

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Надежность механических систем

направление подготовки (специальность):

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Направленность программы (профиль, специализация):

15.05.01-24 Проектирование технологических машин и комплексов

Квалификация
инженер

Форма обучения
очная

Институт технологического оборудования и машиностроения

Кафедра механического оборудования

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утв. 09.08.2021г.

- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель (составители): д.т.н., проф.  (С.Ю. Лозовая)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 17

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.:


(В.С.Богданов)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)
механического оборудования

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.:

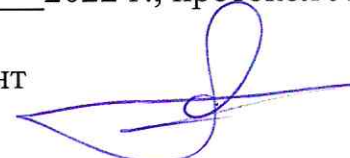
« 26 » апреля 2022 г.


(В.С.Богданов)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 28 » апреля 2022 г., протокол № 8

Председатель к.т.н., доцент


(П.С.Горшков)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
<p>ОПК-9 Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций: разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации и передового опыта разработки конкурентноспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать обзоры, отзывы, заключения</p>	<p>ОПК-9.15 – Применяет математические знания для расчетов безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости технологических машин и комплексов на основе законов теории надежности</p>	<p>Знания Знание статистических приемов и математического вероятностного аппарата теории надежности. Умения Умение производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности. Навыки Владение методиками расчета показателей надежности реальных объектов.</p>
	<p>ОПК-9.16 – Разрабатывает мероприятия по обеспечению заданной работоспособности технологических машин и комплексов на основе инженерных расчетов возможных отказов</p>	<p>Знания Знание приемов резервирования оборудования, особенностей обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем Умения Умение планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем. Навыки Владение методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-9. Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций: разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации и передового опыта разработки конкурентноспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать обзоры, отзывы, заключения

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электрические машины и электропривод
2	Материаловедение
3	Теория механизмов и машин
4	Детали машин и основы проектирования
5	Гидропривод и гидропневмоавтоматика
6	Технические основы создания машин
7	Надежность механических систем
8	Производственная технологическая практика
9	Производственная конструкторская практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации - экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 9
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	85	85
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	126	126
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	72	72
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Семестр 9

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Введение				
1.1	Основные положения теории надежности; термины и определения, показатели для количественной оценки надежности механических систем, показатели надежности.	2	2		6
2	Математический аппарат теории вероятности				
2.1	Вероятность события; теоремы, применяемые в теории вероятностей; случайные величины и их характеристики.	4	6		8
3	Резервирование оборудования				
3.1	Структурообразование надежности, способы резервирования оборудования.	6	6		6
4	Формирование потока отказов				
4.1	Формирование потока отказов оборудования, законы распределения случайных величин, используемых для оценки различных свойств надежности	4	10		10
5	Количественные значения показателей надежности				
5.1	Определение количественных значений показателей надежности, расчет показателей надежности механических систем	4	8		10
5.2	Обеспечение надежности механических систем этапе их проектирования, производства и в процессе эксплуатации	6	6		10
6.	Сервисное прогнозирование и расчет различных показателей механических систем при разработке с учетом износа				
6.1	Отказы восстанавливаемых изделий для обеспечения надежности при проектировании механических систем	2	5		6
6.2	Методы сервисного формирования и обеспечения механических систем	2			6
6.3	Расчет показателей надежности реальных объектов (расчет надежности соединений, типовых узлов механических систем).	4	8		10
	ВСЕГО	34	51		72

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий Семестр № 9

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Математический аппарат теории вероятности	Применение теорем сложения и умножения вероятностей для расчетов надежности механических систем	4	4
2	Математический аппарат теории вероятности	Определение вероятности появления различного числа отказов механических систем за период заданной наработки	4	4
3	Резервирование оборудования	Расчет вероятности безотказной работы систем при различных структурных схемах взаимодействия элементов	5	5
4	Резервирование оборудования	Определение средней наработки до отказа систем при различных структурных схемах взаимодействия элементов и способах их резервирования	5	5
5	Формирование потока отказов	Использование аналитического выражения закона распределения непрерывных случайных величин для расчета вероятности безотказной работы механических систем для заданного времени, их работы и вероятности попадания случайной величины в заданный интервал	10	10
6	Количественные значения показателей надежности	Определение количественных показателей надежности технологических машин и комплексов на основании эксплуатационных данных как систем, состоящих из последовательно взаимодействующих элементов	10	10
7	Количественные значения показателей надежности	Расчет необходимого количества запчастей для ликвидации отказов механических систем	6	6
8	Сервисное прогнозирование и расчет различных показателей машин и оборудования при разработке с учетом износа.	Расчет надежности соединений с натягом, резьбовых соединений, типовых узлов механических систем, расчет надежности электрических машин	7	7
ИТОГО:			51	51

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрены учебным планом

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовой проект/работа учебным планом не предусмотрены.

4.5. Содержание расчетно-графического задания

РГЗ. Цель выполнения расчетно-графического задания – развитие навыков расчета основных характеристик и технологических параметров надежности горных машин и оборудования, предусмотрено расчетно-графическое задание (РГЗ) с объемом самостоятельной работы студента (СРС) – 18 часов. Расчетно-графическое задание выполняется студентами в соответствии с индивидуальными заданиями. Заданием на РГЗ является, согласованная с преподавателем тема. В бланке задания указывается фамилия и инициалы студента, группа. Далее указывается тема РГЗ и исходные данные.

Объем расчетно-графического задания: 10-15 страниц формата А4.

Темы РГЗ:

1. Структурные методы расчета надежности (общие сведения).
2. Структурные методы расчета надежности.
3. Структурные методы расчета надежности (безотказность комплексных восстанавливаемых объектов вида 1).
4. Схемы расчета T_r^M и T_{cp} для системы механизмов.
5. Схема разбиения цикла на интервалы для расчета коэффициента простоя оборудования.
6. Определение коэффициента механизации технологической схемы.
7. Определение коэффициента простоя механизмов $K_{п}^M$.
8. Оптимизация периода длительных профилактических ремонтов.
9. Расчет коэффициент простоя системы машин и механизмов для различных технологических схем.
10. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (технологические перемены отсутствуют, $p = 0$).
11. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (при выходе из строя работающего механизма технологический перебой имеет длительность p').
12. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (отказ механизма технологический перебой делается лишь тогда, когда наработка системы станет равной полному рабочему периоду).

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ОПК-9. Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций; разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации и передового опыта разработки конкурентноспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать обзоры, отзывы, заключения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-9.15 – Применяет математические знания для расчетов безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости технологических машин и комплексов на основе законов теории надежности	Устный опрос по контрольным вопросам, РГЗ, экзамен (лекции, практические занятия, самостоятельная работа).
ОПК-9.16 –Разрабатывает мероприятия по обеспечению заданной работоспособности технологических машин и комплексов на основе инженерных расчетов возможных отказов	Устный опрос по контрольным вопросам, РГЗ, экзамен (лекции, практические занятия, самостоятельная работа).

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение	1. Основные термины и определение понятия надежности 2. Показатели надежности 3. Показатели безотказности 4. Показатели ремонтпригодности
2	Математический аппарат теории вероятности	5. Вероятность события 6. Теорема сложения вероятностей несовместных и совместных событий 7. Теоремы умножения вероятностей 8. Теорема вероятности появления хотя бы одного события 9. Теорема полной вероятности 10. Формула Байеса 11. Повторение опытов. Формула Бернулли. Теорема Лапласа (локальная). Теорема Лапласа (интегральная). 12. Наивероятнейшее число наступлений события

3	Резервирование оборудования	13. Формирование потока отказов 14. Структурные формулы надежности средств механизации работ 15. Анализ структурных состояний средств механизации работ 16. Структурное резервирование оборудования 17. Технологические мероприятия по поддержанию надежности механических систем 18. Периодичность технического обслуживания и ремонтов. 19. Мероприятия по снижению затрат времени на ликвидацию неисправностей. 20. Расчет необходимого количества запасных частей
4	Формирование потока отказов	21. Случайные величины и их характеристика 22. Способы задания дискретных случайных величин 23. Способы задания непрерывных случайных величин. Экспоненциальный закон 24. Способы задания непрерывных случайных величин. Нормальное распределение. 25. Способы задания непрерывных случайных величин. Логарифмически нормальное распределение. 26. Непрерывные случайные величины. Распределение Вейбулла 27. Способы задания непрерывных случайных величин.
5	Количественные значения показателей надежности	28. Экономическая оценка надежности оборудования 29. Оформление журнала хронометражных наблюдений за работой горно-проходческого оборудования 30. Морфология технологической операции. 31. Организация технологической линии 32. Классификация линий 33. Системы машин в перерабатывающих отраслях. 34. Интегрирующие свойства оборудования. 35. Совместимость составных частей линии. 36. Пространственно-временная структура линий. 37. Повышения устойчивости структуры линии. 38. Обеспечение функциональной эффективности линии. 39. Обеспечение надежности линии. Виды износов. 40. Получение информации о надежности оборудования 41. Способы получения информации о надежности механических систем 42. Обработка статистической информации 43. Специальные методы определения распределений случайных величин 44. Расчет суммарных затрат на все виды ремонтов. 45. Общая схема расчета надежности 46. Идентификация объекта 47. Методы расчета (принципы выбора, адекватность) 48. Требования к методикам расчета 49. Исходные данные 50. Представление результатов расчета 51. Методы прогнозирования надежности 52. Структурные методы расчета надежности (общие сведения) 53. Структурные методы расчета надежности (безотказность невозстанавливаемых объектов вида 1)

		<p>54. Структурные методы расчета надежности (безотказность комплексных восстанавливаемых объектов вида 1)</p> <p>55. Схемы расчета T_T^M и T_{cp} для системы механизмов</p> <p>56. Схема разбиения цикла на интервалы для расчета коэффициента простоя оборудования</p> <p>57. Определение коэффициента механизации технологической схемы</p> <p>58. Определение коэффициента простоя механизмов K_n^M</p> <p>59. Оптимизация периода длительных профилактических ремонтов</p> <p>60. Расчет коэффициент простоя системы машин и механизмов для различных технологических схем</p> <p>61. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (технологические перерывы отсутствуют, $p = 0$)</p> <p>62. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (при выходе из строя работающего механизма технологический перерыв имеет длительность p')</p> <p>63. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (отказ механизма технологический перерыв делается лишь тогда, когда наработка системы станет равной полному рабочему периоду)</p> <p>64. Достижение заданной надежности при минимальных затратах средств.</p> <p>65. Простой машины из-за нехватки запасных деталей (запасные детали не ремонтируются)</p> <p>66. Простой машины из-за нехватки запасных деталей (Запасные детали ремонтируются)</p>
6	<p>Сервисное прогнозирование и расчет различных показателей машин и оборудования при разработке с учетом износа</p>	<p>65. Виды отказов по времени и причин их возникновения (повреждение, отказ, критерий отказа, причина отказа, случайные причины, систематические причины, внезапный отказ, постепенные по развитию отказы, внезапные по проявлению отказы, постепенный отказ).</p> <p>66. Отказы, вызванные той или иной причиной и процессе жизненного цикла изделия (конструктивные, производственные (технологические), эксплуатационные).</p> <p>67. Отказы, характеризующиеся результатами их последствий (критичность отказа, сбой, ресурсный отказ, перемежающийся отказ, явный отказ, скрытый отказ деградационный отказ).</p> <p>68. Цели расчета надежности объекта на определенном этапе видов работ на определенной стадии его жизненного цикла.</p> <p>69. Этапы видов работ расчета надежности.</p> <p>70. Элементы идентификации объекта для расчета его надежности.</p> <p>71. Основные признаки подразделения изделий при задании требований по надежности.</p> <p>72. Классификация методов расчета надежности.</p> <p>73. Виды и применение методов прогнозирования надежности.</p> <p>74. Какие действия необходимо произвести для</p>

		<p><i>идентификации объекта</i> для расчета его надежности?</p> <p>75. Назовите и обоснуйте основные методы формирования требуемого уровня надежности оборудования на этапе проектирования.</p> <p>76. Назовите основные методы формирования требуемого уровня надежности оборудования на этапе проектирования.</p> <p>77. Как организовать ускорение испытаний.</p> <p>78. Результаты и анализ эксплуатационных наблюдений.</p> <p>79. Цели и задачи испытаний оборудования.</p> <p>80. Организация и порядок проведения испытаний оборудования</p> <p>81. Стендовые испытания оборудования.</p> <p>82. Коэффициент готовности системы.</p> <p>83. Система профилактики планово-предупредительных ремонтов</p> <p>84. Организация поддержания работоспособного состояния машин в процессе их эксплуатации</p> <p>85. Методы организации технического обслуживания оборудования</p> <p>86. Моделирование процесса прогнозирования надежности машин и аппаратов производства, виды прогнозирования.</p> <p>87. Диагностические признаки и параметры прогнозирования состояний объектов</p> <p>88. Цели, источники, методы сбора информации</p> <p>89. Планирование хронометражных наблюдений.</p> <p>90. Обработка статистической информации.</p> <p>91. Определение параметров распределения.</p> <p>92. Модели профилактики машин</p> <p>93. Выбор интервала профилактической замены для различных групп деталей.</p> <p>94. Модели профилактики планового и аварийного ремонтов.</p> <p>95. Расчет количества запасных частей</p> <p>96. Последовательность действий при формировании стратегии обслуживания оборудования.</p> <p>97. Чем определяется прочность сцепления соединений с натягом?</p> <p>98. Что такое коэффициент вариации натяга и как он рассчитывается?</p> <p>99. Как определяется вероятность безотказной работы соединения с натягом по критерию прочности сцепления?</p> <p>100. Как рассчитывается результирующая надежность соединений с натягом?</p> <p>101. Какими факторами определяется надежность сварного соединения?</p> <p>102. Каковы диапазоны рассеяния предела выносливости для различных видов сварных соединений?</p> <p>103. Как проводится вероятностный расчет сопротивления усталости сварных соединений?</p> <p>104. Какие возникают напряжения в болте от силы затяжки и внешней нагрузки?</p> <p>105. Как определяется вероятность безотказной работы болтового соединения по критериям нераскрытия стыка и не сдвигаемости стыка?</p>
--	--	--

		106. Как рассчитывается вероятность безотказной работы болтового соединения по критериям статической прочности и сопротивления усталости?
--	--	---

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Курсовой проект/ курсовая работа не предусмотрены по рабочему плану

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение всего времени изучения дисциплины в виде защиты практических занятий и выполнения РГЗ

5.3.1. Текущий контроль по практическим занятиям осуществляется в форме выполнение практического занятия, устного опроса и собеседования по контрольным вопросам.

<p>Практическое занятие 1. Применение теорем сложения и умножения вероятностей для расчетов надежности технологических машин и комплексов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие события называются совместными, противоположными, зависимыми, независимыми? 2. В каких случаях применяются теоремы сложения и умножения вероятностей? 3. Какие показатели надежности вы знаете, дайте характеристику? 4. Дайте определения: объект, изделие, техническая система, элемент. 5. Дайте определение основных технических состояний объекта (исправное состояние неисправное состояние работоспособное состояние неработоспособное состояние предельное состояние).
<p>Практическое занятие 2. Определение вероятности появления различного числа отказов технологических машин и комплексов за период заданной наработки</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. В каких случаях используется формула Бернулли? 2. Какие опыты называются независимые? 3. Какие опыты называются повторяющимися? 4. В каких случаях для расчетов используется формула Пуассона? 5. При каких значениях и разницей в результатах расчетов по формулам Бернулли и Пуассона можно пренебречь? 6. Какие измеряемые параметры в определении надежности вы знаете? 7. Какие специфические особенности вопросов надежности рассматриваются? <p>С чем связано абсолютное изменение качества?</p>
<p>Практическое занятие 3. Использование аналитического выражения закона</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. При каких условиях случайные величины распределены по всем рассмотренным видам законов распределения?

<p>распределения непрерывных случайных величин для расчета вероятности безотказной работы $P(t)$ технологических машин и комплексов для заданного времени t, их работы и вероятности попадания случайной величины в заданный интервал</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Что такое коэффициент вариации? 3. Биноминальный закон распределения случайной величины? 4. Нормальный закон непрерывных распределений случайной величины. 5. Логарифмически-нормальный закон непрерывных распределений случайной величины. 6. Распределение Вейбула. 7. Экспоненциальный закон непрерывных распределений случайной величины. 8. Гамма-закон непрерывных распределений случайной величины. 9. Усечено-нормальный закон распределений случайной величины.
<p>Практическое занятие 4. Распределение гамма-процентного ресурса технологических машин и комплексов при известном среднем ресурсе до первого капитального ремонта и коэффициенте вариации ресурса</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое средний ресурс, как он определяется? 2. Что такое гамма-процентный ресурс, как он определяется? 3. Какие законы распределения случайной величины вы знаете? 4. Перечислите и дайте определения показателям долговечности объекта (технический ресурс, доремонтный ресурс, послеремонтный ресурс, полный ресурс, назначенный ресурс, назначенный срок службы, назначенный срок хранения). 5. Перечислите и дайте определения показателям долговечности части объекта (ресурс, средний ресурс, средний ресурс между средними (капитальными) ремонтами, срок службы, срок сохраняемости, остаточный ресурс). 6. Как определить среднее время восстановления 7. Как определить интенсивность восстановления изделия. 8. Перечислите понятия и дайте определение, охватывающие основные технические состояния объекта (исправное состояние неисправное состояние работоспособное состояние неработоспособное состояние предельное состояние). 9. Перечислите понятия и дайте определение временным понятиям надежности (наработка на отказ, наработка до отказа, наработка между отказами, время восстановления).
<p>Практическое занятие 5. Определение количественных показателей надежности технологических машин и комплексов на основании эксплуатационных данных систем, состоящих из последовательно взаимодействующих элементов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что характеризует удельное время восстановления системы? 2. Что такое коэффициент готовности? 3. Назовите другие способы определения коэффициента готовности. 4. Перечислите и дайте определения показателям ремонтпригодности. 5. Что представляет собой интенсивность восстановления.
<p>Практическое занятие 6. Структурные формулы надежности и анализ структурных состояний средств механизации производства</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. График отказов, поток отказов элементов системы, формирование потока отказов. 2. Базовая структурная формула для комплекса и ее сочетания, а так же для комплексов машин с вырожденными элементами при последовательной технологической связи.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Поток отказов при параллельной технологической связи функциональных машин. 4. Критерии структурного резервирования оборудования 5. Кратность резервирования оборудования 6. Смешанное резервирование, пример расчета.
<p>Практическое занятие 7. Расчет вероятности безотказной работы и определение средней наработки до отказа систем при различных структурных схемах взаимодействия элементов и способах их резервирования</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. График отказов, поток отказов элементов системы, формирование потока отказов. 2. Базовая структурная формула для комплекса и ее сочетания, а так же для комплектов машин с вырожденными элементами при последовательной технологической связи. 3. Поток отказов при параллельной технологической связи функциональных машин. 4. Структурные формулы надежности средств механизации, наработка на отказ T_0 и вероятность безотказной работы $P(t)$ систем оборудования. 5. Критерии структурного резервирования оборудования. 6. Кратность резервирования оборудования. 7. Смешанное резервирование, пример расчета. 8. На примере роlikоопоры грузовой ветви ленточного конвейера сформировать ее структурную схему с использованием функционального анализа.
<p>Практическое занятие 8. Расчет необходимого количества запчастей для ликвидации отказов технологических машин и комплексов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как определяется среднее количество запасных элементов? 2. Что определяет коэффициент запаса? 3. От каких факторов зависит вероятность обеспечения потребности в запасных частях?
<p>Практическое занятие 9. Расчет предельной величины параметра технического состояния элемента</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что характеризует параметр технического состояния элемента? 2. От каких факторов зависит скорость изменения параметра технического состояния элемента? 3. Какие факторы влияют на предельное значение параметра технического состояния?
<p>Практическое занятие 10. Расчет надежностей соединений (с натягом, резьбовых соединений)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чем отличается прочность сцепления соединений с натягом? 2. Что такое коэффициент вариации натяга и как он рассчитывается? 3. Какие напряжения возникают в болте от силы затяжки и внешней нагрузки? 4. Как определяется вероятность безотказной работы болтового соединения по критериям нераскрытия стыка и несдвигаемости стыка?

Критерии устного собеседования по практической работе

	Критерии оценивания
Зачёт практической работы	<i>Студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при ответах на вопросы. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
Не зачёт практической работы	<i>При ответе на теоретический вопрос студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i>

5.3.2. Задание на РГЗ

РГЗ. Цель выполнения расчетно-графического задания – развитие навыков расчета основных характеристик и технологических параметров надежности горных машин и оборудования, предусмотрено расчетно-графическое задание (РГЗ) с объемом самостоятельной работы студента (СРС) – 18 часов. Расчетно-графическое задание выполняется студентами в соответствии с индивидуальными заданиями. Заданием на РГЗ является, согласованная с преподавателем тема. В бланке задания указывается фамилия и инициалы студента, группа. Далее указывается тема РГЗ и исходные данные.

Объем расчетно-графического задания: 10-15 страниц формата А4.

Темы РГЗ:

1. Структурные методы расчета надежности (общие сведения).
2. Структурные методы расчета надежности.
3. Структурные методы расчета надежности (безотказность комплексных восстанавливаемых объектов вида 1).
4. Схемы расчета T_r^M и T_{cp} для системы механизмов.
5. Схема разбиения цикла на интервалы для расчета коэффициента простоя оборудования.
6. Определение коэффициента механизации технологической схемы.
7. Определение коэффициента простоя механизмов $K_{п}^M$.
8. Оптимизация периода длительных профилактических ремонтов.
9. Расчет коэффициент простоя системы машин и механизмов для различных технологических схем.
10. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (технологические перерывы отсутствуют, $p = 0$).
11. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (при выходе из строя работающего механизма технологический перерыв имеет длительность p').
12. Схемы расчета коэффициента простоя оборудования при дублировании механизмов (отказ механизма технологический перерыв делается лишь тогда, когда наработка системы станет равной полному рабочему периоду).

Форма оценки	Критерий оценивания
зачтено	Цель, поставленная студенту, выполнена полностью. Решены все задачи, указанные в расчетно-графической работе. Студент в полном объеме владеет теоретическим материалом для выполнения работы. Четко знает всю последовательность выполнения работы. Формулирует полный, четкий и грамотный ответ на контрольные вопросы. Выполнил полностью необходимые задания в ходе моделирования.
не зачтено	Цель, поставленная студенту, не достигнута. Студент плохо владеет теоретическим материалом, путает последовательность. Сформулированный ответ не соответствует или частично соответствует заданному вопросу по теме практического занятия. Не справился с заданием по моделированию.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Промежуточная аттестация по дисциплине «Надежность механических систем» осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

Экзамен включает только теоретическую часть: (3 вопроса). Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент выбирает случайным образом, отводится время в пределах 45 минут. После ответа на теоретические вопросы билета (письменно), преподаватель задает дополнительные вопросы для ответа устно.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

При промежуточной аттестации в форме экзамена: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критерии оценивания достижений в соответствии с компетенцией Компетенция ОПК-9. Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций; разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации и передового опыта разработки конкурентноспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать обзоры, отзывы, заключения.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание статистических приемов и математического вероятностного аппарата теории надежности
	Знание приемов резервирования оборудования, особенностей обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем
Умения	Умение производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности
	Умение планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем
Навыки	Владение методиками расчета показателей надежности реальных объектов
	Владение методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенции ОПК-9 по показателю **Знания**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание статистических приемов и математического вероятностного аппарата теории надежности	Не знает статистических приемов и математического вероятностного аппарата теории надежности	Знает статистические приемы и математический вероятностный аппарат теории надежности, но допускает неточности	Знает статистические приемы и математический вероятностный аппарат теории надежности в полном объеме и на хорошем уровне	Знает в полном объеме и на высоком уровне статистические приемы и математический вероятностный аппарат теории надежности
Знание приемов резервирования оборудования, особенностей обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем	Не знает приемов резервирования оборудования, особенностей обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем	Знает приемы резервирования оборудования, особенности обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем, но допускает неточности	Знает приемы резервирования оборудования, особенности обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем в полном объеме и на хорошем уровне	Знает в полном объеме и на высоком уровне приемы резервирования оборудования, особенности обеспечения работоспособности и ремонтпригодности восстанавливаемых изделий механических систем

Оценка сформированности компетенции ОПК-9 по показателю **Умения**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности	Не умеет производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности	Умеет производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности, но допускает неточности	Умеет производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности в полном объеме	Умеет в полном объеме и на высоком уровне производить анализ структурных состояний разрабатываемых механических систем и расчет показателей их надежности

			и на хорошем уровне	
Умение планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем	Не умеет планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем	Умеет планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем, но допускает неточности	Умеет планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне планировать мероприятия по обеспечению надежности механических систем

Оценка сформированности компетенции ОПК-9 по показателю **Навыки**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение методиками расчета показателей надежности реальных объектов	Не владеет методиками расчета показателей надежности реальных объектов	Владеет методиками расчета показателей надежности реальных объектов, но допускает неточности	Владеет методиками расчета показателей надежности реальных объектов в полном объеме и на хорошем уровне	Владеет в полном объеме и на высоком уровне методиками расчета показателей надежности реальных объектов
Владение методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования	Не владеет методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования	Владеет методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования, но допускает неточности	Владеет методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования в полном объеме и на хорошем уровне	Владеет в полном объеме и на высоком уровне методами сервисного прогнозирования и расчета различных показателей оборудования

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
2	Учебная аудитория для проведения поточных лекций	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, экран, компьютер, ноутбук
3	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, экзамена, самостоятельной работы	Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	NanoCAD	Договор № НР-22/220-ВУЗ от 17.02.2022 Лицензия бессрочная

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. [Лозовая, С. Ю.](#) Теория обеспечения надежности машин и оборудования : учеб. пособие для студентов специальности 15.04.02 – Технологические машины и оборудование / С. Ю. Лозовая ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во

БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. - 224 с.

2.. Лозовая, С. Ю. Теоретические основы расчета надежности машин и механизмов : методические указания к выполнению практических работ : учеб. пособие для студентов специальности 15.04.02 - Технологические машины и оборудование / С. Ю. Лозовая. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. - 83 с.

3. Надежность машин и механизмов [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Черкасов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 272 с. — 978-5-7264-1184-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60823.html>

4. Основы надежности машин [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.М. Зубрилина [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2010. — 120 с. — 978-5-9596-0706-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47328.html>

5. Абиев Р.Ш. Надежность механического оборудования и комплексов [Электронный ресурс] : учебник / Р.Ш. Абиев, В.Г. Струков. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Проспект Науки, 2017. — 224 с. — 978-5-903090-78-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35791.html>

6. Лозовая, С.Ю. Математические основы надежности горных машин и оборудования/ Учебное пособие Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 224 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015040211355929900000659146>

7. Лозовая, С.Ю. Обеспечение надежности горных машин и оборудования/ Практикум: учеб.пособие – Белгород: из-во БГТУ, 2011. – 70 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015012114240117100000657128>

8. Лозовая, С.Ю. Теоретические основы расчета надежности машин и механизмов/ учеб.пособие– Белгород: из-во БГТУ, 2012. – 186 с. http://irbis.bstu.ru/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Сайт ВАК Минобрнауки РФ <http://vak.ed.gov.ru/>
2. Электронная библиотека «Книгафонд» <http://knigafund.ru/>
3. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>
4. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>
5. Центральная пресса России <http://www.ivis.ru/>
6. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____/20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО