

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шиломаева Ирина Алексеевна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 27.06.2025 16:17:25
Уникальный программный ключ:
8b264d3408be5f4f2b4acb7cfae7e625f7b6d62e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)
Тучковский филиал Московского политехнического университета

УТВЕРЖДАЮ
заместитель директора по УВР
_____ О.Ю. Педашенко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22 Надежность технических систем

Направление подготовки

**23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов**

Профиль подготовки

Автомобильная техника и сервисное обслуживание

**Квалификация (степень)
выпускника
Бакалавр**

**Форма обучения
заочная**

Тучково 2025

Рабочая программа учебной дисциплины «Надежность технических систем» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 N 916 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 августа 2020 г., регистрационный № 59405).

Организация-разработчик: Тучковский филиал Московского политехнического университета

Разработчик

Нечушкин А.П., к.т.н.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Надежность технических систем» являются:

- приобретение теоретических знаний и профессиональных навыков в области обеспечения надежности технических систем и их элементов на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации;
- изучение динамики изменения технического состояния, показателей надежности и основных причин появления отказов транспортно-технологических средств;
- изучение основных положений теории трения, изнашивания и усталостного разрушения элементов технических систем;
- выполнение расчета надежности элементов технических систем по критериям долговечности и безопасности вероятностными методами;
- количественная оценка показателей надежности и характеристик процесса восстановления работоспособности транспортно-технологических средств;
- обеспечение надежности транспортно-технологических средств на различных этапах жизненного цикла

Задачами дисциплины является

- освоение студентами общих закономерностей физических процессов, определяющих надежность автомобилей и автомобильного транспорта;
- формированию общекультурных и профессиональных компетенций в теории надежности и распределении случайных величин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Надежность технических систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана, согласно ФГОС ВО для направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ИНДИКАТОРАМИ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Планируемые результаты обучения
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИУК- 2.1. Формулирует совокупность задач в рамках поставленной цели проекта, решение которых обеспечивает ее достижение. ИУК- 2.2. Определяет связи между поставленными задачами, основными компонентами проекта и ожидаемыми результатами его реализации. ИУК- 2.3. Выбирает оптимальные способы планирования, распределения зон ответственности, решения задач, анализа результатов с учетом действующих правовых норм, имеющихся условий, ресурсов и ограничений, возможностей использования.	Знать: динамику изменения технического состояния, показателей надежности и основных причин появления отказов технических систем Уметь: сравнивать по основным критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности Владеть: количественной оценкой показателей надежности и характеристик процесса восстановления работоспособности технических систем
ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасныетехнические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности	ИОПК-5.1 Демонстрирует знание современных технологий в профессиональной деятельности ИОПК-5.2 Обосновывает и реализует современные технологии по обеспечению работоспособности машин и оборудования в области эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ИОПК-5.3 Обеспечивает безопасные условия выполнения производственных процессов ИОПК-5.4 Выявляет и устраняет нарушения правил безопасного выполнения производственных процессов	Знать: основные положения теории трения, изнашивания и усталостного разрушения элементов технических систем Уметь: выполнить расчеты надежности элементов механических систем по критериям долговечности и безопасности вероятностными методами Владеть: методами обеспечения надежности транспортно-технологических средств на различных этапах жизненного цикла

	ИОПК-5.5 Проводит профилактические мероприятия по предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний	
ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ПК-8.1 Участвует в составе рабочей группы в разработке мероприятий по достижению плановых эксплуатационных показателей транспортных и транспортно-технологических машин ПК-8.2 Участвует в составе рабочей группы в разработке мероприятий по достижению плановых показателей с определением ресурсов, обоснованием набора заданий для подразделений организации, участвующих в техническом обслуживании, ремонте и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ПК-8.3 Участвует в координации деятельности подразделений организации при реализации перспективных и текущих планов технического обслуживания, ремонта и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин ПК-8.4 Участвует в реализации мероприятий по материально-техническому и кадровому обеспечению подразделений технического обслуживания, ремонта и эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин	Знать: порядок разработки и согласования технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автомобилей и тракторов Уметь: выполнять теоретические и экспериментальные научные исследования и опытно-конструкторские разработки по поиску и всесторонней проверке новых идей совершенствования автомобилей Владеть: методами организации технического контроля с необходимой точностью при исследовании, проектировании, производстве и эксплуатации автомобилей и их технологического оборудования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Объем в часах
Общая трудоемкость дисциплины	108 (3 зачетных единицы)
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	12
Аудиторная работа (всего), в том числе:	12
Лекции	6
Семинары, практические занятия	6
Лабораторные работы	-
Внеаудиторная работа (всего):	
в том числе: консультация по дисциплине	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	96
Вид промежуточной аттестации обучающегося	зачет

4.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины

Наименование разделов и тем	курс	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)							Компетенции
		Всего	Из них аудиторные занятия			Самост оательн ая работа	Курсо вая работа	Контро льная работа	
			Лекции	Лаборато рные работы	Практиче ские/семи нарские				
Тема 1 Надежность и техническое состояние технических систем	4	10		-	-	10			УК-2, ОПК-5,ПК-8
Тема 2 Процессы, приводящие к потере работоспособности. Неработоспособные состояния и отказы	4	14	2	-	2	10			УК-2, ОПК-5,ПК-8
Тема 3 Частные свойства надежности	4	14		-	2	12			УК-2, ОПК-5,ПК-8
Тема 4 Законы распределения единичных показателей надежности. Комплексные показатели надежности	4	23	2	-	1	20			УК-2, ОПК-5,ПК-8
Тема 5 Тема 5 Структурный анализ надежности систем. Испытания на надежность	4	23	2	-	1	20			УК-2, ОПК-5,ПК-8
Тема 6 Основные направления повышения надежности технических систем	4	24		-	-	24			УК-2, ОПК-5,ПК-8
Итого по дисциплине		16	6	-	6	96			

4.3 Содержание дисциплины «Надежность технических систем»

Тема 1 Надежность и техническое состояние технических систем

Понятие и структура технической системы; элементы технической системы: средства технологического оснащения, предмет производства, исполнитель; регламентированные условия производства. Иерархические уровни технологических систем. Определение понятия надежность. Ключевые атрибуты надежности. Работоспособное и неработоспособное состояние механической системы. Критерии работоспособного состояния технологической системы

Тема 2 Процессы, приводящие к потере работоспособности. Неработоспособные состояния и отказы

Изменение состояния технической системы в течение жизненного цикла. Процессы, приводящие к потере работоспособности: изнашивание, усталость, коррозия, старение. Виды и характеристики изнашивания. Потеря прочности, виды изломов. Виды коррозионного повреждения. Сущность старения материалов.

Виды неработоспособных состояний технической системы. Понятие отказа. Типы отказов: функциональный и параметрический. Виды отказов: собственный, вынужденный, постепенный, внезапный, зависимый, независимый, явный, скрытый, сбой, перемежающийся, необратимый, конструктивный, производственный, эксплуатационный, критический, ресурсный. Отказы технологической системы по параметрам продукции, по производительности, по затратам.

Тема 3 Частные свойства надежности

Безотказность: определение и показатели - наработка до отказа, наработка на отказ, вероятность безотказной работы, средние и гамма-процентные показатели, плотность вероятности безотказной работы, интенсивность отказов, параметр потока отказов. Установленная безотказная наработка, назначенная наработка технического комплекса, вероятность выполнения технологической системой задания. Ремонтпригодность: определение и показатели. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты, ремонтируемые и неремонтируемые объекты. Показатели ремонтпригодности: время восстановления, вероятность восстановления, интенсивность восстановления, среднее и гамма-процентное время восстановления, трудоемкость восстановления, средняя удельная трудоемкость восстановления. Долговечность: определение и показатели - срок службы и ресурс, распределение срока службы (ресурса), средние и гамма-процентные показатели, остаточный ресурс, назначенный ресурс. Сохраняемость: определение и показатели - срок сохраняемости, распределение срока сохраняемости, средние и гамма-процентные сроки сохраняемости, назначенный срок хранения.

Тема 4 Законы распределения единичных показателей надежности.

Комплексные показатели надежности

Основные виды законов распределения показателей надежности: экспоненциальный, нормальный, Вейбулла. Определение параметров законов распределения, проверка адекватности законов распределения. Коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент использования технической системы, коэффициент выхода годной продукции, коэффициент сохранения производительности, коэффициент расхода i -того вида материальных (стоимостных) затрат.

Тема 5 Структурный анализ надежности систем. Испытания на надежность

Определение, виды и причины ошибок человека-оператора, показатели надежности работы человека, экспериментальная проверка надежности работы человека. Функция надежности работы человека в непрерывной временной области, прогнозирование ошибок человека. Элементы системы, критерии их определения. Подсистемы сложных систем. Последовательные, параллельные и смешанные системы. Приведение смешанных систем к последовательным. Определение показателей надежности сложных систем. Объект и цель испытаний на надежность. Испытания определительные и контрольные, выборочные и полные, стендовые и натурные, нормальные и форсированные. Планирование испытаний на надежность, виды планов.

Тема 6 Основные направления повышения надежности технических систем

Факторы, повышающие и снижающие надежность. Конструктивные методы повышения надежности. Технологические методы повышения надежности. Обеспечение надежности при эксплуатации. Повышение надежности при ремонте. Система экономических показателей надежности. Содержание и классификация ущерба от отказов. Экономическая оценка оптимальной надежности.

Практическая работы

Практическая работа 1

Положения теории вероятностей, применяемые в расчетах надежности изделий.

Практическая работа 2

Определение показателей безотказности невосстанавливаемых объектов по статистическим данным

Практическая работа 3

Расчет показателей невосстанавливаемой сложной системы

Практическая работа 4

Определение показателей надежности невосстанавливаемых систем при различных законах распределения

Практическая работа 5

Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

5. Оценочные материалы по дисциплине

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

Фонд оценочных средств по дисциплине приведён в Приложении 1 (фонд оценочных средств) к рабочей программе дисциплины.

4.4. Практическая подготовка

Практическая подготовка реализуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Объем занятий в форме практической подготовки составляет 6 часов

Вид занятия	Тема занятия	Количество часов	Форма проведения	Коды компетенции
Практическое занятие 1	Положения теории вероятностей, применяемые в расчетах надежности изделий.	2	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	УК-2, ОПК-5, ПК-8
Практическое занятие 2	Определение показателей безотказности невосстанавливаемых объектов по статистическим данным	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	УК-2, ОПК-5, ПК-8
Практическое занятие 3	Расчет показателей невосстанавливаемой сложной системы	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	УК-2, ОПК-5, ПК-8
Практическое занятие 4	Определение показателей надежности невосстанавливаемых систем при различных законах распределения	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная самостоятельная работа	УК-2, ОПК-5, ПК-8
Практическое занятие 5	Применение основных математических законов распределения наработки	1	Выполнение практического задания. Индивидуальная	УК-2, ОПК-5, ПК-8

	до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем		самостоятельная работа	
--	---	--	------------------------	--

4.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом по дисциплине в объеме 96 часов.

Самостоятельная работа реализуется в рамках программы освоения дисциплины в следующих формах:

- работа с конспектом занятия (обработка текста);
- проработка тематики самостоятельной работы;
- написание контрольной работы;
- поиск информации в сети «Интернет» и литературе;
- выполнение индивидуальных заданий;
- подготовка к сдаче зачета, экзамена.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний студентов;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию, учебную и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- развитию исследовательских умений студентов.

Технология организации самостоятельной работы обучающихся включает использование информационных и материально-технических ресурсов филиала:

- библиотеку с читальным залом, компьютерные классы с возможностью работы в Интернет;
- аудитории для самостоятельной работы.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультирование по выполнению задания, который включает цель задания, его содержания, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки.

Во время выполнения обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы и при необходимости преподаватель может проводить индивидуальные и групповые консультации.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами обучающихся в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем;
- организация самопроверки, взаимопроверки выполненного задания в группе;
- обсуждение результатов выполненной работы на занятии;
- проведение письменного опроса;
- проведение устного опроса; организация и проведение индивидуального собеседования;
- организация и проведение собеседования с группой.

6. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины

6.1 Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Надежность механических систем : учебное пособие / составители С-С. Ш. Саая, О. О. Куулар. — Кызыл : ТувГУ, 2018. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156172> (дата обращения: 25.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Морозов, Н. А. Надежность технических систем : учебное пособие / Н. А. Морозов. — Оренбург : ОГУ, 2019. — 105 с. — ISBN 978-5-7410-2321-1. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159992> (дата обращения: 25.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей

3. Фомин, А. И. Основы надежности технических систем : учебное пособие / А. И.

Фомин, Е. А. Нуязин. — Саранск : МГУ им. Н.П. Огарева, 2019. — 124 с. — ISBN 978-5-7103-3764-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

— URL: <https://e.lanbook.com/book/154349> (дата обращения: 25.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

4. Голубев, В. В. Методические указания по дисциплине «Теоретические основы определения показателей надежности технических систем» : методические указания / В. В. Голубев, Д. М. Рула. — Тверь : Тверская ГСХА, [б. г.]. — Часть 1 — 2014. — 58

с. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134273> (дата обращения: 25.03.02). — Режим доступа: для авториз. пользователей

5. Исаенко, В. Д. Основы теории надежности технических систем (Автомобильный транспорт) : учебное пособие / В. Д. Исаенко, П. В. Исаенко, А. В. Исаенко. — Томск : ТГАСУ, 2018. — 208 с. — ISBN 978-5-93057-864-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138987> (дата обращения: 25.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Периодика

1. Журнал технических исследований : сетевой научный журнал / гл. ред. Н.А. Салькова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — URL: <https://znanium.com/catalog/magazines/issues?ref=6de5e665-cd41-11e8-bfa5-90b11c31de4c>. — Текст : электронный.

2. Наука и жизнь / гл. ред. Е.Л. Лозовская ; учред. редакция журнала «Наука и жизнь». — Москва : Наука и жизнь, 2021. — Режим доступа: по подписке. — URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=journal_red&jid=618821. — ISSN 0028-1263. — Текст : электронный.

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Консультант+ (лицензионное программное обеспечение отечественного производства)
2. <http://www.garant.ru> (ресурсы открытого доступа)
3. Справочная правовая система «Консультант плюс»
4. База данных Росстандарта – <https://www.gost.ru/portal/gost/>
5. База данных Государственных стандартов: <http://gostexpert.ru/>

6.2 Перечень материально-технического, программного обеспечения

Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с учебным планом	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения.
Б1. О. 22 Надежность технических систем	Кабинет технических систем	учебные места, оборудованные блочной мебелью, рабочее место преподавателя в составе стол, стул, тумба, компьютер преподавателя с выходом в сеть интернет, экран, мультимедийный проектор, тематические стенды, презентационный материал	Microsoft Windows XP Kaspersky Endpoint для бизнеса КонсультантПлюс AdobeReader Cisco WebEx Информационно-коммуникационная платформа «Сферум» Образовательная платформа https://mospolytech-tuchkovo.online/
Б1. О. 22 Надежность технических систем	Аудитория для самостоятельной работы	Учебные места, оборудованные блочной мебелью, компьютерами с выходом в сеть Интернет, многофункциональное устройство	Microsoft Windows XP Kaspersky Endpoint для бизнеса КонсультантПлюс AdobeReader Cisco WebEx Информационно-коммуникационная платформа «Сферум» Образовательная платформа https://mospolytech-tuchkovo.online/

7. Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Обучение по дисциплине обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Содержание образования и условия организации обучения, обучающихся с ограниченными возможностями здоровья определяются адаптированной образовательной программой, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии).

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);

— устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

8. Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

**Фонд оценочных средств
для текущего контроля и промежуточной аттестации при изучении
учебной дисциплины
Б1. О. 22 Надежность технических систем**

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код и наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1 Надежность и техническое состояние технических систем	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ИУК- 2.1 ИУК- 2.2 ИУК- 2.3 ИОПК-5.1 ИОПК-5.2 ИОПК-5.3 ИОПК-5.4 ИОПК-5.5 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-8.4	практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, зачет
Тема 2 Процессы, приводящие к потере работоспособности. Неработоспособные состояния и отказы	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ИУК- 2.1 ИУК- 2.2 ИУК- 2.3 ИОПК-5.1 ИОПК-5.2 ИОПК-5.3 ИОПК-5.4 ИОПК-5.5 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-8.4	практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, зачет
Тема 3 Частные свойства надежности	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ИУК- 2.1 ИУК- 2.2 ИУК- 2.3 ИОПК-5.1 ИОПК-5.2 ИОПК-5.3 ИОПК-5.4 ИОПК-5.5 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-8.4	практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, зачет
Тема 4 Законы	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и	ИУК- 2.1	практические работы

распределения единичных показателей надежности. Комплексные показатели надежности	выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ИУК- 2.2 ИУК- 2.3 ИОПК-5.1 ИОПК-5.2 ИОПК-5.3 ИОПК-5.4 ИОПК-5.5 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-8.4	(отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, зачет
Тема 5 Тема 5 Структурный анализ надежности систем. Испытания на надежность	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ИУК- 2.1 ИУК- 2.2 ИУК- 2.3 ИОПК-5.1 ИОПК-5.2 ИОПК-5.3 ИОПК-5.4 ИОПК-5.5 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-8.4	практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, зачет
Тема 6 Основные направления повышения надежности технических систем	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации	ИУК- 2.1 ИУК- 2.2 ИУК- 2.3 ИОПК-5.1 ИОПК-5.2 ИОПК-5.3 ИОПК-5.4 ИОПК-5.5 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-8.4	практические работы (отдельный материал); реферат; устный опрос, собеседование; тест, зачет

Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП прямо связаны с местом дисциплин в образовательной программе.

Каждый этап формирования компетенции, характеризуется определенными знаниями, умениями и навыками и (или) опытом профессиональной деятельности, которые оцениваются в процессе текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по дисциплине (практике) и в процессе итоговой аттестации. Дисциплина является промежуточным этапом комплекса дисциплин, в ходе изучения которых у студентов формируются компетенции УК-2, ОПК-5, ПК-8.

В процессе изучения дисциплины, компетенции также формируются поэтапно. Основными этапами формирования УК-2, ОПК-5, ПК-8 при изучении дисциплины является последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение студентами необходимыми дескрипторами (составляющими) компетенций. Для оценки уровня сформированности компетенций в процессе изучения дисциплины предусмотрено проведение текущего контроля успеваемости по темам (разделам) дисциплины и промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

1. Понятие "надежность технических систем". Необходимость обеспечения надежности технических объектов.
2. Составляющие надежности.
3. Что такое долговечность и безотказность технических системы?
4. Эксплуатационные свойства деталей и их соединений, определяющие надежность технических систем.
5. Статическая и усталостная прочность деталей технических систем.
6. Износостойкость деталей технических систем.
7. Датчики и приборы, применяемые для диагностирования технических систем.
9. Основные показатели надежности. В каком одном из четырех состояний может находиться технический объект.
10. Дайте определение понятию «отказ». Виды и причины отказов и повреждений

оборудования.

11. Основные составляющие теории надежности, используемые в расчетах, стадии их применения. К чему сводится в итоге анализ надежности объекта.
12. Основные показатели теории вероятностей и математической статистики, используемые в теории надежности.
13. Дайте определение функции случайной величины. Чем характеризуется распределение случайной величины?
14. Дайте определение и объясните смысл понятий квантиль, мода, медиана, дисперсия, среднее квадратическое отклонение.
15. Надежность оборудования в период нормальной эксплуатации. Основные зависимости расчета показателей безотказности в период нормальной эксплуатации.
16. Надежность оборудования в период постепенных отказов. Основные зависимости, используемые при расчете надежности.
17. Основные показатели, характеризующие надежность восстанавливаемых изделий.
18. Дайте определение понятия «техническая система». Классификация систем с позиции надежности.
19. Основные положения метода расчета надежности последовательной системы.
15. Цели и задачи резервирования. Классификация основных способов резервирования технических объектов.
20. Расчет показателей надежности систем при различных способах резервирования.
21. Необходимость проведения испытаний на надежность. Пути сокращения объема испытаний.
22. Качество и надежность технических систем
23. Количественные показатели надежности
24. Законы распределения случайных величин
25. Надежность в период нормальной эксплуатации
26. Показатели надежности ремонтируемых объектов
27. Надежность неремонтируемых объектов
28. Надежность систем с резервированием
29. Показатели долговечности
30. Показатели сохраняемости
31. Показатели ремонтпригодности
32. Комплексные показатели надежности
33. Формирование показателей надежности на стадиях проектирования
34. Методы расчета надежности систем различных типов

35. Причины снижения работоспособности машин в эксплуатации
36. Факторы, влияющие на характер и интенсивность изнашивания элементов машин
37. Методы обеспечения надежности при изготовлении изделий
38. Обеспечение надежности при эксплуатации и ремонте изделий

Критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«зачтено»	теоретическое содержание материала освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному
«не зачтено»	выставляется в том случае, когда обучающийся демонстрирует фрагментарные знания основных разделов программы изучаемого курса: его базовых понятий и фундаментальных проблем. У экзаменуемого слабо выражена способность к самостоятельному аналитическому мышлению, имеются затруднения в изложении материала, отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки и незнание терминологии, отказ отвечать на дополнительные вопросы, знание которых необходимо для получения положительной оценки

2.2 ТИПОВОЕ ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ

1. Состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значение заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией, называется:

1. Исправное состояние.
2. Работоспособное состояние.
3. Неисправное состояние.
4. Нормальное состояние.

2. Какое состояние объекта определяется невозможностью его дальнейшей эксплуатации из-за неустранимого ухода заданных параметров за установленные пределы или неустранимого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой, необходимости проведения среднего или капитального ремонта:

1. Неисправное.
2. Предельное.
3. Повреждение.
4. Предремонтное.

3. Событие, заключающееся в нарушении работоспособности – это:

1. Повреждение.

2. Сбой.

3. Отказ.

4. Перемежающийся отказ.

4. Стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество это:

1. Техническая эксплуатация.

2. Рабочее состояние.

3. Эксплуатация.

4. Обслуживание.

5. Комплекс операции по подготовке изделия к использованию по назначению, хранению и транспортированию и приведению его в исходное состояние после этих процессов, не связанных с поддержанием надежности изделия это:

1. Техническое обслуживание.

2. Технологическое обслуживание.

3. Ремонт.

4. Хранение.

6. Профилактическое мероприятие, проводимое принудительно в плановом порядке через определенные пробеги или во время работы подвижного состава автомобильного транспорта называется:

1. Контрольный осмотр.

2. Текущий ремонт.

3. Технологическое обслуживание.

4. Техническое обслуживание.

7. Свойство объекта выполнять заданные функции в заданных режимах и условиях использования, учитывая правила хранения, обслуживания и транспортировки это:

1. Работоспособность.

2. Долговечность.

3. Нарботка.

4. Надежность.

8. Свойство автомобиля сохранять свою работоспособность в течение требуемого времени или некоторой наработки это:

1. Безотказность.

2. Долговечность.

3. Нарботка.

4. Надежность.

9. Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным технической документации это:

1. Работоспособное.
2. Исправное.
3. Предельное.
4. Рабочее.

10. Событие, заключающееся в нарушении исправности объекта из-за внешних воздействий – это:

1. Неисправность.
2. Отказ.
3. Сбой.
4. Повреждение.

11. Какое событие возникает в результате нарушения норм и правил конструирования:

1. Неисправность.
2. Перемежающийся отказ.
3. Конструкционный отказ.
4. Повреждение.

12. Самоустраняющийся кратковременный отказ – это:

1. Перемежающийся отказ.
2. Конструкционный отказ.
3. Сбой.
4. Независимый отказ.

13. Предмет или набор предметов производства, подлежащий изготовлению на производстве – это:

1. Объект.
2. Изделие.
3. Система.
4. Деталь.

14. При каком состоянии объект соответствует всем требованиям, установленным технической документации:

1. Работоспособное.
2. Исправное.
3. Предельное.
4. Рабочее.

15. Постепенное изменение заданных параметров объекта – это:

1. Износ.
2. Отказ.
3. Усталость детали.
4. Постепенный отказ.

16. Как называется часть эксплуатации, включающая транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт объекта:

1. Система эксплуатации.
2. Техническая эксплуатация.
3. Условия эксплуатации.
4. Ввод в эксплуатацию.

17. Какой процесс предназначен для восстановления и поддержания работоспособности автомобиля, устранения отказов и неисправностей, возникающих во время работы автомобиля:

1. Эксплуатация.
2. Ремонт.
3. Восстановление.
4. Замена детали.

18. Как называется событие, возникающее неожиданно и проявляющееся в скачкообразном изменении одного или нескольких заданных параметров из-за поломки,

перегораний и т.п.:

1. Отказ.
2. Полный отказ.
3. Внезапный отказ.
4. Постепенный отказ.

19. Содержание неиспользуемого по назначению изделия в заданном состоянии в отведенном для его размещения месте с обеспечением сохранности в течение заданного

срока – это:

1. Условия эксплуатации.
2. Хранение при эксплуатации.
3. Техническое обслуживание.
4. Технологическое обслуживание.

20. Производственным называется отказ:

1. Возникший в результате нарушения установленных правил и условий эксплуатации.
2. Обусловленный отказом другого объекта.
3. Возникший в результате несовершенства или нарушения установленного процесса изготовления объекта.
4. Возникший в результате несовершенства конструкции объекта.

22. Состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значение заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией, называется:

1. Исправное состояние.
2. Работоспособное состояние.
3. Неисправное состояние.
4. Нормальное состояние.

23. Какое состояние объекта определяется невозможностью его дальнейшей эксплуатации из-за неустранимого ухода заданных параметров за установленные пределы или неустранимого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой, необходимости проведения среднего или капитального ремонта:

1. Неисправное.
2. Предельное.
3. Повреждение.
4. Предремонтное.

24. Событие, заключающееся в нарушении работоспособности – это:

1. Повреждение.
2. Сбой.
3. Отказ.

25. Перемежающийся отказ.

4. Стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество это:
1. Техническая эксплуатация.
 2. Рабочее состояние.
 3. Эксплуатация.
 4. Обслуживание.

26. Комплекс операции по подготовке изделия к использованию по назначению, хранению и транспортированию и приведению его в исходное состояние после этих процессов, не связанных с поддержанием надежности изделия это:

1. Техническое обслуживание.

2. Технологическое обслуживание.
3. Ремонт.
4. Хранение.

27. Профилактическое мероприятие, проводимое принудительно в плановом порядке через определенные пробеги или во время работы подвижного состава автомобильного транспорта называется:

1. Контрольный осмотр.
2. Текущий ремонт.
3. Технологическое обслуживание.
4. Техническое обслуживание.

28. Свойство объекта выполнять заданные функции в заданных режимах и условиях использования, учитывая правила хранения, обслуживания и транспортировки это:

1. Работоспособность.
2. Долговечность.
3. Нарботка.
4. Надежность.

29. Свойство автомобиля сохранять свою работоспособность в течение требуемого времени или некоторой наработки это:

1. Безотказность.
2. Долговечность.
3. Нарботка.
4. Надежность.

30. Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным технической документации это:

1. Работоспособное.
2. Исправное.
3. Предельное.
4. Рабочее.

31. Событие, заключающееся в нарушении исправности объекта из-за внешних воздействий – это:

1. Неисправность.
2. Отказ.
3. Сбой.
4. Повреждение.

32. Какое событие возникает в результате нарушения норм и правил

конструирования:

1. Неисправность.
2. Перемежающийся отказ.
3. Конструкционный отказ.
4. Повреждение.

33. Самоустраняющийся кратковременный отказ – это:

1. Перемежающийся отказ.
2. Конструкционный отказ.
3. Сбой. 4. Независимый отказ.

Критерии оценивания

% верных решений (ответов)	Шкала оценивания
85-100%	«отлично»
70-84%	«хорошо»
51-69%	«удовлетворительно»
50% и менее	«не удовлетворительно»

**2.3 ТЕМАТИКА ТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ****Методические указания по выполнению контрольной работы**

Цель контрольной работы – изучить основные понятия и математические методы теории надежности систем, методы оценки и повышения надежности транспортно-технологических машин и комплексов, а также применить на практике полученные знания.

Контрольная работа должна содержать:

1. титульный лист установленного образца;
2. содержание – где отражается перечень вопросов, содержащихся в контрольной работе;
3. индивидуальное задание – это задание, которое дается в соответствии с вариантом;
4. список литературы – при написании контрольной работы необходимо использовать научно-теоретические источники (учебники, учебные пособия, Интернет-сайты и т.п.), кроме указанных в данных рекомендациях.

Контрольная работа должна иметь вид документа, набранного на компьютере в текстовом редакторе MS Word. Тип шрифта: Times New Roman. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов: полужирный, размер 14 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Межсимвольный интервал: обычный. Междустрочный интервал: одинарный. Интервал между абзацами (до и после): 0 пт.

Иллюстрации должны быть вставлены в текст. Текст контрольной работы выполняется на листах формата А4 (210х297 мм) без рамки, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее, нижнее – 20 мм. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту (кроме титульного листа). Номер страницы проставляют внизу страницы от центра без точки в конце.

Содержание контрольной работы и рекомендации по выполнению

Контрольная работа состоит из трех задач. Решение каждой задачи должно быть подробным, с корректной записью промежуточных и окончательных результатов. Для каждой задачи в соответствии с вариантом необходимо записать условие и при необходимости изобразить поясняющий рисунок. Решение задачи следует начинать с новой страницы.

ВАРИАНТ 1

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1200$ изделий. За время $t = 4000$ час вышло из строя $n(t) = 540$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 100$ вышло из строя $n(\Delta t) = 50$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

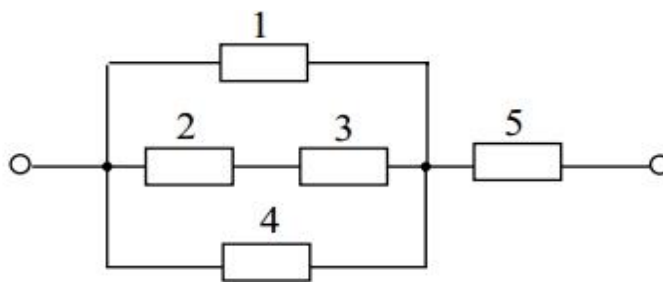


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено экспоненциальному закону надежности, интенсивность отказов равна $\lambda_0 = 3,5 \cdot 10^{-5}$ 1/час. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 500$ и $t_1 = 850$ часов.

ВАРИАНТ 2

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание было поставлено 1000 однотипных электронных компонентов. За первые 3000 ч. отказало 90 единиц, а за интервал времени 3000–4000 ч. отказало еще 60 единиц. Требуется определить $N_0=1000$; статистическую оценку частоты и интенсивности отказов в промежутке времени 3000–4000 ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

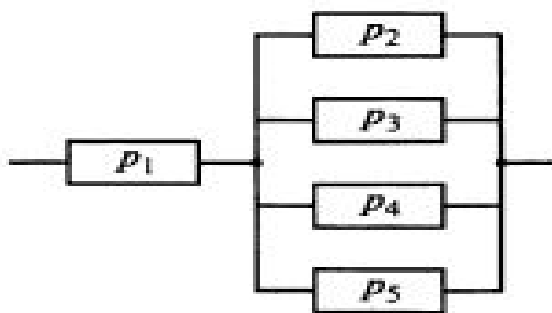


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Вероятность безотказной работы автоматической линии в течение 120 ч равна 0,9. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов линии для момента времени $t = 120$ ч, а также среднее время безотказной работы.

ВАРИАНТ 3

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 850$ изделий. За время $t = 5000$ час вышло из строя $n(t) = 10$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 300$ вышло из строя $n(\Delta t) = 10$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.

3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

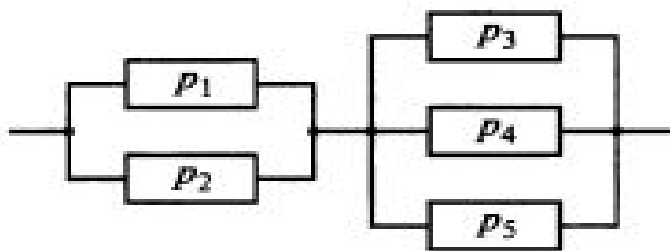


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено экспоненциальному закону надежности, интенсивность отказов равна $\lambda_0 = 1,5 \cdot 10^{-5}$ 1/час. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 700$ и $t_1 = 900$ часов.

ВАРИАНТ 4

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 400$. За время $t=3000$ ч. отказало 200 изделий, т.е. $n(t) = 400 - 200 = 200$. За интервал времени $(t, t + \Delta t)$, где $\Delta t = 100$ ч, отказало 100 изделий, т. е. $\Delta n(t) = 100$. Требуется определить $P(3000)$, $P(3100)$, $\varphi(3000)$, $\lambda(3000)$.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .

4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

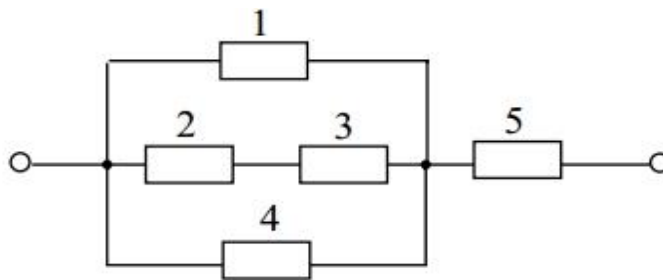


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено экспоненциальному закону надежности, интенсивность отказов равна $\lambda_0 = 2,4 \cdot 10^{-5}$ 1/час. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 650$ и $t_1 = 1100$ часов.

ВАРИАНТ 5

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1200$ изделий. За время $t = 4000$ час вышло из строя $n(t) = 540$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 100$ вышло из строя $n(\Delta t) = 50$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .

4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

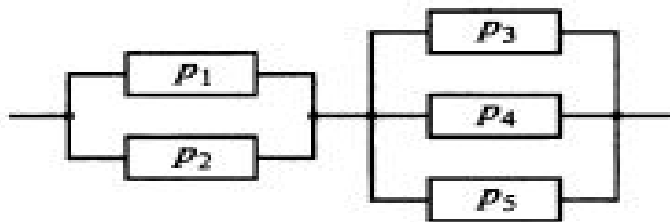


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Среднее время безотказной работы автоматической системы управления равно 640 ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо определить вероятность безотказной работы в течение 120 ч, частоту отказов для момента времени $t=120$ ч и интенсивность отказов.

ВАРИАНТ 6

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 400$. За время $t=3000$ ч. отказало 150 изделий, т.е. $n(t) = 400 - 150 = 250$. За интервал времени $(t, t + \Delta t)$, где $\Delta t = 100$ ч, отказало 100 изделий, т. е. $\Delta n(t) = 100$. Требуется определить $P(3000)$, $P(3100)$, $\varphi(3000)$, $\lambda(3000)$.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .

4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

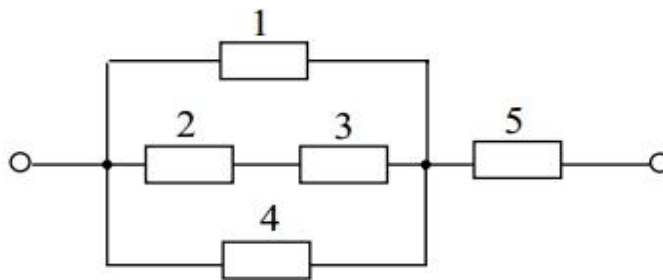


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено экспоненциальному закону надежности, интенсивность отказов равна $\lambda_0 = 1,8 \cdot 10^{-5}$ 1/час. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 300$ и $t_1 = 550$ часов.

ВАРИАНТ 7

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

За первые 500 ч эксплуатации радиоизделия, содержащего 1000 элементов, произошло 3 отказа, и за последующие 500 ч — еще один. Найти вероятность безотказной работы радиоизделия в течение 500, 1000 ч и в интервале времени от 500 до 1000 ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N — номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .

4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

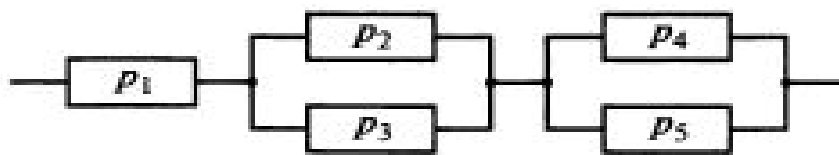


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено усеченному нормальному закону с параметрами $m_1 = 7000$ и $\sigma_1 = 2000$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 6000$ и $t_1 = 8000$ часов.

ВАРИАНТ 8

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1700$ изделий. За время $t = 4000$ час вышло из строя $n(t) = 20$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 200$ вышло из строя $n(\Delta t) = 20$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

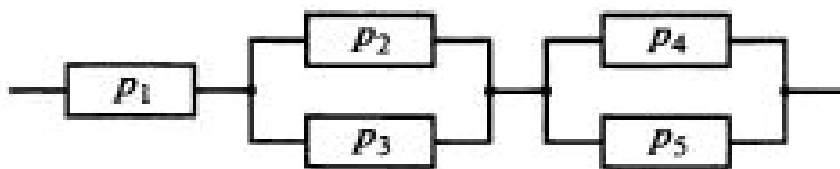


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено усеченному нормальному закону с параметрами $m_1 = 6000$ и $\sigma_1 = 2500$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 6000$ и $t_1 = 9000$ часов.

ВАРИАНТ 9

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 900$ изделий. За время $t = 3000$ час вышло из строя $n(t) = 20$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 250$ вышло из строя $n(\Delta t) = 20$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

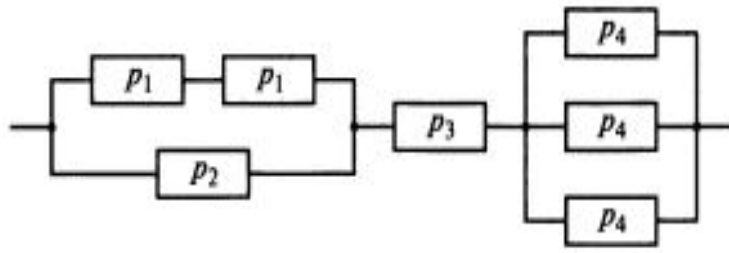


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время работы изделия подчинено нормальному закону с параметрами $T_{ср} = 8000$ ч, $\sigma_t = 1000$ ч. Требуется вычислить количественные характеристики надежности $P(t)$, $\lambda(t)$, $\phi(t)$ для $t=8000$ часам.

ВАРИАНТ 10

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

Определить, какое число изделий необходимо поставить на испытания, чтобы получить не менее 30 отказов в течение 100 часов, если ожидаемая интенсивность отказов одного изделия $\lambda(t) = 3 \cdot 10^{-3}$ 1/ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

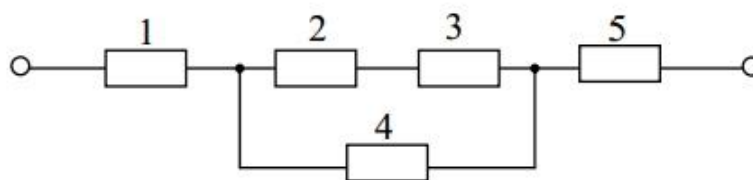


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Определить вероятность безотказной работы и интенсивность отказов прибора при $t = 1300$ ч работы, если при испытаниях получено значение среднего времени безотказной работы $T_{ср} = 1500$ ч и среднее квадратическое отклонение $\sigma_t = 100$ ч.

ВАРИАНТ 11

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1400$ изделий. За время $t = 2300$ час вышло из строя $n(t) = 417$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 190$ вышло из строя $n(\Delta t) = 13$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

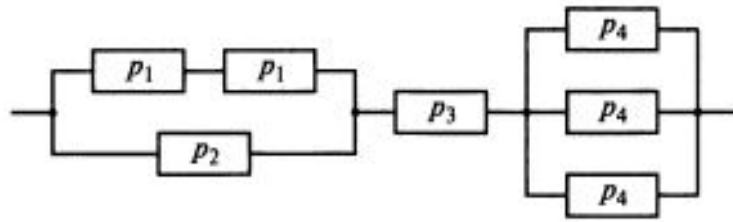


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено усеченному нормальному закону с параметрами $m_1 = 6000$ и $\sigma_1 = 2200$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 5000$ и $t_1 = 8000$ часов.

ВАРИАНТ 12

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1100$ изделий. За время $t = 1200$ час вышло из строя $n(t) = 274$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 180$ вышло из строя $n(\Delta t) = 14$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

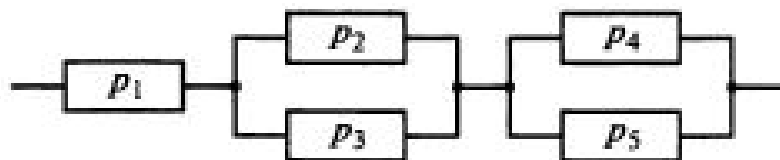


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено усеченному нормальному закону с параметрами $m_1 = 4500$ и $\sigma_1 = 1600$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 4000$ и $t_1 = 8000$ часов.

ВАРИАНТ 13

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

Определить, какое число изделий необходимо поставить на испытания, чтобы получить не менее 40 отказов в течение 100 часов, если ожидаемая интенсивность отказов одного изделия $\lambda(t) = 3 \cdot 10^{-3}$ 1/ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

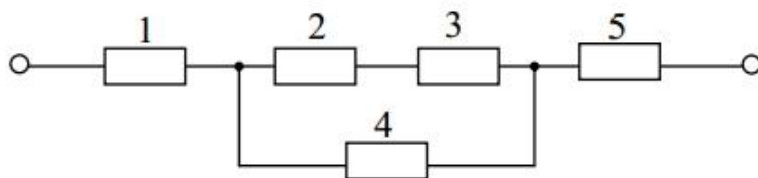


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону Релея с параметром $\sigma_1 = 1360$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 500$ и $t_1 = 850$ часов.

ВАРИАНТ 14

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

В интервале работы от 120 до 150 часов интенсивность отказов изделий составила $\lambda(t) = 5 \cdot 10^{-4}$ 1/ч, а число отказов – 5. Определить число изделий, оставшихся исправными за 150 ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

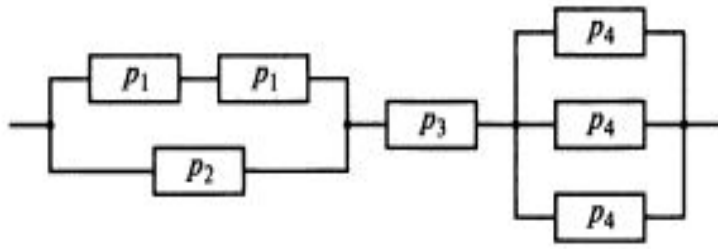


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Вероятность безотказной работы изделия в течение $t = 1000$ ч. $P(1000) = 0,9$. Время исправной работы подчинено закону Релея. Требуется определить количественные характеристики надежности $\phi(t)$, $\lambda(t)$, $T_{ср}$.

ВАРИАНТ 15

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1250$ изделий. За время $t = 1500$ час вышло из строя $n(t) = 590$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 140$ вышло из строя $n(\Delta t) = 40$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

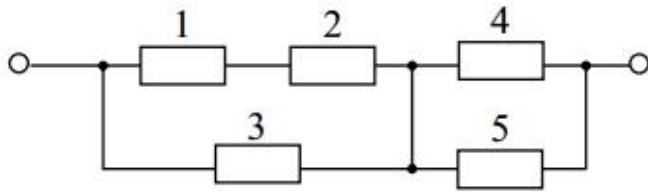


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Среднее время исправной работы изделия равно 1260 ч. Время исправной работы подчинено закону Релея. Необходимо найти его количественные характеристики надежности $P(t)$, $\lambda(t)$, $\phi(t)$ для $t = 1000$ ч.

ВАРИАНТ 16

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1550$ изделий. За время $t = 2100$ час вышло из строя $n(t) = 840$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 100$ вышло из строя $n(\Delta t) = 50$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

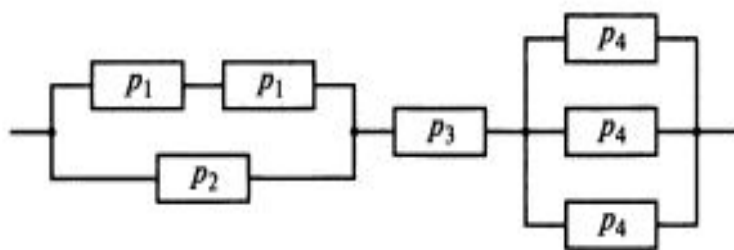


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону Релея с параметром $\sigma_1 = 1470$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 750$ и $t_1 = 1100$ часов.

ВАРИАНТ 17

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 1650$ изделий. За время $t = 1100$ час вышло из строя $n(t) = 410$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 160$ вышло из строя $n(\Delta t) = 40$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N — номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

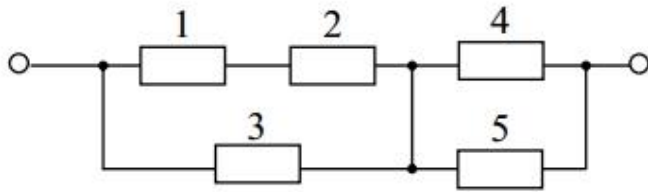


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону Релея с параметром $\sigma_1 = 1240$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 1000$ и $t_1 = 1300$ часов.

ВАРИАНТ 18

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

Частота отказов изделий при испытании их в течение 100 часов составила $\lambda(t) = 4 \cdot 10^{-4}$ 1/ч, а наблюдаемое число отказов – 40. Найти число изделий, поставленных на испытания.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

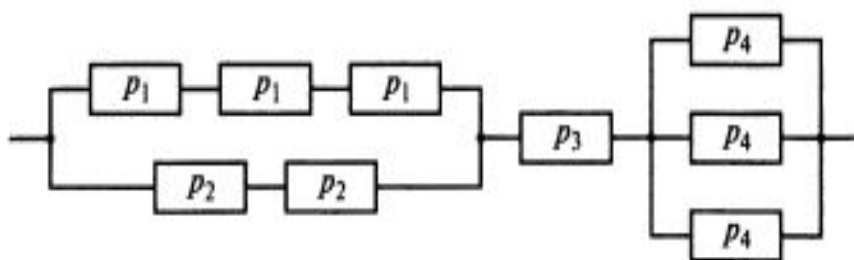


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону Релея с параметром $\sigma_1 = 1050$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 860$ и $t_1 = 1100$ часов.

ВАРИАНТ 19

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

Определить, какое число изделий необходимо поставить на испытания, чтобы получить не менее 50 отказов в течение 10000 ч, если ожидаемая интенсивность отказа одного изделия $5 \cdot 10^{-5}$ 1/ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

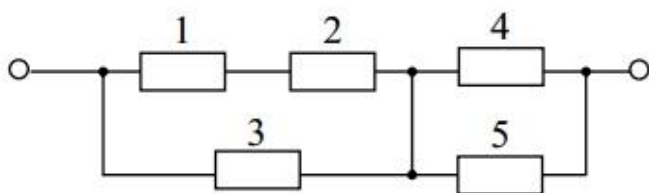


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону распределения Вейбулла с параметрами $\alpha = 1,6$ и $\lambda_0 = 3,5 \cdot 10^{-5}$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 100$ и $t_1 = 150$ часов.

ВАРИАНТ 20

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

Вероятность безотказной работы изделий в течение 3000 ч составляет 0,95 при числе произошедших отказов — 5, а в течение 3100 ч — 0,9. Найти число изделий, поставленных на испытания и число их отказов в интервале времени работы от 3000 до 3100 ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N — номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

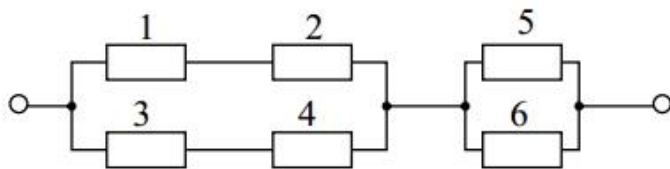


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону распределения Вейбулла с параметрами $\alpha = 2,6$ и $\lambda_0 = 2,5 \cdot 10^{-5}$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 100$ и $t_1 = 150$ часов.

ВАРИАНТ 21

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено 45 изделий. За время $t = 60$ ч. Вышло из строя 35 штук изделий. За последующий интервал времени 60-65 часов вышло из строя еще 3 изделия. Необходимо вычислить $P(t)$ при $t = 60$ ч и $t = 65$ ч; $\phi(t)$, $\lambda(t)$ при $t = 60$ ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

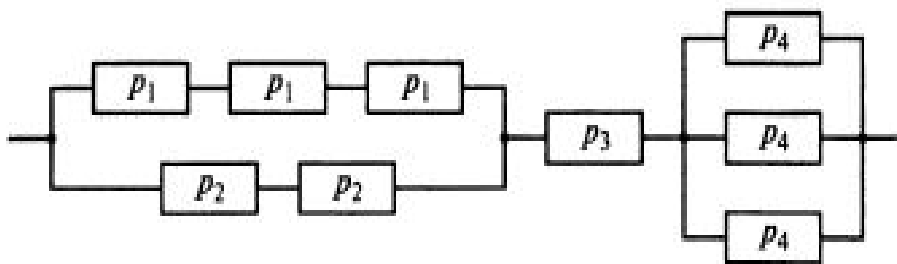


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время исправной работы скоростных шарикоподшипников подчинено закону Вейбулла с параметрами $k=2,6$; $a= 1,65 \cdot 10^{-7}$ 1/ч. Требуется вычислить количественные характеристики надежности $P(t)$, $\lambda(t)$, $\phi(t)$ для $t=150$ ч и среднее время безотказной работы шарикоподшипников.

ВАРИАНТ 22

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание было поставлено 1000 однотипных электронных компонентов. За первые 3000 ч. отказало 80 единиц, а за интервал времени 3000–4000 ч. отказало еще 50 единиц. Требуется определить $N_0=1000$; статистическую оценку частоты и интенсивности отказов в промежутке времени 3000–4000 ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .

4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

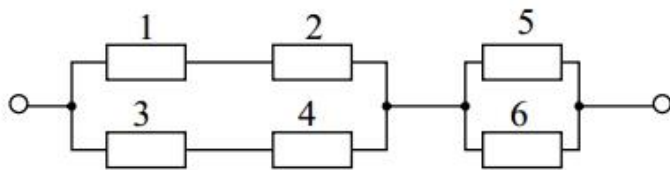


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону распределения Вейбулла с параметрами $\alpha = 2,2$ и $\lambda_0 = 2,7 \cdot 10^{-5}$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 100$ и $t_1 = 140$ часов.

ВАРИАНТ 23

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

На испытание поставлено $N_0 = 3200$ изделий. За время $t = 1100$ час вышло из строя $n(t) = 25$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 100$ вышло из строя $n(\Delta t) = 5$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

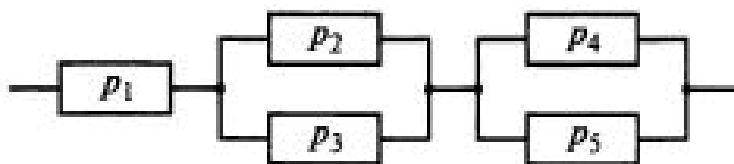


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону распределения Вейбулла с параметрами $\alpha = 2,4$ и $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-5}$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 100$ и $t_1 = 120$ часов.

ВАРИАНТ 24

Задача 1. Расчет показателей невосстанавливаемой системы по статистическим данным

Определить, какое число изделий необходимо поставить на испытания, чтобы получить не менее 60 отказов в течение 10000 ч, если ожидаемая интенсивность отказа одного изделия $5 \cdot 10^{-5}$ 1/ч.

Задача 2. Расчет показателей невосстанавливаемой системы с постоянной во времени интенсивностью отказа элементов

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50} \right) \cdot 10^{-3}, \text{ ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время t .
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N$ часов, где N – номер варианта.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

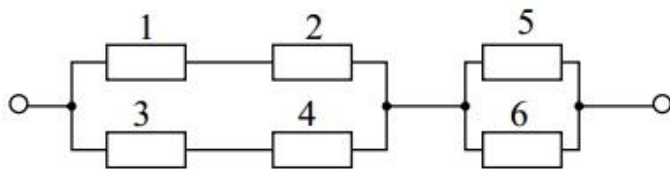


Рис. 1 Схема расчета надежности устройства

Задача 3. Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Время безотказной работы изделия подчинено закону распределения Вейбулла с параметрами $\alpha = 2,35$ и $\lambda_0 = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 140$ и $t_1 = 180$ часов.

2.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практическая работа 1

Положения теории вероятностей, применяемые в расчетах надежности изделий.

Цель работы: ознакомиться с понятием о событии, вероятности события.

Умения, приобретаемые студентами в результате освоения темы: определение суммы и вероятности события, суммы и произведения событий.

Теоретическая часть.

Вероятность события. Вероятность события A – $P(A)$ – отношение числа благоприятствующих этому событию исходов m к общему числу всех равновозможных несовместимых элементарных исходов n , образующих полную группу:

Вероятность любого события удовлетворяет двойному неравенству при этом вероятность события имеет следующие значения:

- достоверного $P(A) = 1$ (например, вероятность работоспособного состояния исправного автомобиля);
- невозможного $P(A) = 0$ (например, вероятность исправного состояния неработоспособного автомобиля);
- случайного $0 < P(A) < 1$ (например, появление неисправности в процессе гарантийного срока эксплуатации автомобиля).

Вероятность вычисляют до опыта и используют для прогноза надежности, а частность – после опыта и используют для анализа.

Сумма и произведение событий. В теории надежности широко применяют такие понятия логической алгебры, как сумма и произведение нескольких, в частности двух событий.

Суммой двух несовместимых событий A и B называется событие C , заключающиеся в появлении события A или B , безразлично какого (теорема сложения вероятностей).

Вероятность появления одного или двух несовместимых событий, безразлично какого, равна сумме вероятностей этих событий

$$P(C) = P(A+B) = P(A) + P(B)$$

Сумма вероятностей двух событий, образующих полную группу, равна единице

$$P(A) + P(B) = 1.$$

Так как безотказная работа и отказ объекта составляют полную группу событий, то можно записать для любого момента времени эксплуатации автомобиля

$$P(t) + Q(t) = 1,$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы;

$Q(t)$ – вероятность отказа;

t – наработка изделия.

Суммой нескольких событий называют событие, которое состоит в появлении хотя бы одного из этих событий.

Вероятность появления одного из нескольких попарно несовместимых событий, безразлично какого, равна сумме вероятностей этих событий

$$\begin{aligned} P(A + B + C) &= P(A) + P(B) + P(C) = P(A + B) + P(C) = \\ &= P(A + C) + P(B) = P(B + C) + P(A). \end{aligned}$$

Произведением нескольких событий называется событие, состоящее в совместном появлении всех этих событий.

Случайное событие определено как событие, которое при осуществлении совокупности условий эксперимента может произойти, или не произойти. Если при вычислении вероятности события никаких других ограничений, кроме условий эксперимента, не налагается, то такую вероятность называют *безусловной*; если же налагаются и другие дополнительные условия,

то вероятность события называют *условной*. Например, часто вычисляют вероятность события B при дополнительном условии, что произошло событие A .

Условной вероятностью $PA(B) = P(B|A)$ (два обозначения) называют вероятность события B , вычисленную в предположении, что событие A уже наступило.

Вероятность совместного появления двух зависимых событий A и B равна

произведению вероятности одного из них и условной вероятности другого, вычисленной исходя из предположения, что первое событие уже наступило.

$$P(A \cap B) = P(A)P(A|B) = P(B)P(B|A),$$

где $P(A|B)$, $P(B|A)$ - условные вероятности соответственно событий B и A .

В частности, отсюда получаем

$$P(A|B) = P(A \cap B) / P(B).$$

Более применимой в теории надежности является теорема произведения вероятностей нескольких независимых событий.

Всякая машина состоит из сборочных единиц и деталей, ряд из которых обеспечивает ее функционирование. Обычно машина будет работоспособна, если работоспособны все эти изделия. Вероятность работоспособного состояния машины равна вероятности совместного проявления работоспособного состояния всех указанных выше изделий.

$$P(A \cap B \cap C \dots N) = P(A)P(B)P(C) \dots P(N).$$

Суммой двух совместимых событий A и B называется событие C , заключающееся в проявлении события A или B , безразлично какого или обоих вместе.

Вероятность проявления хотя бы одного из двух совместных событий равна сумме вероятностей этих событий без вероятности их совместного проявления.

Для независимых событий:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A)P(B);$$

Для зависимых событий:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A)P(A|B).$$

Пример 1. При испытаниях на надежность группы невосстанавливаемых изделий время испытаний было разбито на четыре периода. Установлено, что вероятность отказа в период $T1$ составила 0,15; в период $T2$ – 0,45; в период $T3$ – 0,3; в период $T4$ – 0,1.

Найти вероятность того, что наугад взятое изделие из группы отказало:

- 1) Либо в первый, либо в третий периоды испытаний;
- 2) Либо во второй или третий периоды испытаний.

Так как отказы изделий в различные периоды испытаний являются событиями несовместимыми (отказ изделия в какой-либо период исключает его отказ в другой период), то теорема сложения вероятностей применима.

Искомая вероятность равна:

- 1) $P(T1 \cup T3) = 0,15 + 0,3 = 0,45;$
- 2) $P(T2 \cup T3) = 0,45 + 0,3 = 0,75.$

Пример 2. По статистике, из всех работ на ТО двигателей легковых автомобилей,

поступающих на СТОА, 80% приходится на систему зажигания, 35% - на систему питания. Какова вероятность того, что очередному автомобилю, поступившему на станцию для ТО двигателя, потребуется проведение работ по ТО обеих систем либо только одной системы?

События, заключающиеся в необходимости проведения работ по ТО систем зажигания и питания, являются независимыми друг от друга и совместимыми событиями.

1. Вероятность проведения работ по ТО системы зажигания $P(A) = 80/100 = 0,8$.

2. Вероятность проведения работ по ТО системы питания $P(B) = 35/100 = 0,35$.

3. Вероятность того, что очередному автомобилю, поступившему на станцию для ТО двигателя, потребуется проведение работ по ТО обеих систем

$$P(AB) = 0,8 \times 0,35 = 0,28.$$

4. Вероятность того, что очередному автомобилю, поступившему на станцию для ТО двигателя, потребуется проведение работ по ТО только одной системы

$$P(A + B) = 0,8 + 0,35 - 0,28 = 0,87.$$

Задание 1. При испытаниях на надежность группы невосстанавливаемых изделий время испытаний было разбито на четыре периода. Установлено, что вероятность отказа в период $T1$ составила 0,25; в период $T2$ – 0,15; в период $T3$ – 0,3; в период $T4$ – 0,3.

Найти вероятность того, что наугад взятое изделие из группы отказало:

1. Либо в первый, либо в третий периоды испытаний;

2. Либо во второй или четвертый периоды испытаний.

Задание 2. По статистике, из всех работ на ТО двигателей легковых автомобилей, поступающих на СТОА, 85% приходится на систему зажигания, 30% - на систему питания. Какова вероятность того, что очередному автомобилю, поступившему на станцию для ТО двигателя, потребуется проведение работ по ТО обеих систем либо только одной системы?

Практическая работа 2

Определение показателей безотказности невосстанавливаемых объектов по статистическим данным

Справочные данные

1. По формуле:

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

находим вероятность безотказной работы.

Определяем среднее число исправно работающих образцов в интервале Δt :

$$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$$

2. По формуле:

$$\bar{a}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}$$

определяем частоту отказа.

3. По формуле:

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \Delta t}$$

определяем интенсивность отказа.

Задание

На испытание поставлено $N_0 = 1200$ изделий. За время $t = 4000$ час вышло из строя $n(t) = 540$ штук изделий. За последующий интервал времени $\Delta t = 100$ вышло из строя $n(\Delta t) = 50$ изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы за время t и $t + \Delta t$, частоту отказов и интенсивность отказов на интервале Δt .

Решение

По формуле:

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

находим вероятность безотказной работы.

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = 0,55;$$

Определяем среднее число исправно работающих образцов в интервале Δt :

$$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} = 650.$$

По формуле:

$$\bar{a}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}$$

определяем частоту отказа.

$$\bar{a}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t} = 4,17 \cdot 10^{-5} \text{ (1/ч)}.$$

По формуле:

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \Delta t}$$

определяем интенсивность отказа на интервале Δt .

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \Delta t} = 8,197 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}.$$

Практическая работа 3

Расчет показателей невосстанавливаемой сложной системы

Указания к задаче

1. Находим выражение для вероятности безотказной работы $P_c(t)$ устройства, исходя из представленной структурной схемы. Вероятность безотказной работы элементов схемы определяется по формуле:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t}$$

2. Готовой формулы для средней наработки до первого отказа в рассматриваемом случае нет. Поэтому необходимо воспользоваться соотношением:

$$T_{\text{ср.с}} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt$$

3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ определяем по $P_c(t)$, воспользовавшись формулой:

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}$$

4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t :

$$Q_c(t) = 1 - P_c(t)$$

Задание

Интенсивность отказа i -го элемента определяется по формуле:

$$\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50}\right) \cdot 10^{-3}, \text{ч}^{-1}$$

Предполагается, что последствие отказов элементов отсутствует. Необходимо определить:

1. Вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$ за заданное время $t=90$ ч.
2. Среднюю наработку до первого отказа устройства и вероятность его безотказной работы в течение времени $t = 80 + 5N = 90$ часов.
3. Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ в момент времени t .
4. Вероятность появления отказа $Q_c(t)$ за заданное время t .

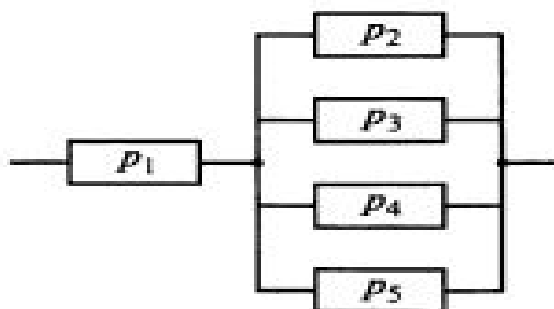


Рис. 1 Схема расчета надежности сложной системы

По формуле $\lambda_i = \left(0,1 \cdot i + \frac{N}{50}\right) \cdot 10^{-3}, \text{ч}^{-1}$ найдем интенсивность отказа i -го элемента схемы:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 0,00014 \text{ 1/ч} \\ \lambda_2 &= 0,00024 \text{ 1/ч} \\ \lambda_3 &= 0,00034 \text{ 1/ч} \\ \lambda_4 &= 0,00044 \text{ 1/ч} \\ \lambda_5 &= 0,00054 \text{ 1/ч}\end{aligned}$$

Вероятность безотказной работы элементов схемы определяется по формуле:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t}$$

$$\begin{aligned}P_1 &= 0,987 \\ P_2 &= 0,97863161 \\ P_3 &= 0,969 \\ P_4 &= 0,96117383 \\ P_5 &= 0,95256208\end{aligned}$$

Находим выражение для вероятности безотказной работы $P_c(t)$ устройства, используя теоремы сложения и умножения вероятностей:

$$P_c(t) = P_1 \cdot (1 - (Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5));$$

$$P_c(t) = 0,98747788.$$

Плотность вероятности отказа системы $f_c(t)$ определяем через $P_c(t)$, воспользовавшись формулой:

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}$$

При последовательном соединении элементов в схеме λ системы равна сумме интенсивностей отказа всех элементов $\lambda = \sum_{j=1}^N N_j \cdot \lambda_j$;

$$\text{Тогда } \lambda = 1,39 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч};$$

$$\text{Из этого следует, что } f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} = 0,0001374.$$

Готовой формулы для средней наработки до первого отказа в рассматриваемом случае нет. Поэтому необходимо воспользоваться соотношением:

$$T_{\text{ср.с}} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt$$

$$\text{После проведения преобразований } T_{\text{ср.с}} = 7187,27933 \text{ ч.}$$

$$\text{Вероятность появления отказа } Q_c(t) \text{ за время } t=90 \text{ ч равна } Q_c(t) = 1 - P_c(t) = 0,01252212.$$

Определение параметров невосстанавливаемых систем при различных законах распределения

Задание

Время безотказной работы изделия подчинено экспоненциальному закону надежности, интенсивность отказов равна $\lambda_0 = 1,5 \cdot 10^{-5}$ 1/час. Требуется вычислить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и среднюю наработку до первого отказа для момента времени $t_0 = 700$ часов.

Формулы показателей надежности для экспоненциального закона распределения времени безотказной работы имеют вид:

$$p(t) = e^{-\lambda t}; \quad q(t) = 1 - e^{-\lambda t}; \quad f(t) = \lambda e^{-\lambda t};$$
$$\lambda(t) = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}; \quad m_t = \frac{1}{\lambda}; \quad Dt = \frac{1}{\lambda^2}$$

Используем формулы.

1. Вероятность безотказной работы

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-1,5 \cdot 10^{-5} \cdot t}; \quad P(700) = e^{-1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 700} = 0,9895.$$

2. Вероятность отказа

$$Q(700) = 1 - p(700) = 0,0105.$$

3. Вычислим частоту отказов

$$f(t) = \lambda \cdot P(t) = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot e^{-1,5 \cdot 10^{-5} \cdot t};$$

$$f(700) = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot e^{-1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 700} = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ 1/час.}$$

4. Среднее время безотказной работы

$$T_0 = 1/\lambda = 1/1,5 \cdot 10^{-5} = 66666 \text{ час.}$$

Практическая работа 5

Применение основных математических законов распределения наработки до отказа для расчета параметров невосстанавливаемых систем

Нормальный закон распределения характеризуется плотностью вероятности вида:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad -\infty < t < +\infty$$

где m – математическое ожидание времени безотказной работы, σ – среднее квадратичное отклонение времени безотказной работы.

Функция надежности для нормального распределения:

$$p(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx = 0,5 - \Phi_0\left(\frac{t-m}{\sigma}\right)$$

где $\Phi_0(t) = 1/\sqrt{2\pi} \int_0^t e^{-x^2/2} dx$ функция Лапласа, представляющая распределение положительных значений случайной величины. Значения функции Лапласа сведены в таблицы.

Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)}$$

$$P(t) = 0,5 - \Phi(U); U = \frac{t - \overline{T}_{cp}}{\sigma_t}; \quad (1.32)$$

$$Q(t) = 0,5 + \Phi(U); \Phi(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^U e^{-\frac{U^2}{2}} dU; \quad (1.33)$$

$$\varphi(t) = \frac{\Phi(U)}{\sigma_t}; \Phi(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{U^2}{2}}; \quad (1.34)$$

$$\lambda(t) = \frac{\Phi(U)}{\sigma(t)} \cdot \frac{1}{0,5 - \Phi(U)}; \Phi(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{U^2}{2}}; \quad (1.35)$$

где $\Phi(U)$ – функция Лапласа, обладающая свойствами:

$$\Phi(U) = 0; \quad (1.36)$$

$$\Phi(-U) = -\Phi(U); \quad (1.37)$$

$$\Phi(\infty) = 0,5; \quad (1.38)$$

Задание

Время работы изделия до отказа подчинено нормальному закону с параметрами $T_{cp} = 8000$ ч, $\sigma_t = 2000$ ч. Требуется вычислить количественные характеристики надежности $P(t)$, $\varphi(t)$, $\lambda(t)$, $\overline{T}_{cp}$ для $t=10\,000$ ч.

Решение: Воспользуемся формулами (1.32), (1.33), (1.34), (1.35) для $P(t)$, $\varphi(t)$, $\lambda(t)$, $\overline{T}_{cp}$.

1. Вычислим вероятность безотказной работы

$$P(t) = 0,5 - \Phi(U); U = (t - T_{cp})/\sigma_t; U = (10000 - 8000)/2000 = 1;$$

$$\Phi(1) = 0,3413; P(10000) = 0,5 - 0,3413 = 0,1587.$$

2. Определим частоту отказа

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_t} \cdot \exp\left[-\frac{(t - T_{cp})^2}{2\sigma_t^2}\right].$$

$$\text{Введем обозначение } \varphi(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{U^2}{2}}; \varphi(-U) = \varphi(U).$$

$$\text{Тогда } \varphi(t) = \varphi(U)/\sigma_t; U = (t - \overline{T}_{cp})/\sigma_t;$$

$$\varphi(10000) = \varphi(1)/2000 = 0,242 / 2000 = 12,1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч.}$$

3. Рассчитаем интенсивность отказов $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \varphi(t)/P(t);$$

$$\lambda(10\,000) = \varphi(10\,000)/P(10\,000) = 12,1 \cdot 10^{-5} / 0,1587 = 76,4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч.}$$

4. Среднее время безотказной работы элемента $T_{cp} = 8000$ час.

3. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ДОСТИЖЕНИЕ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений				
Этап (уровень)	Критерии оценивания			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
знать	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: динамику изменения технического состояния, показателей надежности и основных причин появления отказов технических систем	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: динамику изменения технического состояния, показателей надежности и основных причин появления отказов технических систем	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: динамику изменения технического состояния, показателей надежности и основных причин появления отказов технических систем	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: динамику изменения технического состояния, показателей надежности и основных причин появления отказов технических систем
уметь	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет сравнивать по основным критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: сравнивать по основным критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: сравнивать по основным критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: сравнивать по основным критериям оценки проектируемые узлы и агрегаты с учетом требований надежности, технологичности, безопасности, охраны окружающей среды и конкурентоспособности
владеть	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками количественной оценкой показателей надежности и характеристик	Обучающийся владеет в неполном объеме и проявляет недостаточность владения навыками количественной оценкой показателей	Обучающимся допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, частично владеет количественной оценкой показателей	Обучающийся свободно применяет полученные навыки, в полном объеме владеет количественной оценкой показателей

	процесса восстановления работоспособности технических систем	надежности и характеристик процесса восстановления работоспособности технических систем	надежности и характеристик процесса восстановления работоспособности технических систем	надежности и характеристик процесса восстановления работоспособности технических систем
ОПК-5. Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности				
знать	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: по основным положениям теории трения, изнашивания и усталостного разрушения элементов технических систем	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: по основным положениям теории трения, изнашивания и усталостного разрушения элементов технических систем	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: по основным положениям теории трения, изнашивания и усталостного разрушения элементов технических систем	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: по основным положениям теории трения, изнашивания и усталостного разрушения элементов технических систем
уметь	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнить расчеты надежности элементов механических систем по критериям долговечности и безопасности вероятностными методами	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнить расчеты надежности элементов механических систем по критериям долговечности и безопасности вероятностными методами	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнить расчеты надежности элементов механических систем по критериям долговечности и безопасности вероятностными методами	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнить расчеты надежности элементов механических систем по критериям долговечности и безопасности вероятностными методами
владеть	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: методами обеспечения надежности технических систем на различных этапах жизненного цикла	Обучающийся владеет в неполном объеме и проявляет недостаточность владения методами обеспечения надежности технических систем на различных этапах жизненного цикла	Обучающимся допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, частично владеет методами обеспечения надежности технических систем на различных этапах жизненного цикла	Обучающийся свободно применяет полученные навыки, в полном объеме владеет методами обеспечения надежности технических систем на различных этапах жизненного цикла
ПК-8 Способен организовывать работы по повышению эффективности производственной и технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в организации				
знать	Обучающийся	Обучающийся	Обучающийся	Обучающийся

	демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: по порядку разработки и согласования технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автомобилей	демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: по порядку разработки и согласования технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автомобилей и тракторов	демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: по порядку разработки и согласования технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автомобилей	демонстрирует полное соответствие следующих знаний: по порядку разработки и согласования технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автомобилей
уметь	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять теоретические и экспериментальные научные исследования и опытно-конструкторские разработки по поиску и всесторонней проверке новых идей совершенствования автомобилей	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять теоретические и экспериментальные научные исследования и опытно-конструкторские разработки по поиску и всесторонней проверке новых идей совершенствования автомобилей	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять теоретические и экспериментальные научные исследования и опытно-конструкторские разработки по поиску и всесторонней проверке новых идей совершенствования автомобилей	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять теоретические и экспериментальные научные исследования и опытно-конструкторские разработки по поиску и всесторонней проверке новых идей совершенствования автомобилей
владеть	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: методами методами организации технического контроля с необходимой точностью при исследовании, проектировании, производстве и эксплуатации автомобилей и их технологического оборудования	Обучающийся владеет в неполном объеме и проявляет недостаточность владения методами методами организации технического контроля с необходимой точностью при исследовании, проектировании, производстве и эксплуатации автомобилей и их технологического оборудования	Обучающимся допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения, частично владеет методами методами организации технического контроля с необходимой точностью при исследовании, проектировании, производстве и эксплуатации автомобилей и их	Обучающийся свободно применяет полученные навыки, в полном объеме владеет методами методами организации технического контроля с необходимой точностью при исследовании, проектировании, производстве и эксплуатации автомобилей и их технологического

			технологического оборудования	оборудования
--	--	--	----------------------------------	--------------