



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)

Учебно-научный институт транспорта

Кафедра «Трубопроводные транспортные системы»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по учебной
работе и цифровизации

_____ В.А. Шкаберин

«21» апреля 2022 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ
И БЕЗОПАСНОСТИ МАШИН**

по направлению подготовки: 15.03.03

«Прикладная механика»

профиль «Нефтегазовое оборудование и надежность машин»

квалификация выпускника: бакалавр

форма обучения: очная

(для набора с 2020 г.)

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы повышения надёжности и безопасности машин» для направления подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиля «Нефтегазовое оборудование и надёжность машин».

Разработал:

доцент каф. «ТТС», к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

_____ / В.А. Татаринцев
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
от «30.03.2022» г., протокол № 3

Заведующий выпускающей кафедрой «ТТС»

доктор технических наук, профессор

(ученая степень, ученое звание)

_____ / М.Г. Шалыгин
(подпись) (И.О. Фамилия)

© Татаринцев В.А.

© ФГБОУ ВО «Брянский
государственный технический
университет»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС.....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	6
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	7
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	8
5.3. Лекции	9
5.4. Лабораторные работы	11
5.5. Практические занятия	11
5.6. Самостоятельная работа обучающихся	12
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	16
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	17
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	18
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся	18
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	19
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины	20
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем	20
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	21

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	23
11.1. Методические материалы для педагогических работников	23
11.2. Методические материалы для обучающихся	24
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	24
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	24
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости	25
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся	26
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	27
12.5. Характеристика результатов обучения	27
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	28
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА	28

Предисловие

Программа разработана на основе требований государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ № 220 от 12.03.2015 г. в соответствии с основной профессиональной образовательной программой высшего образования по профилю «Надёжность и безопасность машин». Дисциплина «Методы повышения надёжности и безопасности машин» ориентирована на научно-исследовательский и расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской виды профессиональной деятельности как основные.

1. Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины – обучение студентов основам теории и практическому применению современных методов повышения надёжности и безопасности машин на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации, пониманию общих принципов повышения надёжности и безопасности машин, системному подходу к анализу причин отказов, разработке методов и средств повышения надёжности отдельных элементов машин для повышения их надёжности и безопасности в целом.

Дисциплина формирует способность и готовность к применению методов, разработке на их основе методик и организации мероприятий по повышению надёжности и безопасности машин; способствует развитию творческого мышления и организаторских способностей, умения работать с технической и справочной литературой. В рамках данной дисциплины студент получает информацию об основных стандартах и других нормативных документах, действующих в области надёжности и безопасности машин и сферы их применения.

Программа дисциплины включает организационные и методические рекомендации по изучению дисциплины, ее содержание по темам и дидактическим единицам, тематику практических и лабораторных занятий, расчетно-графической работы, список рекомендованных источников.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1 программы академического бакалавриата, базируется на предшествующих дисциплинах: «Физика», «Детали машин и основы конструирования», «Физика прочности и механика разрушения», «Материаловедение», «Смазка и смазочные материалы», «Основы теории надёжности» является научной основой для следующих дисциплин: «Обеспечение безопасности машин при проектировании», «Прогнозирование технического состояния машин», «Методы восстановления деталей и повышение надёжности».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина «Методы повышения надёжности и безопасности машин» направлена на формирование следующих компетенций.

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование Компетенции	Результаты освоения
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-2	Способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	<p>знать: методы теоретических и экспериментальных научных исследований, а также методы математического и физического моделирования процессов, протекающих в технических системах</p> <p>уметь: применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования для решения задач, возникающих в процессе профессиональной деятельности</p> <p>владеть: навыками проведения экспериментальных исследований, методами математического, физического и компьютерного моделирования процессов, протекающих в технических системах.</p>
ПК-29	Готовность участвовать во внедрении и сопровождении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики и сборочные единицы	<p>- знать методы повышения надежности и безопасности машин и их элементов на основе результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок;</p> <p>- уметь разрабатывать методики повышения надежности и безопасности машин и их элементов на основе результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок;</p> <p>- владеть навыками внедрения и сопровождения результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок, направленных на повышение надежности и безопасности машин и их элементов.</p>

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

Вид учебной работы	Семестр
	7
Аудиторные занятия (всего)	68
В том числе:	-
Лекции (Л)	34
Практические занятия (ПЗ)	34
Лабораторные работы (ЛР)	-
Самостоятельная работа (СРС) (без учёта подготовки к экзамену)	49
В том числе:	-
Расчетно-графическая работа	30
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	-
Подготовка к занятиям	10
Самоподготовка	9
Вид промежуточной аттестации:	-
- экзамен	27
Общая трудоемкость: 5 зачетных единиц	144

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	Общие подходы к оценке надёжности и принципы её повышения	<p><i>Источники информации о надежности машин и их элементов. Цель и виды испытаний на надежность. Стендовые испытания. Полигонные испытания. Специальные испытания. Эксплуатационные испытания. Ускоренные испытания. Определение объема выборки испытаний. Статистическая обработка информации о надежности. Обработка информации о надежности по результатам незавершенных испытаний. Порядок обработки опытных данных. Проверка гипотезы о принадлежности результатов исследований выбранному закону распределения. Оценка надежности с использованием структурных схем. Методы повышения достоверности оценок показателей надежности.</i></p> <p><i>Обоснование уровня надёжности. Критерии обоснования. Оптимизация надежности Экономико-математические модели надежности. Постановка задачи оптимального проектирования с учетом фактора надежности (целевые функции, ограничения). Нормирование показателей надежности.</i></p> <p><i>Методы сравнительного анализа надежности. Класси-</i></p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
		фикация отказов. Систематизация отказов и анализ причинно-следственных связей. Выявления ненадежных элементов и анализ процессов, приводящих к их отказам. Схематизация внешних воздействий. Выявление ведущего фактора. Определение управляющих воздействий.
2	Методы повышения надежности на стадии проектирования.	<p><i>Конструктивные направлениями повышения надежности. На стадии эскизного проектирования</i> Оптимизация компоновочного решения машины. Рациональный выбор конструктивных схем машин (снижение числа составных частей и повышение вероятности их безотказной работы).</p> <p><i>На стадии технического проектирования.</i> Применения современных уточненных расчетных методов и методик. Выбор материалов деталей из условий прочности, жёсткости, износостойкости. Их рациональное сочетание в парах трения. Обеспечение надлежащей конфигурации деталей (особенно в местах расположения галтелей, канавок и надрезов с целью снижения концентрации напряжений при воздействии динамических и циклических нагрузок) и достаточной жесткости и устойчивости к вибрациям базовых деталей машин, Обеспечение надлежащей герметизации подвижных и неподвижных соединений. Создание оптимальных условий работы пар трения (нагрузка, скорость). Обеспечение оптимальных температурных режимов работы соединений и агрегатов. Надежной смазки трущихся поверхностей. Создание эффективных устройств очистки воздуха, топлива и масел. Применение упрочняющих технологий. Оптимизация геометрической формы деталей. Обеспечение штатных (расчетных) условий работы. Повышение уровня ремонтпригодности. Резервирование отдельных элементов и систем. Применение предохранительных устройств.</p> <p><i>На стадии рабочего проектирования.</i> Разработка технических требований к рабочим чертежам деталей и сборочных единиц. Обоснованный выбор допусков и посадок. Качество рабочих поверхностей (шероховатость, волнистость и др.), допуск на отклонение от формы. Разработка системы регулировки необходимых зазоров. Проектирование приспособлений для контроля допусков, правильности сборки. Разработка технологического процесса, обеспечивающего выполнения заданных конструктором параметров деталей и сборочных единиц. Разработка системы контроля, технического обслужива-</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
		<p>ния и ремонтов.</p> <p><i>Прогнозирование надежности.</i> Разработка моделей объекта на основе имитационного моделирования. Анализ вариантов различных способов повышения надежности (упрочнение материалов, поверхностей трибосопряжений, оптимизации межремонтных сроков и др.). Повышение надежности систем «человек-машина». Разработка системы оператор-машина. Системы предохранения от ошибок оператора. Разработка инструкций по ремонту и эксплуатации. Средства сигнализации. Защитные устройства.</p>
3	Методы повышения надежности на стадии производства.	<p><i>Технологические направления повышения надежности.</i> Требования к технологическим процессам изготовления изделий. Обеспечение необходимой точности изготовления деталей. Обеспечение оптимального качества рабочих поверхностей (шероховатость, волнистость и др.).</p> <p><i>Термическая химико-термическая обработка.</i> Повышение износостойкости, статической и циклической прочности деталей термической обработкой. Упрочнение деталей химико-термической обработкой (цементация, азотирование и др.).</p> <p><i>Способы упрочнения деталей.</i> Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием (обкатка или раскатка шариками и роликами, алмазное выглаживание, чеканка, дробеструйная обработка). Нанесение на рабочие поверхности деталей машин износостойких покрытий (наплавка твердых сплавов, нанесение хромовых покрытий гальваническим методом и др.). Установка втулок, колец и вставок из износостойких материалов. Проведение искусственного старения чугуновых деталей (блоки цилиндров, головки цилиндров, корпуса).</p> <p><i>Регулировка сборочных единиц.</i> Статическая и динамическая балансировка деталей и сборочных единиц. Повышение точности сборки и качества. Повышение надежности входного контроля за комплектующими.</p> <p><i>Повышение сохраняемости.</i> Качественная окраски агрегатов и машин в целом. Применение консервантов. Упаковка для защиты при транспортировке.</p>
4	Методы повышения надежности на стадии эксплуатации.	<p><i>Эксплуатационные направления повышения надежности.</i> Факторы, влияющие на надежность машин в эксплуатации. Внедрение стендовой обкатки и испытаний агрегатов и машин. Организация качественного технического обслуживания. Внедрение технического диагностирования машин. Соблюдение оптимальных режимов работы машин. обеспечение достаточной герметизации</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
		<p>агрегатов и механизмов машин.</p> <p><i>Соблюдение правил хранения машин.</i> Качественная окраски агрегатов и машин в целом. Применение консервантов. Герметизация агрегатов и сборочных единиц.</p> <p><i>Повышения надежности машин при ремонте.</i> Выполнение разборочных работ без повреждения деталей (использование съемников, прессов, стендов и других приспособлений и средств механизации). Обеспечение регламентированных заводами-изготовителями зазоров и натягов в соединениях, усилий затяжки резьбовых соединений и других требований при сборке агрегатов и машин.</p> <p><i>Техническая диагностика машин.</i> Методы и средства диагностирования. Диагностические параметры и обоснование их выбора. Нормирование диагностических параметров. Прогнозирование остаточного ресурса машин и их элементов. Управление техническим состоянием на базе диагностической информации. Проверка средств сигнализации и защитных устройств, обеспечивающих безопасность.</p>

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых(последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин		
		1	2	3
1	«Обеспечение безопасности машин при проектировании»	✓	✓	✓
	«Прогнозирование технического состояния машин»	✓	✓	✓
3	«Методы восстановления деталей и повышение надёжности»	✓	✓	✓

5.3. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	ЭКЗА- МЕН	Всего часов
1	Общие подходы к оценке надёжности и принципы её повышения.	8	12	-	10	5	35
2	Методы повышения надёжности на стадии проектирования.	8	10	-	13	8	39
3	Методы повышения надёжности на стадии производства.	10	6	-	16	7	39
4	Методы повышения надёжности на стадии эксплуатации.	8	6	-	10	7	31
Итого		34	34	-	49	27	144

6. Лекции, практические занятия, лабораторные работы, семинары

6.1. Лекции.

№ п/п	№ разде- ла дис- циплины	Тематика лекций	Трудо- емкость (час.)
1	1	<i>Источники информации о надёжности машин и их элементов. Цель и виды испытаний на надёжность. Стендовые испытания. Полигонные испытания. Специальные испытания. Эксплуатационные испытания. Ускоренные испытания. Определение объема выборки испытаний.</i>	2
2	1	<i>Статистическая обработка информации о надёжности. Обработка информации о надёжности по результатам незавершенных испытаний. Порядок обработки опытных данных. Проверка гипотезы о принадлежности результатов исследований выбранному закону распределения. Оценка надёжности с использованием структурных схем. Методы повышения достоверности оценок показателей надёжности.</i>	2
3	1	<i>Обоснование уровня надёжности. Критерии обоснования. Оптимизация надёжности Экономико-математические модели надёжности. Постановка задачи оптимального проектирования с учетом фактора надёжности (целевые функции, ограничения). Нормирование показателей надёжности.</i>	2
4	1	<i>Методы сравнительного анализа надёжности. Классификация отказов. Систематизация отказов и анализ причинно-следственных связей. Выявления ненадежных элементов и анализ процессов, приводящих к их отказам. Схематизация внешних воздействий. Выявление ведуще-</i>	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
		го фактора. Определение управляющих воздействий.	
5	2	<i>Конструктивные направления повышения надежности на стадии эскизного проектирования</i> Оптимизация компоновочного решения машины. Рациональный выбор конструктивных схем машин (снижение числа составных частей и повышение вероятности их безотказной работы).	2
6	2	<i>Конструктивные направления повышения надежности на стадии технического проектирования.</i> Применения современных уточненных расчетных методов и методик. Выбор материалов деталей из условий прочности, жёсткости, износостойкости. Их рациональное сочетание в парах трения. Обеспечение надлежащей конфигурации деталей (особенно в местах расположения галтелей, канавок и надрезов с целью снижения концентрации напряжений при воздействии динамических и циклических нагрузок) и достаточной жесткости и устойчивости к вибрациям базовых деталей машин, Обеспечение надлежащей герметизации подвижных и неподвижных соединений. Создание оптимальных условий работы пар трения (нагрузка, скорость). Обеспечение оптимальных температурных режимов работы соединений и агрегатов. Надежной смазки трущихся поверхностей. Создание эффективных устройств очистки воздуха, топлива и масел. Применение упрочняющих технологий. Оптимизация геометрической формы деталей. Обеспечение штатных (расчетных) условий работы. Повышение уровня ремонтпригодности. Резервирование отдельных элементов и систем. Применение предохранительных устройств.	2
7	2	<i>Конструктивные направления повышения надежности на стадии рабочего проектирования.</i> Разработка технических требований к рабочим чертежам деталей и сборочных единиц. Обоснованный выбор допусков и посадок. Качество рабочих поверхностей (шероховатость, волнистость и др.), допуск на отклонение от формы. Разработка системы регулировки необходимых зазоров. Проектирование приспособ-	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
		лений для контроля допусков, правильности сборки. Разработка технологического процесса, обеспечивающего выполнения заданных конструктором параметров деталей и сборочных единиц. Разработка системы контроля, технического обслуживания и ремонтов.	
8	2	<i>Прогнозирование надежности.</i> Разработка моделей объекта на основе имитационного моделирования. Анализ вариантов различных способов повышения надежности (упрочнение материалов, поверхностей трибосопряжений, оптимизации межремонтных сроков и др.). Повышение надежности систем «человек-машина». Разработка системы оператор-машина. Системы предохранения от ошибок оператора. Разработка инструкций по ремонту и эксплуатации. Средства сигнализации. Защитные устройства.	2
9	3	<i>Технологические направления повышения надежности.</i> Требования к технологическим процессам изготовления изделий. Обеспечение необходимой точности изготовления деталей. Обеспечение оптимального качества рабочих поверхностей (шероховатость, волнистость и др.).	2
10	3	<i>Термическая химико-термическая обработка.</i> Повышение износостойкости, статической и циклической прочности деталей термической обработкой. Упрочнение деталей химико-термической обработкой (цементация, азотирование и др.).	2
11	3	<i>Способы упрочнения деталей.</i> Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием (обкатка или раскатка шариками и роликами, алмазное выглаживание, чеканка, дробеструйная обработка). Нанесение на рабочие поверхности деталей машин износостойких покрытий (наплавка твердых сплавов, нанесение хромовых покрытий гальваническим методом и др.). Установка втулок, колец и вставок из износостойких материалов. Проведение искусственного старения чугуновых деталей (блоки цилиндров, головки цилиндров, корпуса).	2
12	3	<i>Регулировка сборочных единиц.</i> Статическая и динамическая балансировка деталей и сбороч-	2

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
		ных единиц. Повышение точности сборки и качества. Повышение надежности входного контроля за комплектующими. Повышение уровня контроля за выпускаемой продукцией.	
13	3	<i>Повышение сохраняемости.</i> Качественная окраски агрегатов и машин в целом. Применение консервантов. Упаковка для защиты при транспортировке.	2
14	4	<i>Эксплуатационные направления повышения надежности.</i> Факторы, влияющие на надежность машин в эксплуатации. Внедрение стендовой обкатки и испытаний агрегатов и машин. Организация качественного технического обслуживания. Внедрение технического диагностирования машин. Соблюдение оптимальных режимов работы машин. обеспечение достаточной герметизации агрегатов и механизмов машин.	2
15	4	<i>Соблюдение правил хранения машин.</i> Качественная окраски агрегатов и машин в целом. Применение консервантов. Герметизация агрегатов и сборочных единиц.	2
16	4	<i>Повышения надежности машин при ремонте.</i> Выполнение разборочных работ без повреждения деталей (использование съемников, прессов, стендов и других приспособлений и средств механизации). Обеспечение регламентированных заводами-изготовителями зазоров и натягов в соединениях, усилий затяжки резьбовых соединений и других требований при сборке агрегатов и машин.	2
17	4	<i>Техническая диагностика машин.</i> Методы и средства диагностирования. Диагностические параметры и обоснование их выбора. Нормирование диагностических параметров. Прогнозирование остаточного ресурса машин и их элементов. Управление техническим состоянием на базе диагностической информации. Проверка средств сигнализации и защитных устройств, обеспечивающих безопасность.	2
Итого			34

6.2. Практические занятия

№ п/п	№ разде- ла дисци- плины	Тематика практических занятий	Трудо- емкость (час.)
1	1	Определение объема выборки для испытаний.	2
2	1	Построение планов испытаний на надежность.	2
3	1	Статистическая обработка результатов испыта- ний.	2
4	1	Проверка гипотезы о принадлежности резуль- татов исследований выбранному закону рас- пределения.	2
5	1	Расчет структурной надежности сложной си- стемы. Резервирование.	2
6	1	Модели нормирования и оптимизации надеж- ности	2
7	2	Анализ зависимости надежности от рассеяния прочностных свойств материала	2
8	2	Анализ зависимости надежности от рассеяния нагруженности	2
9	2	Анализ зависимости надежности от рассеяния геометрических характеристик	2
10	2	Расчет надежности соединения с натягом.	2
11	2	Расчет надежности сварного узла конструкции.	2
12	3	Построение стратегии поиска неисправностей электрохимического привода	2
13	3	Разработка структурно-логических схем поиска дефектов при изготовлении	2
14	3	Расчет вероятности пропуска бракованной де- тали	2
15	4	Разработка структурно-логических схем поиска отказов и неисправностей. Расчет.	2
16	4	Оценка влияния периодичности диагностики на надёжность.	2
17	4	Оценка необходимого количества запасных ча- стей.	2
Итого			34

6.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены.

6.4. Семинары

Семинары не предусмотрены учебным планом.

6.5. Образовательные технологии

Лекции	Лекция-изложение, лекция-объяснение. Мультимедийная лекция. Проблемная лекция
Практические занятия	Работа в группах, обсуждение сценариев решения задач, студент в роли обучающего, проблемные задачи и вопросы.
Лабораторные работы	Проблемные вопросы, мозговой штурм, работа в группах, решение ситуационных задач, групповые дискуссии, решение исследовательских задач.
Самостоятельная работа студентов	Компьютерные технологии, работа по аналогии. Индивидуальные исследования. Применение знаний к практическим задачам.
Консультации	Индивидуальные, групповые консультации. Дискуссии. Компьютерные технологии. Управление процессом освоения учебной информации, применения знаний на практике, поиска новой учебной информации.
Текущий контроль, защита расчетно-графической работы.	Дискуссия. Обсуждение ситуаций.
Экзамен	Устно-письменный, проводится по билетам;

7. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	Общие подходы к оценке надёжности и принципы её повышения.	Подготовка к занятиям
		Выполнение расчетно-графической работы
		Изучение дополнительной литературы
2	Методы повышения надежности на стадии проектирования.	Подготовка к занятиям
		Выполнение расчетно-графической работы
		Изучение дополнительной литературы
3	Методы повышения надежности на стадии производства.	Подготовка к занятиям
		Выполнение расчетно-графической работы
		Изучение дополнительной литературы
4	Методы повышения надежности на стадии эксплуатации.	Подготовка к занятиям
		Выполнение расчетно-графической работы
		Изучение дополнительной литературы

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Труханов В. М. Надежность в технике. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ООО ИД «Спектр», 2017. - 656 с. - [2].

2. Лисунов Е.А. Практикум по надежности технических систем: Учеб. пос. 2-е изд., испр. и доп. - СПб : Лань, 2015. - 240 с. - [1].

3. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. - М.: Машиностроение, 1990.- 448 с. - [2].

4. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. - М., Машиностроение, 1986. - 224 с. - [5].

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

а) основная литература:

1. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. - М.: Высш.школа, 2003. - 459 с. - [2].

2. Яхьяев Н.Я., Кораблин А.В Основы теории надежности и диагностика: учеб. для студ. вузов. - М.: Академия, 2009. - 256 с. - [2].

3. Малафеев С.И., Копейкин А.И. Надежность технических систем. Примеры и задачи.: Учеб, пособие. - С-Пб.: Изд-во «Лань», 2011. - 320 с. - [2]..

б) дополнительная литература:

1. Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах. Раздел 4. Расчет и конструирование машин. Том 4-3. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 2003. - 592 с. - [2].

2. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин: Учеб, пособие. - М.: Высш. школа, 1988. - 238 с. - [5].

3. Гусев А.С. Вероятностные методы в механике машин и конструкций: Учеб. пособие, М.: МГТУ, 2009. - 224 с. - [2].

4. Гусенков А.П., Нахапетян А.П. Методы и средства обеспечения надежности машин. Прочность, долговечность, диагностика. - М.: Наука, 1993. - 238 с. - [1].

5. Проников А.С. Надежность машин. - М.: Машиностроение, 1978. - 592 с. - [3].

6. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. - М.: Мир, 1980. - 606 с. - [2].

7. Надежность машиностроительной продукции. Практическое руководство по нормированию, подтверждению и обеспечению. - М.: Изд. стандартов, 1990. - 328 с. - [1].

8. Смирнов, А.А. Надежность колесных машин [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие - Электрон. дан. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 32 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52204>

9. Кугель Р.В. Испытания на надежность машин и их элементов. – М.: Машиностроение, 1982. – 181 с. - [1].

10. Труханов В.М. Надежность технических систем. - М.: Машиностроение - 1, 2008. - 584 с. - [1].

11. Безопасность и надежность технических систем: Учеб, пособие /Александровская Л.Н., Аронов И.З., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. - М.: Москва: ЛОГОС, 2008. -375 с. - [2].

12. Труханов В.М. Надежность изделий машиностроения. Теория и практика.- М.: Машиностроение, 1996. - 336 с. - [2].

в) справочная литература

1. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985. - 608 с. - [2].

2. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. Ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.,) и др. - М.: Машиностроение, 1988. - [2].

3. Машиностроение : энциклопедия : в 40 т. Т. 3-7. Измерения, контроль, испытания и диагностика / ред.-сост. В. В. Ключев, отв. ред. П. Н. Белянин. - М. : Машиностроение, 1996. - 464с. - [4 экз.]

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

<https://lib-bkm.ru/publ/31-1-0-905>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных систем (при необходимости).

Операционная система MS Windows и MS Office Professional для ноутбука.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации укомплектованы специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска).

2. Специализированные учебные аудитории (ауд. 254, 114) для проведения лабораторных работ, лекционных и практических занятий, консультаций и промежуточной аттестации укомплектованы специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска), наглядными пособиями и лабораторным оборудованием.

3. Специализированная аудитория (ауд. 258) для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, промежуточной аттестации. Аудитория оборудована ноутбуком, мультимедиа-проектором, интерактивной доской.

4. Перечень лабораторного оборудования.

Специализированная аудитория 114:

1. Комплект отказавших в эксплуатации деталей - 15 шт.

2. Стенд с типичными разрушениями деталей - 1 шт.

3. Натурный образец цилиндрического двухступенчатого редуктора - 3 шт.

4. Натурный образец червячного редуктора -4 шт.

5. Стенд для испытаний плоскоременной передачи – 1.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

10.1. Методические рекомендации для преподавателей

Дисциплина в целом. Темы лекций, практических и лабораторных занятий необходимо согласовывать друг с другом, с расписанием аудиторных занятий и с графиком выполнения расчетно-графической работы. Студентам заранее сообщаются вопросы к экзамену и к защите расчетно-графической работы, темы практических и лабораторных занятий, график выполнения расчетно-графической работы, система оценки учебной работы. При изучении учебного материала необходимо постоянно показывать связи планирования эксперимента с другими дисциплинами.

Лекции. Большую часть лекционного материала, учитывая ограниченность во времени, целесообразно излагать, используя технологию объяснительно-иллюстрационной (традиционной) модели обучения: от знаний к проблеме. Лекция-изложение, лекция-объяснение, лекция-установка. Часть учебного материала следует излагать, используя технологию проблемного обучения (от проблемы к знаниям): априорный анализ и принятие решений перед экспериментом (выбор отклика, выбор факторов, отсеивание несущественных факторов, выбор математической модели, выбор уровней факторов) и т.д., с использованием интерактивных методов: «групповые дискуссии».

Практические занятия. Рекомендуется применять разные методы обучения при решении задач по каждой теме. Часть времени практического занятия проводится интерактивными методами («работа в группах», «студент в роли обучающего», «обсуждение сценариев решения задач»). Другая часть занятия проводится с использованием пассивной и активной моделей обучения. Применяются проблемные вопросы и задачи.

Расчетно-графическая работа. Целью выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Методы повышения надёжности и безопасности машин» является закрепление, углубление и расширение знаний-умений, полученных студентами при её изучении, а также приобретение навыков проведения расчётов и исследования механизмов, разработки проектной документации, работы на компьютерной технике с прикладными программными средствами («информационные компьютерные технологии», «работа по аналогии», «технология проектирования и прогнозирования»). Расчетно-графическая работа имеет типовую структуру, выполняется по типовой методике в установленный срок. Тем не менее, в расчетно-графическую работу с учётом подготовленности студента включаются элементы исследования с использованием средств электронной таблицы (*Microsoft Excel*), пакета компьютерной математики (*Mathcad*). Консультации (индивидуальные и групповые) к расчетно-графической работе следует организовывать таким образом, чтобы студенты, общаясь, получали помощь не только от преподавателя, но и друг от друга («работа в группах», «работа по аналогии»).

Защита расчетно-графической работы является завершающим этапом изучения дисциплины. Она проходит в форме дискуссии студента и преподавателя в присутствии других студентов и требует от студента специальной подготовки. Во время защиты студент, отвечая на поставленные вопросы, демонстрирует свои знания-умения по затронутым в работе темам. При оценке расчетно-графической работы учитываются качество выполнения и оформления текстовых документов, обоснованность выбранных расчетных моделей, интерпрета-

ция полученных результатов, уровень знаний, продемонстрированный в ответах на вопросы, самостоятельность и соблюдение сроков представления работы.

10.2. Методические рекомендации для обучающихся

Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины. Учебная работа, как и любая другая, включает в себя подготовительные, основные и проверочные действия. Проверочные действия студент осуществляет в виде самоконтроля по каждому виду учебной работы.

Подготовка к лекции: повторить предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебной литературе накануне текущей лекции. В случае непонимания материала – сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю или коллегам за разъяснением. Пониманию проблемы способствуют:

- умение задавать себе вопросы;
- аналогия;
- разные языки описания проблемы (словесный, графический, математический, символный, табличный).

Подготовка к практическому занятию: изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебной литературе с обязательным рассмотрением примеров накануне занятия.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучение рассматриваемой проблемы по методическим указаниям, учебникам, ресурсам Internet, конспекту лекций. При подготовке к защите лабораторной работы следует обратить особое внимание на цель и методику проведения работы, принцип действия лабораторной установки, её конструкцию, нагружающее и измерительное устройство. При выполнении лабораторной работы следует в течение занятия оформить отчёт и проверить себя, отвечая на предложенные в методических указаниях вопросы.

Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса. Для экономии времени и повышения качества обучения рекомендуется изучить рабочую программу дисциплины и учебно-методический комплекс.

Самостоятельная работа занимает более половины отводимого на изучение дисциплины времени, поэтому ей следует уделять повышенное внимание.

Расчетно-графическую работу необходимо выполнять равномерно в течение всего семестра в соответствии с предложенным преподавателем графиком.

Итоговая оценка по курсу учитывает результаты самостоятельной и аудиторной работы студента, поэтому учиться надо, прежде всего, в семестре.

Рекомендации по изучению отдельных тем курса. Отдельные темы, указанные преподавателем на лекции, рекомендуется изучать сразу после получения задания (до следующей лекции) от преподавателя. При этом следует использовать основную, дополнительную, справочную литературу и Internet.

Рекомендации по работе с литературой:

1. Просмотрите предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебнику. Найдите связь, изучаемой темы с остальными разделами курса.

2. Анализ заголовка. Прочитав заголовок, следует спросить себя: «О чём здесь пойдёт речь? Почему заголовок имеет такое название?». Попробуйте ответить на эти и аналогичные вопросы.

3. По ходу чтения ведите диалог с текстом. Задавайте себе вопросы, например, «Откуда это следует? Как быть в этом случае?». По ходу чтения старайтесь осознать, что вам не понятно. Делайте выписки, составляйте схемы, таблицы, подчёркивайте ключевые слова, важные мысли. Разбирайте примеры.

4. После прочтения текста попытайтесь выразить его главные мысли. Представьте себе логическую схему текста. Составьте план конспекта.

5. Бегло просмотрев учебный материал и повторяя сложные места, составьте конспект текста, который будет использован в дальнейшем.

Расчетно-графическую работу студенты выполняют самостоятельно, по графику встречаясь с преподавателем в течение семестра на занятиях и консультациях, к которым также необходимо готовиться. На консультациях студент представляет выполненную часть работы для контроля и проверки преподавателем, получает помощь в решении возникших проблем со стороны преподавателя и от других студентов. Расчетно-графическую работу удобно рассматривать как набор, связанных между собой, задач. Основным методом выполнения расчетно-графической работы – аналогия. Аналогичные задачи решаются на лекциях, практических занятиях, в учебной литературе, коллегами - студентами. *Подготовка к защите расчетно-графической работы* обязательна и включает в себя изучение теоретических вопросов, затронутых в работе, повторение учебного материала, приведённого в текстовых и графических документах, ответы на типовые вопросы.

При подготовке к экзамену необходимо, прежде всего, проработать конспект лекций и учебную литературу в рамках сформулированных преподавателем вопросов к экзамену. Возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях. Просмотреть и повторить лабораторные работы, их сущность, выводы, ответить на контрольные вопросы. Проработать решения типовых задач, разобранных на практических занятиях и при выполнении домашних контрольных работ. Повторить учебный материал расчетно-графической работы.

11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

11.1. Этапы формирования компетенций

Разделы дисциплины	Код показателя освоения		
	ПК-29.Р1	ПК-29.Р2	ПК-29.Р3
Раздел 1. Общие подходы к оценке надёжности и принципы её повышения.	+	+	+
Раздел 2. Методы повышения надёжности на стадии проектирования.	+	+	+
Раздел 3. Методы повышения надёжности на стадии производства.	+	+	+
Раздел 4. Методы повышения надёжности на стадии эксплуатации.	+	+	+

11.2. Индексированные показатели и критерии оценивания результатов

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	
			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
ПК-2	Способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	<p>Р1 - знает: методы теоретических и экспериментальных научных исследований, а также методы математического и физического моделирования процессов, протекающих в технических системах</p> <p>Р2 - умеет: применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования для решения задач, возникающих в процессе профессиональной деятельности</p> <p>Р3 - владеет: навыками проведения экспериментальных исследований, методами математического, физического и компьютерного моделирования процессов, протекающих в технических системах.</p>	<p>Защита лабораторных работ.</p> <p>Контрольные работы.</p> <p>Контроль выполнения расчетно-графической работы.</p>	<p>Вопросы к экзамену и задачи.</p> <p>Вопросы к защите расчетно-графической работы</p>
ПК-29	Готовность участвовать во внедрении и сопровождении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики	<p>ПК-29.Р1 – знает методы повышения надежности и безопасности машин и их элементов на основе результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок;</p> <p>ПК-29.Р2 – умеет разрабатывать методики повышения надежности и безопасности машин и их элементов на основе результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок;</p>	<p>Защита лабораторных работ.</p> <p>Контрольные работы.</p> <p>Контроль выполнения расчетно-графической ра-</p>	<p>Вопросы к экзамену и задачи.</p> <p>Вопросы к защите расчетно-графической работы</p>

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	
			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
	ки и сборочные единицы	ПК-28.РЗ – владеет навыками внедрения и сопровождения результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок, направленных на повышение надежности и безопасности машин и их элементов.	боты.	

11.3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости включает следующие процедуры:

- контрольные работы;
- защиту выполненных лабораторных работ;
- контроль посещаемости;
- контроль выполнения расчетно-графической работы, включающий устный опрос по вопросам к защите расчетно-графической работы на консультациях.

Шкала и критерии оценивания уровня освоения компетенций, приобретаемых при выполнении заданий аудиторных занятий:

- оценка «*отлично*» (максимальный уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он выполнил и успешно защитил все лабораторные работы, правильно решил все задачи контрольных работ, показал хорошую посещаемость учебных занятий, отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;
- оценка «*хорошо*» (средний уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он выполнил и защитил с небольшими замечаниями лабораторные работы, решил с замечаниями задачи контрольных работ, показал хорошую посещаемость учебных занятий, хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;
- оценка «*удовлетворительно*» (минимальный уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он со значительными замечаниями выполнил и защитил лабораторные работы, решил правильно большую часть задач контрольных работ, показал удовлетворительную посещаемость учебных занятий, удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала;

– оценка *«неудовлетворительно»* (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут) выставляется студенту, если он не выполнил или не защитил часть лабораторных работ, не решил задачи контрольной работы, не посещал более половины учебных занятий, показал неудовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений.

Студент, получивший оценку *«неудовлетворительно»* при текущем контроле успеваемости, к промежуточной аттестации не допускается.

**Шкала и критерии оценивания качества расчетно-графической работы
(уровня освоения компетенций, приобретаемых при выполнении расчетно-графической работы)**

Оценка	Характеристика
<p align="center">«Отлично» (максимальный уровень освоения компетенций)</p>	<p>Работа выполнена самостоятельно, в полном объёме, без ошибок, с использованием современных информационных технологий. Продемонстрировано умение выполнять расчеты в области оценки и повышения надежности и безопасности элементов машин и способность разрабатывать методики этих работ, обрабатывать и анализировать полученные результаты. Качество оформления хорошее. Расчетно-графическая представлена к назначенному сроку, разделы работы выполнялись в соответствии с графиком</p>
<p align="center">«Хорошо» (средний уровень освоения компетенций)</p>	<p>Работа выполнена самостоятельно, в полном объёме, с использованием современных информационных технологий, с небольшими недочётами. В некоторых задачах критерии выбора недостаточно чётко сформулированы, пояснения недостаточно полные, допущены неточности. Качество оформления хорошее. Разделы работы выполнялись в соответствии с графиком, работа представлена на защиту к назначенному сроку.</p>
<p align="center">«Удовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций)</p>	<p>Работа выполнена в полном объёме, с использованием современных информационных технологий, с серьёзными недочётами. Самостоятельность выполнения отдельных задач вызывает сомнение. Продемонстрировано умение выполнять расчеты в области оценки и повышения надежности и безопасности элементов машин и способность разрабатывать методики этих работ, обрабатывать и анализировать полученные результаты. Во многих задачах принятия решений критерии выбора недостаточно чётко сформулированы, выбор не обоснован, пояснений недостаточно. Качество оформления удовлетворительное.</p>
<p align="center">«Неудовлетвори-</p>	<p>Работа выполнена не самостоятельно, в неполном</p>

Оценка	Характеристика
<p>тельно» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут)</p>	<p>объёме, без использования современных информационных технологий, в решениях многих задач присутствуют ошибки, большинство пояснений в задачах принятия решений отсутствуют, качество оформления неудовлетворительное. Расчетно-графическая работа не представлена на защиту к назначенному сроку, разделы работы не выполнялись в течение семестра в соответствии с графиком.</p>

Контрольно-измерительные материалы текущего контроля успеваемости: задания для контрольных работ; контрольные вопросы из списка к защите расчетно-графической работы.

Задания для контрольных работ и подготовки к экзамену

1. За время 1000 час эксплуатации в системе зафиксировано 4 отказа. Время восстановления после каждого отказа 1 ч, 1,5 ч, 0,5 ч, 1,2 ч. В процессе эксплуатации проводились профилактические работы продолжительностью 10 часов. Определить коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования.

2. На испытание поставлено 1000 реле. За 2000 часов отказало 80 реле, которые немедленно были заменены новыми. Определить параметр потока отказов, вероятность безотказной работы на $t = 2000$ часов.

3. На восстановление было поставлено 200 реле. Ремонт реле проводился одновременно. За 3 часа отремонтировано 40 реле. Определить вероятность восстановления.

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

5. Производилось наблюдение за работой трех экземпляров однотипной аппаратуры. За период наблюдения было зафиксировано по первому экземпляру 6 отказов, по второму и третьему - 11 и 8 отказов соответственно. Нарботка первого экземпляра составила 181 ч, второго - 329 ч и третьего 245 ч. Требуется определить среднюю наработку аппаратуры до отказа.

6. Система состоит из 5 приборов, причем отказ любого одного из них ведет к отказу системы. Известно, что первый прибор отказал 34 раза в течение 952 ч работы, второй — 24 раза в течение 960 ч работы, а остальные приборы в течение 210 часов работы отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Требуется определить наработку до отказа системы в целом, если справедлив экспоненциальный закон надежности для каждого из пяти приборов.

7. На испытание поставлено 400 изделий. За время $t = 3000$ ч отказало 200 изделий, за интервал времени $\Delta t = 100$ ч отказало 100 изделий. Требуется опре-

делить вероятность безотказной работы за 3000 ч, 3100 ч, 3050 ч; частоту отказов и интенсивность отказов за 3050 ч.

8. Система состоит из трех приборов А, В и С. На испытание было поставлено 100 приборов каждого типа. За 100 ч работы приборы типа А отказали 10 шт., приборы типа В - 20 шт. и приборы С - 50 шт. Определить вероятность безотказной работы каждого прибора, частоту отказов и интенсивность отказов. Интенсивность отказов изделия $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч} = \text{const}$. Необходимо найти вероятность безотказной работы в течение 6 ч полета самолета $P(6)$, частоту отказов $\alpha(100)$ при $t = 100$ ч и среднюю наработку до первого отказа.

9. Вероятность безотказной работы автоматической линии изготовления цилиндров автомобильного двигателя в течение 120 ч равна 0,9. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется рассчитать интенсивность отказов и частоту отказов линии для момента времени 120 ч.

10. Аппаратура состоит из 2000 элементов, интенсивность отказов которых $\lambda = 0,33 \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$. Необходимо определить вероятность безотказной работы аппаратуры в течение времени $t = 200$ часов и среднюю наработку до первого отказа. Для элементов справедлив экспоненциальный закон надежности.

11. В изделии могут быть использованы только те элементы, интенсивность отказов которых равна $\lambda = 1 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Изделие имеет число элементов $N=500$. Требуется определить среднюю наработку до первого отказа и вероятность безотказной работы в конце первого часа.

12. Система состоит из трех приборов А, В и С, причем отказ любого прибора ведет к отказу системы. На испытание было поставлено 100 приборов каждого типа. За 100 часов работы приборы типа А отказали 10 шт., приборы В - 20 шт. и приборы С - 50 шт. Определить наработку до отказа системы в целом, если для приборов каждого типа справедлив экспоненциальный закон надежности.

13. Техническая система управления состоит из 6000 приборов с одинаковой интенсивностью отказов. Средняя наработка до отказа системы управления составляет 600 ч. Требуется рассчитать вероятность отказа одного прибора за 10 часов непрерывной работы. Справедлив экспоненциальный закон надежности.

14. Система имеет кратность общего резервирования $m=5$. Основная нерезервированная система содержит четыре равнонадежных элемента с логически последовательным соединением. Интенсивность отказа одного элемента $\lambda=0,2 \cdot 10^{-3} \text{ (1/ч)}$. Определить характеристики надежности системы за 1000 ч работы.

15. Интенсивность отказов изделия $\lambda = 0,016 \text{ 1/ч}$. Для повышения надежности имеется возможность либо облегчить режимы работы элементов и тем самым снизить интенсивность отказов изделия вдвое, либо дублировать изделие при постоянно включенном резерве без облегчения режимов работы элементов. Какой способ более целесообразен, если надежность изделия оценивать средней наработкой до первого отказа?

16. Вероятность безотказной работы вычислительного устройства $p=0,6$. Какое число устройств следует иметь в «горячем резерве», чтобы результирующее значение вероятности отказа резервированной системы не превышало 10^{-2} .

17. Средний ресурс работы тормозных накладок $L_{\text{ср}} = 15$ тыс. км, а среднеквадратичное отклонение распределения ресурсов $= 5$ тыс. км. Одновременно включено в эксплуатацию $N = 100$ шт. деталей. Определить, сколько деталей будет в работоспособном состоянии при пробегах поочередно равных 20 и 30 тыс. км.

18. Время работы изделия подчинено нормальному закону с параметрами $m_t = 8000$ час., $\sigma_t = 1000$ час. Требуется вычислить количественные характеристики надежности $p(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$, m_t для $t=8000$ час.

19. Время безотказной работы прибора подчинено закону Релея с параметром $\sigma_t = 1860$ час. Требуется вычислить $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ для $t = 1000$ час и среднее время безотказной работы прибора.

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

21. Каландр состоит из следующих элементов: корпус, электропривод, три валка и шесть подшипников. Через год работы вероятность отказов привода составила $Q_1 = 0,05$, валков $Q_2 = 0,12$, подшипников $Q_3 = 0,02,77$, корпуса $Q_4 = 0,01$. Определить надежность каландра к концу второго года, если у всех четырех типов элементов вероятность безотказной работы подчиняется экспоненциальному закону.

22. Технологическая линия состоит из четырех машин – двух дробилок, смесителя и мельницы. Вторая дробилка является нагруженным резервом для первого. Определить надежность работы технологической линии, если надежность машин на данный момент времени составляет соответственно: дробилок - 0,98 и 0,92; смесителя - 0,95 и мельницы - 0,89.

23. Оценить 90%-й ресурс поршневого пресса, если его долговечность ограничена по износу, а ресурс по износу подчиняется нормальному распределению с параметрами: среднее квадратическое отклонение $S_t = 6 \cdot 10^3$ ч; коэффициент вариации $V_t = 0,6$. Оценить вероятность безотказной работы вала машины в течение $t = 1,5 \cdot 10^4$ ч, если внезапные (случайные) повреждения определяются параметром интенсивности отказов $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ ч⁻¹, а ресурс от усталостных повреждений подчиняется нормальному распределению с параметрами: математическое ожидание $m^t = 5 \cdot 10^4$ ч; среднее квадратическое отклонение $S_t = 2 \cdot 10^4$ ч. Построить графики функций надежности от каждого вида отказов и от их совместного действия.

24. Определить коэффициент технического использования оборудования, если параметр потока отказов стационарен и равен $\omega = 3,3 \cdot 10^{-5}$ ч⁻¹, а средние значения времени простоя и ремонта соответственно составляют $t_{\text{пр}} = 50$ ч; $t_{\text{рем}} = 280$ ч.

25. Испытания выявили, что ресурс приводов виброгрохота подчиняется нормальному закону распределения с параметрами: $m_t = 30$ млн. циклов; $S_t = 5$

млн. циклов. Частота колебаний виброгрохота равна 5 Гц, режим работы — непрерывный. Найдите надежность привода и интенсивность его отказов при наработке, равной 2 мес. Как часто надо заменять привод виброгрохота, если вероятность его отказа не должна превышать 5 % ?

26. За время эксплуатации системы произошло 4 отказа. После каждого отказа проводилось восстановление длительностью 1,2 ч, 2,0 ч, 1,5 ч, 1,8 ч. Определить среднее время восстановления, параметр потока восстановлений, вероятность восстановления за 10 час.

27. За календарную продолжительность работы объекта 15000 ч зафиксировано 3 отказа. После каждого отказа проводилось восстановление длительностью 2 ч; 2,5 ч; 2,2 ч. Определить коэффициент готовности, коэффициент простоя, время простоя объекта.

28. Параметр потока отказов объекта $2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$, параметр потока восстановлений 0,4, длительность профилактического обслуживания 10 час. Определить коэффициент технического использования.

29. За время 1000 час эксплуатации в системе зафиксировано 4 отказа. Время восстановления после каждого отказа 1 ч, 1,5 ч, 0,5 ч, 1,2 ч. В процессе эксплуатации проводились профилактические работы продолжительностью 10 часов. Определить коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования.

30. В системе производится эксплуатация одного элемента, имеющего интенсивность отказов равную $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-2} \text{ ч}^{-1}$. Предполагаемое время пополнения ЗИП составляет $t_{\text{П}} = 100 \text{ ч}$. Требуется определить необходимое количество элементов в ЗИП для обеспечения надежности участка системы с основным элементом не ниже $P(t) = 0,995$.

31. Сменный вкладыш возвратно-поступательной пары трения, работающий в режиме высоких температурных и механических нагрузок, имеет средний срок службы 100 ч со средним квадратичным отклонением 20 ч. Продолжительность работы машины до капитального ремонта 8000 ч. Какого количества запасных вкладышей будет достаточно с вероятностью 0,95 и с вероятностью 0,99? Процесс смены вкладышей считать очень коротким.

32. С конструктивной точки зрения для крепления венца шкива к ступице достаточно 4-х болтов М8. Однако шкив был изготовлен с 6-ю болтами М8. Какова вероятность гарантированного крепления венца, если вероятность самораскручивания и выпадения болта составляет 0,001? Принять, что взаимное расположение работоспособных болтов не влияет на прочность конструкции.

33. Система вытяжной вентиляции цеха по производительности может обеспечиваться одним вентилятором, однако для повышения надежности установлено три одинаковых вентилятора, два из которых представляют собой "холодный" резерв. Какой должна быть вероятность безотказной работы вентиляторов, если вероятность отказа системы не должна превышать 0,0001

34. Система вытяжной вентиляции цеха по производительности может обеспечиваться одним вентилятором, однако для повышения надежности установлено несколько дополнительных вентиляторов, являющихся "горячим" резервом (производительность регулируется изменением сопротивления вытяж-

ных трубопроводов). Определить глубину резервирования, если вероятность отказа системы не должна превышать 0,0001, а надежность одного вентилятора 0,94.

35. Технологическая линия состоит из четырех машин – двух дробилок, смесителя и мельницы. Вторая дробилка является нагруженным резервом для первой. Определить надежность работы технологической линии, если надежность машин на данный момент времени составляет соответственно: дробилок - 0,98 и 0,92; смесителя - 0,95 и мельницы - 0,89.

11.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Процедуры (методики) промежуточной аттестации:

- защита расчетно-графической работы проводится в форме собеседования;
- экзамен проводится в письменно-устной форме по билетам.

Согласно Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов успеваемость обучающихся определяется на экзамене и защите расчетно-графической работы оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Шкала оценивания расчетно-графической работы

Оценка	Характеристика
«Отлично» (максимальный уровень освоения компетенций)	Студент самостоятельно, без наводящих вопросов, ответил правильно на 90-100% заданных вопросов; продемонстрировал владение терминологией, классификации видов разрушения и определяющих их факторов, свойств материалов и характеризующих их параметров, методов анализа элемента машины в расчетно-графической работе; умение выполнять качественный и количественный анализ нагруженности объекта, навыки расчётной работы по оценке и повышения надежности элементов машин. В ходе текущего контроля получил оценку «отлично» или «хорошо» за качество расчетно-графической работы.
«Хорошо» (средний уровень освоения компетенций)	Ответ в основном по оценке «отлично», но дан правильный ответ на 75-89% заданных вопросов, допущены ошибки, использованы дополнительные и наводящие вопросы. В ходе текущего контроля получил оценку «отлично» или «хорошо» за качество расчетно-графической работы
«Удовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций)	Дан правильный ответ на 50-74% заданных вопросов, использованы дополнительные и наводящие вопросы. В ходе текущего контроля получил оценку «удовлетворительно» или «хорошо» за качество расчетно-графической работы.

Оценка	Характеристика
«Неудовлетворительно» (компетенции не сформированы)	Студент ответил правильно менее чем на 50% вопросов, даже с использованием наводящих вопросов. В ходе текущего контроля получил оценку «удовлетворительно» за качество расчетно-графической работы.

Уровень знаний, умений и навыков обучающегося при устном ответе во время экзамена определяется с использованием следующей шкалы по следующим критериям.

Оценка *«отлично»* (максимальный уровень освоения компетенций) ставится, если продемонстрировано:

– системное и глубокое знание учебного материала; способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу; умение излагать этот материал исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, приводить необходимые примеры, строить доказательства, делать выводы, проводить анализ предложенных вариантов; владение терминологией; нет необходимости в дополнительных вопросах; допущены одна-две неточности; задачи решены без ошибок с необходимыми пояснениями.

Оценка *«хорошо»* (средний уровень освоения компетенций) ставится, если ответ в основном по оценке «отлично», но с некоторыми недочётами: неточности в математической и графической подаче учебного материала, необходимость в дополнительных наводящих вопросах; а при решении задач допущены незначительные вычислительные ошибки.

Оценка *«удовлетворительно»* (минимальный уровень освоения компетенций) ставится, если продемонстрировано:

– общее знание изучаемого материала по рассматриваемому вопросу, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; неполная математическая и графическая иллюстрация материала; при решении задач допущены непринципиальные ошибки, ход решения верен.

Оценка *«неудовлетворительно»* (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут) ставится, если продемонстрировано:

– незнание значительной части программного материала и понятийного аппарата, неумение делать выводы и строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; задачи не решены, допущены принципиальные ошибки.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации.

Тематика расчетно-графических работ

1. Прогнозирование показателей безопасности и риска транспортной машины.
2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и конструкций.
3. Планирование испытаний машин и их элементов на надежность.
4. Оценка влияния изменения кинематических параметров механических узлов и агрегатов на надежность при износе.

5. Оценка влияния изменения динамических параметров механических узлов и агрегатов на надежность при износе
6. Оценка надежности в зависимости от сложности механической системы.
7. Управление показателями надежности резервных элементов в схемах с резервированием.
8. Планирование эксплуатационного обслуживания машин.
9. Планирование приемочных испытаний машин.
11. Методы оценки и повышения надежности машин на этапе проектирования.
12. Методы оценки и повышения надежности машин на этапе производства.
13. Методы оценки и повышения надежности машин на этапе эксплуатации.
14. Статистические методы контроля качества машин.
15. Сбор и обработка информации по надежности машин.
16. Испытание механических передач на надежность.
17. Определение потребности машины в запчастях.
18. Методы оценки и повышения надежности механических приводов машин
20. Расчетная оценка характеристик ремонтпригодности машин и их элементов.

Вопросы для подготовки к защите расчетно-графической работы

1. Основные понятия и показатели надежности.
2. Что такое работоспособность, исправность, неисправность?
3. Дать определение отказа. Отказы функционирования и отказы параметрические.
4. Дать характеристику причин отказов.
5. Классификация отказов в соответствии с причинами и характером развития и проявления.
6. Классификация отказов по причинам возникновения.
7. Классификация отказов по последствиям.
8. Классификация отказов по возможности дальнейшего использования изделия.
9. Классификация отказов по сложности устранения.
10. Классификация отказов по времени возникновения.
11. Свойства изделий в аспекте проблемы надежности.
12. Показатели безотказности.
13. Показатели долговечности.
14. Показатели сохраняемости.
15. Показатели ремонтпригодности.
16. Комплексные показатели.
17. Плотность распределения и ее характеристики.

18. Вероятность безотказной работы объекта. Функция надежности $P(t)$.
19. Функция распределения $F(t)$. Случайная величина T наработки до первого отказа.
20. Надежность в период нормальной эксплуатации. Экспоненциальный закон распределения.
21. Надежность в период постепенных отказов. Закон нормального распределения.
22. Логарифмически нормальное распределение.
23. Распределение Вейбулла. Вероятность безотказной работы и плотность распределения.
24. Распределение Рэлея. Вероятность безотказной работы и плотность распределения.
25. Модели надежности системы. Системы с последовательным соединением элементов.
26. Модели надежности систем. Системы с параллельным соединением элементов.
27. Модели надежности системы. Сочетание параллельного и последовательного соединения элементов.
28. Модели надежности систем. Системы с параллельно-последовательным соединением элементов.
29. Модели надежности систем. Системы с последовательно-параллельным соединением элементов.
30. Цели и задачи сбора информации о надёжности автомобилей.
31. Как оценивают надежность машин и оборудования для определения их соответствия установленным требованиям?
32. Что является основной целью сбора информации о надежности машины?
33. Какие предприятия и организации охватывает система сбора и обработки информации о надежности?
34. Кто осуществляет сбор и анализ информации о надежности автомобиля?
35. Назовите основные задачи, решение которых должны обеспечить результаты сбора и обработки информации о надежности машин и оборудования ?
36. Какая эксплуатация автомобилей является основным источником информации о их надежности?
37. Для чего предназначены структура первичных данных и формы учетной документации?
38. Чем должен характеризоваться каждый отказ машины в процессе наблюдений?
39. Назовите методы сбора информации при эксплуатации машин?
40. Что является основной причиной нарушения работоспособности и возникновения отказов машин?
41. Какая наука занимается исследованием процессов трения и изнашивания деталей и сопряжений машин?

42. Что называют внешним трением (трением)?
43. Что называется силой трения?
44. Как различают трение в зависимости от кинематики относительного перемещения деталей?
45. Что называется изнашиванием?
46. Что называют износом и в каких единицах он измеряется?
47. Как различают трение в зависимости от количества и свойств смазки между трущимися поверхностями?
48. В результате, каких воздействий происходит механическое изнашивание поверхностей?
49. Вследствие чего проявляется абразивное изнашивание?
50. В чем заключается особенность изнашивания при пластическом деформировании?
51. В чем заключается процесс изнашивание при хрупком разрушении?
52. В чем заключается особенность усталостного изнашивания (“питтинг”)?
53. Расскажите, что Вы знаете о молекулярно-механическом изнашивании?
54. В чем заключается особенность коррозионно-механического изнашивания?
55. В результате каких воздействий происходит эрозионное изнашивание?
56. В каких условиях происходит кавитационное изнашивание?
57. Нарисуйте диаграмму изнашивания деталей автомобилей.
58. Чем отличается период приработки от периода нормального (установившегося) износа?
59. Как еще называют период нормального (установившегося) износа?
60. Как проявляется и чем характеризуется период катастрофического износа?

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации

Экзаменационные вопросы

1. Основные понятия и определения в надежности технических систем и их элементов. Классификация отказов, их систематизация и анализ причинно-следственных связей.
2. Показатели безотказности долговечности невосстанавливаемых объектов, их статистические и вероятностные оценки по результатам полных наблюдений.
3. Показатели безотказности и долговечности невосстанавливаемых объектов, их статистические и вероятностные оценки по результатам сокращенных наблюдений.
4. Показатели надежности восстанавливаемых объектов, их статистические и вероятностные оценки. Поток отказов и его свойства. Пуассоновский поток отказов.

5. Ремонтопригодность и сохраняемость объектов. Показатели ремонтнопригодности и сохраняемости, их вероятностные и статистические оценки.
6. Готовность объектов. Показатель готовности и его оценка.
7. Математическое описание параметров объектов и внешних воздействий в задачах надежности. Выбросы случайных процессов. Оценка среднего числа выбросов стационарного гауссова случайного процесса.
8. Математическое описание параметров объектов и внешних воздействий в задачах надежности. Распределение абсолютного максимума стационарного гауссова случайного процесса воздействий.
9. Модели внезапных отказов. Экспоненциальный закон надежности.
10. Модели постепенных отказов. Типичные функции распределения наработки до постепенных отказов.
11. Расчет надежности при внезапных отказах с использованием теории выбросов случайных процессов.
12. Расчет надежности при внезапных отказах с использованием распределения абсолютного максимума случайного процесса воздействий.
13. Расчет надежности при внезапных отказах и однократном нагружении на основе модели «нагрузка-сопротивление».
14. Оценка параметров распределения наработки до отказа (метод моментов, метод максимального правдоподобия) по результатам полных и сокращенных наблюдений.
15. Расчет надежности технических систем на основе структурных блок-схем. Резервирование как способ повышения надежности.
16. Расчет прочностной надежности при внезапных отказах.
17. Расчет прочностной надежности при постепенных отказах от усталости по критерию трещинообразования при регулярном нагружении.
18. Расчет прочностной надежности при постепенных отказах от усталости по критерию трещинообразования на основе скорректированной линейной модели накопления повреждений и вторичной кривой усталости.
19. Расчет прочностной надежности при постепенных отказах от усталости по критерию трещинообразования в форме вычислительного эксперимента.
20. Расчет прочностной надежности при постепенных отказах от усталости по критерию трещинообразования на основе модели постепенного снижения предела выносливости.
21. Расчет надежности при совместном действии внезапных и постепенных отказов.
22. Расчет трибологической надежности по критерию усталостного выкрашивания.
23. Расчет трибологической надежности по критерию схватывания.
24. Расчет трибологической надежности по критерию абразивного износа.
25. Параметрическая надежность технических систем (основные понятия, причины случайных колебаний, виды границ и математические модели выходного параметра системы).
26. Расчет параметрической надежности технических систем с использованием теории выбросов случайных процессов.

27. . Эксплуатационная надежность. Виды эксплуатации. Методы сбора информации и анализа данных об отказах.

28. Оптимизация надежности (постановка задачи, целевые функции, ограничения).

29. Испытания на надежность. Задачи и виды испытаний. Планирование определительных испытаний.

30. Контрольные испытания на надежность. Риск потребителя и изготовителя. Оперативная характеристика плана испытаний.

31. Контрольные испытания на надежность. Одноступенчатый контроль надежности.

32. Контрольные испытания на надежность. Контроль надежности методом последовательных испытаний.

33. Определительные и контрольные испытания на надежность по критерию усталостного разрушения.

34. Методы повышения прочностной надежности элементов технических систем.

35. Методы повышения трибологической надежности элементов технических систем.

Аннотация

рабочей программы дисциплины
«Методы повышения надёжности и безопасности машин»

Код и название направления – 15.03.03 «Прикладная механика»

Профиль – «Надёжность и безопасность машин»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

1. Цель дисциплины – обучение студентов основам теории и практическому применению методов повышения надёжности на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации машин, пониманию общих принципов прогнозирования и оценки результатов повышения надёжности, системному подходу к анализу и выявлению ненадёжных элементов машин, разработке и использованию методов повышения их надёжности и безопасности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП. Дисциплина «Методы повышения надёжности и безопасности машин» относится к вариативной части блока Б1 обязательных дисциплин программы бакалавриата.

3. Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие следующих компетенций: *готовность участвовать во внедрении и сопровождении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики и сборочные единицы (ПК-29).*

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

5. Основные разделы дисциплины: 1. Общие подходы к оценке надёжности и принципы её повышения. 2. Методы повышения надёжности на стадии проектирования. 3. Методы повышения надёжности на стадии производства. 4. Методы повышения надёжности на стадии эксплуатации.

6. Автор: Татаринцев Вячеслав Александрович, доцент, доцент, к.т.н.

ФИО, должность, ученое звание

7. Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Детали машин» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» «30» 08 2018 г., протокол №8 и утверждена первым проректором по учебной работе 31.08.2018 г.

Лист регистрации изменений

Порядко- вый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннули- ровать, добавить)	Дата внесе- ния измене- ния	Ф.И.О., подпись лица, внёсшего из- менение	Номер и дата прото- кола научно- метод. совета университета