77	4000-4500	41	7000-7500	62
1500-2000	69	4500-5000	37	7500-8000	42
2000-2500	62	5000-5500	33	8000-8500	16
2500-3000	56	5500-6000	35	-	-

Определить ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посередине переменной сосредоточенной силой  $Q(t)$ , описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

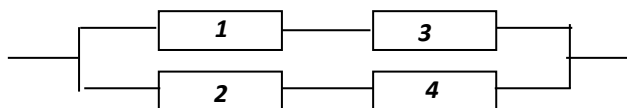
3. Интенсивность отказов изделия равна  $\lambda = 10^{-6} \text{ час.}^{-1}$ . Найти: ВБР для  $t = 10^4$  час,  $2 \times 10^4$  час., ВБР в интервале  $[10^4 \div 2 \cdot 10^4]$  часов.

4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час,  $b = 0,4$ . Найти значение величины интенсивности отказов для  $t = 300$  час.

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k(1 - e^{-kt}) \cdot (1 - 0,5e^{-kt})^{-1}$ . Требуется найти характеристики  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{cp}$ .

6. Обосновать выбор материала для конструкционного элемента, если расчетное напряжение является с.в. с нормальным распределением  $N(0,15 \text{ МПа}, (0,02 \text{ МПа})^2)$ , прочностные характеристики материалов также является с.в. с нормальным распределением. Для первого материала имеем  $N(0,2 \text{ МПа}, (0,01 \text{ МПа})^2)$ , для второго -  $N(0,25 \text{ МПа}, (0,05 \text{ МПа})^2)$ . Выбор материала выполнить по двум критериям – коэффициенту запаса и ВБР.

7. Структурная схема системы приведена на рис. Требуется определить ВБР системы, если известны ВБР элементов  $P_1 = 0,9$ ,  $P_2 = 0,85$ ,  $P_3 = 0,8$ ,  $P_4 = 0,94$ .



Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	$\alpha$	$t \text{ час}$
2	3,2	-	-	0,2	1,3	500

## Вариант 20

1. Проведено испытание 45 изделий и получены данные до первого отказа всех изделий:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-5	1	30-35	4	60-65	3
5-10	5	35-40	3	65-70	3
10-15	8	40-45	0	70-75	3
15-20	2	45-50	1	75-80	1
20-25	5	50-55	0	-	
25-30	6	55-60	0	-	

Определить ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик.

2. Стержневая система нагружена квазистатическими сосредоточенными силами  $Q_1(t)$  и  $Q_2(t)$ , описываемыми случайным процессом. Нормальная эксплуатация стержневой системы возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Средняя наработка изделия до отказа равна  $10^4$  час. Найти наработку  $t_\alpha$ , соответствующую вероятности  $P = 0,9$  в предположении о том, что наработка до отказа подчиняется экспоненциальному закону.

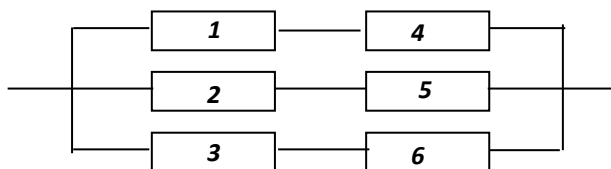
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами  $a = 10^4$  час.,  $b = 2$ . Определить среднюю наработку до отказа и дисперсию наработки до отказа.

5. Интенсивность отказов выражается функцией  $\lambda(t) = k^2 t(1 + kt)^{-1}$ . Требуется определить  $P(t)$ ,  $f(t)$ ,  $T_{cp}$ .

6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень), на который действует растягивающая нагрузка  $Q$ , являющаяся с.в. Предел прочности  $R$  материала, из которого изготовлен элемент, также является с.в.

С.в.  $Q$  и  $R$  описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно  $N(1780 \text{ Н}, (445 \text{ Н})^2)$ ,  $N(690 \text{ МПа}, (34,5 \text{ МПа})^2)$ . Требуемая ВБР элемента равна  $P_* = 0,9999$ . Определить площадь сечения стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Требуется найти ВБР системы, если известны вероятности отказов элементов  $q_1=q_2=q_3=0,05$ ,  $q_4=q_5=q_6=0,1$ .

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из  $N$  групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов  $\lambda$ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами  $T$ ,  $\sigma$ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами  $\mu$ ,  $\alpha$ . Требуется определить ВБР системы в течение времени  $t$ .

$N$	$\lambda \cdot 10^{-4}$ час <sup>-1</sup>	$T_1$ час.	$\sigma_1$ час.	$\mu \cdot 10^{-5}$ час <sup>-1</sup>	$\alpha$	$t$ час
3	0,6	4000	4000	0,16	1,4	2400

