

**Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
Инженерно-физический факультет высоких технологий**

Кафедра нефтегазового дела и сервиса

Ершов В.В.

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ»

*Методические указания к самостоятельной работе студентов
бакалавриата очной формы обучения,
направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»*

Ульяновск, 2019

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Основы теории надежности» / составитель: В.В. Ершов. - Ульяновск: УлГУ, 2020.

Настоящие методические указания предназначены для студентов бакалавриата по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения, изучающих дисциплину «Основы теории надежности». В работе приведены литература по дисциплине, основные темы курса и вопросы в рамках каждой темы, рекомендации по изучению теоретического материала и выполнению практических занятий, контрольные вопросы для самоконтроля.

Цель самостоятельной работы студентов – систематическое изучение дисциплины в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний на лекционных занятиях и выполнении практических работ по дисциплине.

Студентам заочной формы обучения следует использовать данные методические указания для самостоятельного изучения дисциплины. Студентам очной формы обучения они будут полезны при подготовке к семинарским и практическим занятиям и подготовке к сдаче зачёта по данной дисциплине.

Каждый студент материалы самостоятельной работы записывает в рабочую тетрадь с лекциями, оформление которой должно отвечать следующим требованиям:

- на титульном листе указывается название раздела, курса, группы, фамилия, имя, отчество студента;
- каждая работа нумеруется в соответствии с разделами учебной программы, пишется дата выполнения работы;
- в рабочую тетрадь полностью записывается название работы, цель, приводится краткое содержание изученного материала;
- в конце каждой самостоятельной работы приводится основная и дополнительная литература, использованные при изучении материала.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов состоит из двух частей:

- изучение теоретического материала теории надежности;
- подготовка к практическим занятиям по расчету основных количественных и качественных показателей надежности, назначению показателей надёжности сложных систем, стратегии и системы обеспечения надёжности.

Для самостоятельной работы рекомендована основная литература, а также можно использовать дополнительные источники, размещённые на сайтах основных образовательных учреждений, осуществляющих подготовку специалистов для нефтегазовой промышленности.

Литературные источники, указанные в рабочей программе по дисциплине «Основы теории надежности».

основная

1. В. В. Болотин. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990.
2. В. В. Болотин. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984.
3. И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Камбалов. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977.
4. В.П. Когаев, Н.А. Махутов, А.П. Гусенков. Расчеты деталей машин на прочность в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1985.
5. В.П. Когаев. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В. П. Когаев; Под ред. А. П. Гусенкова. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1993. — 364 с.
6. Надежность технических систем: Справочник/Под редакцией И. А. Ушакова.— М.: Радио и связь, 1985.
7. В. Н. Фомин. Нормирование показателей надежности. – М.: Издательство стандартов, 1986.

8. Обеспечение надежности магистральных трубопроводов / А.А. Коршак, Г.Е. Коробков, В.А. Душин, Р.Р. Набиев- Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2000.-170 с..
9. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»
10. Н.И. Самойленко, Т.С. Сенчук. Функциональная надежность магистральных трубопроводных систем: Монография. – Харьков: Изд-во НТМТ.ХНАГХ. – 2009. – 276 с.
11. Фомин В.Н.Радиографический контроль качества в сварочном производстве. — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2008. — 100 с.
- 12.ПоловкоА.М.Основы теории надежности : учебное пособие для вузов / А. М. Половко, С. В. Гуров. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб. : БХВ-Петербург, 2008. — 702 с.
- 13.ПоловкоА.М.Основы теории надежности : практикум : учебное пособие / А. М. Половко, С. В. Гуров. — СПб. : БХВ-Петербург, 2006. — 560 с.

дополнительная литература:

14. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»
15. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. / Ред.совет: В. С. Авдудевский (пред.) и др. Т. 2.
16. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. (Ред. совет: В. С. Авдудевский (пред.) и др. Т. 1. Методология. Организация. Терминология) Под ред. А. И. Рембезы.-М.: Машиностроение, 1989.-224 с.
17. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. / Ред. совет:В. С. Авдудевский (пред.) и др. Т. 2.
18. Математические методы в теории надежности и эффективности/Под ред. Б. В. Гнеденко.-М.: Машиностроение, 1987.-280 с.

19. Надежность и эффективность в технике : Справочник: В 10-ти томах / В. С. Авдуевский, А. М. Андронов, М. А. Арустамов, Е. Ю. Барзилович; Под ред. В. И. Кузнецова. Т. 8: Эксплуатация и ремонт. — 1990. — 320 с.
20. Надежность технических систем. Справочник/Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин и др./Под ред. И. А. Ушакова-М.: Радио и связь, 1985-608 с.
21. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности.-М.: Наука, 1987.-280 с.
22. Хазов Б. Ф., Дидусев Б. А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования.-М.: Машиностроение, 1986.-224 с.

Интернет-ресурсы:

23. Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий. [Электронный ресурс]: сайт. URL:<http://vniigaz.gazprom.ru>.
24. Техэксперт[Электронный ресурс]: профессиональная справочная система. URL: <http://www.cntd.ru>.
25. Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.
26. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](#). Режим доступа: <http://window.edu.ru>
27. Федеральный портал [Российское образование](#). Режим доступа: <http://www.edu.ru>

Образовательные ресурсы УлГУ:

28. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа : <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>
29. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа : <http://edu.ulsu.ru>

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы <i>(проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</i>	Объем в часах	Форма контроля <i>(проверка решения задач, реферата и др.)</i>
1. Введение в дисциплину. Общая характеристика как науки. Жизненный цикл объекта.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Проработка материала лекции с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. ➤ Изучаемые вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия теории надежности. 2. Жизненный цикл объекта. 3. Поддержание надежности объекта в эксплуатации 4. Основные состояния объекта. ➤ Подготовка к сдаче зачёта. 	4	Устный опрос, зачёт
2. Количественные и качественные характеристики и надёжности.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Проработка учебного материала лекции с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. ➤ Изучаемые вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные термины и определения. 2. Базовые термины из теории вероятностей и математической статистики. 3. Количественные показатели надежности. 4. Определение показателей надежности. 5. Расчет количественных показателей надежности по статистическим данным об отказах. ➤ Подготовка к практическим занятиям; ➤ Подготовка к сдаче зачёта. 	8	Отчёт по практическим занятиям, защита расчетов.
3. Назначение показателей надёжности сложных систем.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Проработка учебного материала лекции с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины. ➤ Изучаемые вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение надежности сложных систем. 2. Расчет показателей надежности с помощью методов теории вероятности. 3. Определение неизвестных параметров распределения. 4. Расчет показателей надежности с 	8	Отчёт по практическим занятиям, защита расчетов.

	<p>помощью методов теории вероятности.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Подготовка к практическим занятиям; ➤ Подготовка к сдаче зачёта. 		
--	--	--	--

4. Стратегии и системы обеспечения надёжности.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; ➤ Изучаемые вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Общие положения. 2. Метод структурных схем. 3. Метод логических схем. 4. Схемно-функциональный метод. 5. Определение частоты и интенсивность отказов оборудования. 6. Определение вероятности безотказной работы объектов. ➤ Подготовка к практическим занятиям; ➤ Подготовка к сдаче зачёта. 	8	Отчёт по практическим занятиям, защита расчетов
5. Оценка надёжности объектов по результатам эксплуатационных испытаний.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Проработка учебного материала лекции с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; ➤ Изучаемые вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Вычисление показателей надежности невозстанавливаемых изделий. 2. Определение показателей надежности восстанавливаемых изделий. 3. Экспоненциальный закон распределения отказов. 4. Распределение Вейбулла и нормальный закон распределения. 5. Надежность сложных систем с последовательным соединением элементов. 6. Надежность систем с параллельным соединением элементов. 7. Расчет показателей надежности резервированных изделий. ➤ Подготовка к практическим занятиям; ➤ Подготовка к сдаче зачёта. 	6	Отчёт по практическим занятиям, защита расчетов, зачёт
6. Нормирование надежности.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Проработка учебного материала лекции с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины; ➤ Изучаемые вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор номенклатуры нормируемых показателей надежности. 2. Техничко-экономическое обоснование 	2	Устный опрос, зачёт

	<p>значений показателей надежности объекта и его составных частей.</p> <p>3. Задание требований к точности и достоверности исходных данных.</p> <p>4. Формулирование критериев отказов, повреждений и предельных состояний.</p> <p>5. Нормируемый показатель надежности.</p> <p>➤ Подготовка к сдаче зачёта.</p>		
--	--	--	--

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ НАДЕЖНОСТИ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ. СОСТАВЛЯЮЩИЕ НАДЕЖНОСТИ.

1. В чем заключается понятие надежности как свойства объекта?
2. Перечислите и дайте определения основных состояний и событий, которыми характеризуется надежность?
3. В чем общность и отличия состояний «исправность» и «работоспособность» объекта?
4. При каких условиях наступает предельное состояние объекта?
5. Какими могут быть объекты по способности к восстановлению работоспособного состояния?
6. Какими могут быть отказы по типу и природе происхождения?
7. Перечислите основные признаки классификации отказов?
8. Перечислите и дайте определение свойств (составляющих) надежности?
9. Дайте определение показателя надежности?
10. Перечислите и поясните показатели долговечности?

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ: ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

1. Перечислите показатели безотказности объекта и поясните, чем отличаются статистическая (выборочные оценки) и вероятностная форма (определения)?
2. Поясните «схему испытаний» объекта при определении выборочных оценок показателей безотказности?
3. Дайте определение «оценки» вероятности события и объясните условие сходимости оценки и вероятности события?
4. Перечислите и поясните основные аксиомы вероятности?
5. Перечислите и поясните смысл основных правил (теорем) теории вероятностей?
6. Назовите следствия основных теорем теории вероятностей?

ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ: ВЕРОЯТНОСТЬ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ, ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКАЗОВ, ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ

1. Перечислите показатели безотказности объекта и поясните в чем отличия статистических оценок от вероятностной формы их представления?
2. Дайте определение вероятности безотказной работы (ВБР) объекта и поясните ее смысл?
3. Чем отличается ВБР объекта к наработке t от ВБР в интервале наработки $[t, t + t]$?
4. Дайте определение плотности распределения отказов (ПРО) и поясните ее смысл при оценке надежности объекта?
5. Дайте графическую интерпретацию понятий ВБР и вероятности отказов (ВО)?
6. Дайте определение интенсивности отказов (ИО) и поясните ее смысл при оценке надежности объекта?

УРАВНЕНИЕ СВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ. ЧИСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗОТКАЗНОСТИ

1. Поясните смысл уравнения связи показателей безотказности?
2. Дайте определение статистической оценки и вероятностного представления средней наработки до отказа?
3. Перечислите условные средние наработки до отказа и поясните необходимость их использования?
4. Дайте определение статистических оценок и вероятностного представления характеристик рассеивания случайной величины наработки.

НОРМАЛЬНЫЙ ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА

1. Объясните почему распределение Гаусса называется нормальным?
2. Поясните на изменении кривой плотности распределения отказов влияние параметров распределения: математического ожидания и дисперсии?
3. Приведите расчетные выражения для показателей безотказности, определенные через табличные функции: $f(x)$, $F(x)$ и (x) ?
4. При каких условиях корректно использовать классическое нормальное распределение, и в каких случаях целесообразно применять усеченные нормальные распределения?
5. Приведите расчетные выражения показателей безотказности для усеченного «слева» нормального распределения?
6. Нарботка до отказа серийно выпускаемой детали распределена нормально с параметрами:
 $T_0 = M(T) = 104$ час, $S = S(T) = 250$ час. Определить:
 - 1) вероятность того, что при монтаже прибора в него будут поставлены детали, наработка до отказа которых будет находиться в интервале $[5000, 9000]$ час;

- 2) вероятность того, что при монтаже прибора в него будут поставлены детали, наработка до отказа которых будет находиться в интервале $[T_0 - 3S, T_0 + 3S]$;
- 3) вероятность того, что безотказно проработав до момента времени 5000 час, деталь безотказно проработает и до 9000 час?

Ответы: 1) 0.00003, 2) 0.9974, 3) 0.99997.

7. Комплектующая деталь, используемая при изготовлении устройства, по данным поставщика этой детали имеет нормальное распределение наработки с параметрами:

$T_0 = 4 \cdot 10^3$ час, $S = 800$ час. Определить интересующую конструктора прибора:

- 1) наработку до отказа, соответствующую 90% надежности детали;
- 2) вероятность того, что при монтаже деталь имеет наработку, лежащую в интервале $[2.5 \cdot 10^3, 3 \cdot 10^3]$;
- 3) вероятность того, что при монтаже деталь имеет наработку, большую, чем $2.5 \cdot 10^3$ час?

Ответы: 1) 2974.4, 2) 0.0755, 3) 0.9699.

ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ

1. Как описывается изменение плотности распределения отказов при экспоненциальном распределении наработки до отказа?
2. Получите расчетное выражение для ВБР, ВО и ИО при экспоненциальном распределении наработки до отказа?
3. Как связаны числовые характеристики наработки до отказа с интенсивностью отказов при экспоненциальном распределении наработки до отказа?

Назначенный ресурс прибора предполагается $T_n = 10^4$ час. Определить интересующую конструктора:

- 1) среднюю полезную наработку детали к моменту T_n ;
- 2) вероятность того, что деталь безотказно проработает в интервале наработки $[0, T_n]$;
- 3) вероятность того, что деталь безотказно проработает в интервале наработки $[10^3, 10^4$ час]?

Ответы: 1) $9.5 \cdot 10^3$ час, 2) 0.905, 3) 0.914.

6. На сборку прибора поступила деталь, прошедшая испытания на надежность. Известно, что наработка до отказа детали подчиняется экспоненциальному распределению с параметром $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ час⁻¹. Определить вероятность того, что при монтаже прибора в него будут поставлены детали, наработка до отказа которых будет находиться в интервале $[10^3, 10^4]$ час?

Ответ: 0.345.

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Основные цели и задачи расчета показателей надежности систем?
2. Определите состав рассчитываемых показателей безотказности системы?
3. Перечислите и поясните основные этапы расчета надежности систем?
4. Что такое структура надежности?
5. Что такое математическая модель расчета надежности?
6. Какие виды резервирования существуют. В чем отличие нагруженного и ненагруженного резервирования?
7. Что такое кратность резервирования и в чем отличие целой и дробной кратности?

НАДЕЖНОСТЬ ОСНОВНОЙ СИСТЕМЫ

1. Что такое основная система и в чем состоит условие ее безотказной работы?
2. Как определяются показатели безотказности основной системы: ВБР и ИО?
3. Как определяются показатели безотказности основной системы: ПРО и МО наработки до отказа?
4. Какой закон распределения наработки до отказа будет иметь основная система, если законы распределения наработки до отказа элементов являются экспоненциальными (привести доказательство)?
5. В чем заключается необходимость распределения норм надежности между элементами основной системы?
6. Какие существуют способы распределения норм надежности между элементами основной системы, и чем они отличаются?
7. Структура проектируемой системы представляется основной системой, состоящей из 10 элементов «А», 15 элементов «В», 32 элементов «D» и 8 элементов «F». Интенсивности отказов элементов известны и равны: $A = 2 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹, $B = 4 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹, $D = 2.5 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹, $F = 5 \cdot 10^{-6}$ час⁻¹. Определить среднюю наработку до отказа T_{0c} и ВБР системы за наработки $t_1 = 100$ час, $t_2 = 1000$ час и в интервале указанных наработок? Определить плотность распределения отказов системы при наработке $t_2 = 1000$ час?

Ответ: $T_{0c} = 5 \cdot 10^3$ час, $P(t_1) = 0.98$, $P(t_2) = 0.819$, $P_c(t_1, t_2) = 0.836$, $f(t_2) = 1.64 \cdot 10^{-4}$ час⁻¹.

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ С НАГРУЖЕННЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

1. Чем отличаются системы с нагруженным резервированием с целой и дробной кратностью? Привести расчетные выражения показателей безотказности?
2. Какой закон распределения наработки до отказа будет у системы с нагруженным

резервированием, если законы распределения наработки до отказа составляющих ее элементов – экспоненциальные?

3. Какие задачи оптимизации решаются и в чем они состоят для систем с нагруженным резервом?
4. Как определяется вероятность безотказной работы системы с нагруженным резервированием и дробной кратностью?
5. При каких условиях наиболее эффективно применение нагруженного резервирования?

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ С НЕНАГРУЖЕННЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

1. Что представляет собой ненагруженное резервирование и как случайная наработка до отказа системы связана со случайными наработками составляющих систему элементов?
2. Основные допущения, принятые при расчете системы с ненагруженным резервированием?
3. К какому закону распределения стремится наработка до отказа системы при больших значениях кратности резервирования?
4. Проанализируйте, как изменяется вероятность безотказной работы системы с увеличением кратности резервирования?
5. При каких условиях ненагруженное резервирование становится значительно эффективнее нагруженного?
6. Какой закон распределения наработки до отказа будет у системы с ненагруженным резервированием, если законы распределения наработки до отказа элементов являются нормальными?
7. Приведите расчетные формулы показателей безотказности для системы с нормальным распределением наработки элементов?

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ С ОБЛЕГЧЕННЫМ И СО СКОЛЬЗЯЩИМ РЕЗЕРВОМ

1. Что в надежности представляет облегченный резерв и в каком виде резервирования он является?
2. Сформулируйте условие работоспособности системы с облегченным резервом?
3. Приведите логическую цепь вывода выражения ВБР системы с облегченным резервом?
4. Что представляет собой скользящее резервирование в надежности, и в каком виде резервирования оно является?
5. Сформулируйте условия работоспособности системы со скользящим резервированием и приведите логическую цепь вывода выражения ВБР системы?

НАДЕЖНОСТЬ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ

1. В чем особенности марковского случайного процесса, на основе которого строится расчетная модель для восстанавливаемых объектов и систем?
2. Основные этапы составления расчетной модели?
3. Что представляет собой система дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена?
Объясните смысл каждого из составляющих в дифференциальном уравнении?
4. Поясните мнемоническое правило составления дифференциального уравнения вероятностей состояния (уравнение Колмогорова - Чепмена)?
5. Дайте определение и поясните смысл показателей надежности восстанавливаемых объектов и систем?
6. Поясните, как изменяются показатели надежности восстанавливаемого объекта при изменении интенсивности восстановления?
7. Особенности применения метода дифференциальных уравнений для расчета надежности невосстанавливаемых объектов?
8. На любом из примеров поясните связь графа состояний с логической структурой надежности?

НАДЕЖНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗАХ. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ

1. Поясните смысл и природу постепенных отказов?
2. Что называется определяющим параметром, и в чем заключается условие работоспособности объекта?
3. Что представляет собой время сохранения работоспособности?
4. Из каких составляющих состоит случайный процесс изменения определяющего параметра?
Дайте характеристику каждой составляющей?
5. Как изменяется определяющий параметр в зависимости от наработки объекта?
6. Перечислите основные классы моделей приближения объекта к отказам, в чем их принципиальное отличие?
7. Перечислите основные типы моделей приближения объекта к отказам, в чем их принципиальное отличие?

НАДЕЖНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗАХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СОХРАНЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

1. Определите состав рассчитываемых показателей надежности объекта при постепенных отказах?

2. Поясните определение вероятности нахождения объекта в работоспособном состоянии?
3. Как определяется плотность распределения наработки до отказа? Что представляют общие модели расчета плотности распределения?
4. Поясните принцип расчета времени сохранения работоспособности объекта при веерных моделях изменения ОП?
5. Поясните принцип расчета времени сохранения работоспособности объекта при равномерной модели изменения ОП?

Задачи:

7. Прибор может работать в двух режимах: «1» и «2». Режим «1» наблюдается в 80% случаев, режим «2» - в 20% случаев за время работы T . Вероятность того, что прибор откажет при работе в режиме «1» равна 0.1, а вероятность отказа прибора в режиме «2» - 0.7. Найти вероятность отказа прибора за время T ? **Ответ: 0.22**
8. Прибор состоит из 3-х блоков, которые независимо друг от друга могут отказать. Отказ каждого из блоков приводит к отказу всего прибора. Вероятность того, что за время T работы прибора откажет первый блок, равна 0.2, второй – 0.1, третий – 0.3. Найти вероятность того, что за время T прибор проработает безотказно?

Ответ: 0.504

7. По результатам испытаний $N=100$ однотипных элементов определить показатели безотказности для заданных наработок t_i , если известно, что число отказавших элементов $n(t_i)$ к моментам наработки составляет:

$$t_1 = 100 \text{ ч}$$

$$t_2 = 150 \text{ ч}$$

$$t_3 = 200 \text{ ч}$$

$$t_4 = 250 \text{ ч}$$

$$t_5 = 300 \text{ ч}$$

$$n(t_1) = 5$$

$$n(t_2) = 8$$

$$n(t_3) = 11$$

$$n(t_4) = 15$$

$$n(t_5) = 21$$

Построить графики расчетных показателей

Критерии шкала оценки лабораторных работ:

- критерии оценивания – правильные выполненные задания по практическим работам;
- показатель оценивания – защита расчетных работ;
- шкала оценивания (оценка) – умение правильно делать выводы по результатам расчетов, оценка компетенций:

Критерии шкала оценки на зачете:

- критерии оценивания – правильные ответы на поставленные вопросы;
- показатель оценивания – процент верных ответов на вопросы;
- шкала оценивания (оценка) – зачет, незачет: