

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
_____ Е.И. Луковникова
«29» марта 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.4.1 Обеспечение эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин

НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

2.5.2 Машиноведение

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	3
1.1 Цель дисциплины	3
1.2 Задачи дисциплины.....	3
1.3 Место дисциплины в структуре основной образовательной программы	3
1.4 Требования к уровню освоения содержания дисциплины	3
2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФОРМАМ ОБУЧЕНИЯ И ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	4
2.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения	4
2.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость	4
3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
3.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебной работы	5
3.2 Содержание лекционных занятий.....	5
3.3 Практические занятия, семинары.....	9
3.4 Контрольные мероприятия	9
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	11
4.1 Рекомендуемая литература	11
4.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	11
5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	12
Приложение 1. Аннотация рабочей программы дисциплины	13
Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	17
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	21

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Цель дисциплины

Цель преподавания дисциплины – освоение знаний и приобретение навыков обеспечения эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин.

1.2. Задачи дисциплины

К задачам освоения дисциплины относятся:

- изучение геометрических характеристик качества поверхностей;
- изучение методов описания шероховатых поверхностей;
- изучение основных моделей контактного взаимодействия шероховатых поверхностей;
- изучение методов расчета характеристик контакта для деталей с покрытиями;
- знание методов расчета основных эксплуатационных свойств тяжело нагруженных соединений деталей машин;
- изучение современных методов оптимального проектирования соединений деталей машин.

1.3. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Обеспечение эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин» относится к вариативной части.

Дисциплина «Обеспечение эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: материаловедение, теоретическая механика, сопротивление материалов.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, «Обеспечение эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин» представляет основу для изучения дисциплины (дисциплин): контактное взаимодействие шероховатых поверхностей, оптимальное проектирование машин, основы теории трения и изнашивания.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации Исследователь. Преподаватель-исследователь.

1.4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

<i>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</i>	
знать:	<ul style="list-style-type: none">- основные методы научно-исследовательской деятельности, используемые в машиностроении.- современные методы решения нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера;- планирование, постановку и проведение экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оценением получаемых результатов;- формы представления математических моделей различных физических процессов и технических устройств на их основе, относящихся к машиноведению;- прикладное программное обеспечение;<ul style="list-style-type: none">- закономерности влияния состава структуры материалов на их механические свойства.- фундаментальные основы долговечности и надежности отдельных узлов и деталей машины;
уметь:	<ul style="list-style-type: none">- использовать имеющиеся знания для интерпретации и оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства.- использовать современные методы исследования при решении задач конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники;

	<ul style="list-style-type: none"> - осуществлять планирование, постановку и проведение экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов; - осуществлять выбор адекватных объекту и предмету исследования методов и методик научного исследования; - создавать прикладное программное обеспечение для решения задач теоретических и экспериментальных исследований; - определять и проводить статистическую обработку результатов механических испытаний; - определять факторы, влияющие на долговечность надежности отдельных узлов и деталей машин;
владеть:	<ul style="list-style-type: none"> - Навыками оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования. - методами анализа и оценки новизны, актуальности, достоверности и представления получаемых результатов. - планированием, постановкой и проведением экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов. - навыками анализа и систематизации результатов научно-исследовательской работы. - созданием прикладного программного обеспечения для решения задач теоретических и экспериментальных исследований. - методами определения основных механических свойств материалов. - методами повышения долговечности деталей машины на всех этапах ее создания и эксплуатации.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФОРМАМ ОБУЧЕНИЯ И ВИДАМ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

2.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Трудоемкость дисциплины в часах					Реферат	Вид промежуточной аттестации (экзамен, зачет)
		Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Семинары Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Очная	2	108	48	24	24	60	-	зачёт

2.2. Распределение объема дисциплины по видам учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость

Вид учебной работы	Трудоемкость, часов	Распределение по курсам, час
		КУРС
Аудиторные занятия (всего)	48	2
Лекции (Лк)	24	2
Практические занятия (ПЗ)	24	2
Самостоятельная работа (СР) (всего)	60	2

Подготовка к практическим занятиям	30	2
Подготовка к зачету	30	2
Вид промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачёт	2
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	108	-
	3	2

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебной работы

№ раз-дела	Наименование разделов дисциплины	Виды учебной работы; часы			
		Лекции	Практические занятия	СР*	Всего часов
1.	Геометрия поверхностей деталей машин.	4	4	10	18
2.	Основные модели контактного взаимодействия шероховатых поверхностей.	4	4	10	18
3.	Контактирование шероховатых поверхностей через слой покрытия.	4	4	10	18
4.	Обеспечение эксплуатационных свойств соединений деталей машин.	6	6	20	32
5.	Оптимальное проектирование тяжело нагруженных соединений деталей машин.	6	6	10	22
	ИТОГО	24	24	60	108

3.2. Содержание лекционных занятий

Номер, наименование разделов дисциплины	Наименование тем (разделов)	Объем в часах	Вид занятия в инновационной форме
1. Геометрия поверхностей деталей машин.	Тема: Геометрические характеристики качества поверхностей. Отклонение от правильных геометрических форм. Волнистость, шероховатость. Субмикрощероховатость. Стандарты СР и ISO. Высотные параметры шероховатости. Шаговые параметры шероховатости. Кривая опорной поверхности. Описание степенной функцией и бета-функцией. Тема: Методы описания шероховатых поверхностей. Детерминированная модель шероховатости. Модель в виде нормального случайного поля. Модель Д. Гринвида и Дж. Уильямсона. Модель И.В. Крагельского и Н.Б. Демкина. Применение корреляционного анализа для описания шероховатости. Фрактальная и дискретно-фрактальная модели шероховатости. Форма единичной неровности. Распределение неровностей по высоте.	4	-
2. Основные модели контактного	Тема: Упругий контакт шероховатых поверхностей:	4	-

<p>взаимодействия шероховатых поверхностей.</p>	<p>Упругий контакт единичной поверхности. Задача Герца. Взаимное влияние неровностей. Решение Штаермана. Контакт шероховатой поверхности с упругим полупространством. Контакт двух шероховатых поверхностей. Эквивалентная поверхность. Контактные характеристики: относительная площадь контакта, плотность зазоров в стыке. Силовой упругогеометрический параметр.</p> <p>Тема: Вязкоупругий контакт шероховатых поверхностей:</p> <p>Модели вязкоупругих материалов. Теория наследственности Больцмана-Вольтерра. Управления линейкой вязкоупругости. Ядро и резольвента интегрального уравнения. Ядро Кольрауша-Слонимского. Экспотенциальное ядро. Ядро в виде суммы экспотенциальных функций. Ядро Бронского-Слонимского. Ядро Колтунова. Изменение относительной площади контакта во времени. Влияние температуры на механические свойства вязкоупругого материала.</p> <p>Тема: Упругопластический контакт шероховатых поверхностей:</p> <p>Обзор методик расчета упругопластического контакта. Описание свойств упрочняемых материалов. Идеальное жесткопластическое тело. Упругое идеально жесткопластическое тело. Модели Людвика и Холломана. Критерии пластичности. Взаимное влияние шероховатостей на критерии пластичности. Модель Дрозда-Матлина. Модель Воронина. Описание упругопластического контакта с использованием кинетических кривых индентирования. Кривая нагружения. Распределение контактного давления на площадке контакта. Кривая разгрузки. Упругое продавливание и пластическое вытеснение материала: эффекты «sink-in» и «pile-up». Аналитическое описание геометрии контакта. Метод подобия деформационных характеристик. Пластическая твердость, применение результатов конечно-элементного анализа. Влияние упрочняемости материалов. Контакт жесткой шероховатой поверхности с упругопластическим упрочняемым полупространством. Контактные характеристики: относительная площадь контакта и плотность зазоров в стыке. Влияние параметров упрочняемости.</p>		
<p>3. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей через слой покрытия.</p>	<p>Тема: Определение упругих свойств топокомполитов.</p> <p>Перспектива использования покрытий в машиностроении. Жесткостная модель слоистого упругого тела при внедрении в него сферического индентора и нагружения его распределенной нагрузкой. Жесткостная модель двухслойных упругих покрытий.</p>	<p>4</p>	<p>-</p>

	<p>Определение упругих характеристик композитного слоистого тела.</p> <p>Тема: Контактное взаимодействие шероховатой поверхности через слой упругого и вязкоупругого покрытия.</p> <p>Определение упругих характеристик при внедрении отдельной неровности. Влияние толщины покрытия и относительной площади контакта отдельной неровности. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей через слой упругого и вязкоупругого покрытия. Влияние толщины упругого покрытия на относительную площадь контакта. Влияние величины нагрузки и времени ее действия на относительную площадь контакта при вязкоупругом покрытии.</p> <p>Тема: Контактное взаимодействие шероховатой поверхности через слой упругоэластического покрытия.</p> <p>Внедрение единичной неровности в упругоэластическое покрытие. Влияние формы распределенной нагрузки на упругие свойства топокомпозита. Моделирование контакта шероховатой поверхности через слой упругоэластического покрытия. Учет выдавливания материала. Влияние толщины покрытия и характеристик упрочняемости материала покрытия на относительную площадь контакта.</p>		
<p>4. Обеспечение эксплуатационных свойств соединений деталей машин.</p>	<p>Тема: Обеспечение износостойкости.</p> <p>Причины выхода из строя деталей машин. Основная расчетная схема интенсивности изнашивания. Средний диаметр зоны контакта. Число циклов фрикционного взаимодействия. Константы фрикционной усталости. Число циклов до разрушения.</p> <p>Тема: Определение коэффициента трения.</p> <p>Молекулярно-механическая теория трения. Молекулярная и деформационная составляющие. Контакты физико-механических свойств. Коэффициент гистерезисных потерь. Расчетное значение коэффициента трения. Минимальное значение коэффициента трения. Влияние контактных давлений.</p> <p>Тема: Обеспечение прочности посадок с натягом, усталостной прочности и коррозионной стойкости.</p> <p>Условие обеспечения прочности посадок с натягом. Наибольший вращающий момент. Связь контактного давления с величиной натяга. Определение величины натяга. Состояние поверхностных слоев. Коэффициент напряжений. Остаточные напряжения. Факторы, влияющие на сопротивляемость усталости деталей машин. Сопротивление разрушающему действию внешней среды. Физико-механическое состояние поверхностного слоя. Изменения</p>	<p>6</p>	<p>-</p>

	<p>коррозионной стойкости при механической обработке. Степень упрочнения. Скорость коррозии.</p> <p>Тема: Обеспечение герметичности соединений.</p> <p>Механизм образования утечки. Режимы истечения газовой среды. Формула Пуазейля. Модели для расчета герметичности. Приведенный зазор. Пористое тело. Перколяционные модели. Параметры микроканалов. Периметр и площадь сечения. Плотность зазоров в стыке. Доля эффективных микроканалов. Функционал проницаемости. Герметизирующая способность стыка. Влияние распределения контактного давления.</p>		
<p>5. Оптимальное проектирование тяжело нагруженных соединений деталей машин.</p>	<p>Тема: Математическая постановка оптимального проектирования.</p> <p>Исходные данные на проектирование. Формализация процесса проектирования. Формулирование данных на проектирование. Выбор концепции. Оптимизация. Детализация. Подэтапы оптимизации: постановка задачи; составление таблицы испытаний; выбор критериальных ограничений; проверка разрешенности задачи. Блок-схема оптимального проектирования конструкции. Генератор $ЛП_T$-последовательностей. Используемые математические модели: напряженно-деформированного состояния; контакта шероховатых поверхностей; определения эксплуатационных свойств; динамического напряжения; изнашивания; разрушения.</p> <p>Тема: Оптимальное проектирование затворов трубопроводной арматуры.</p> <p>Формулирование исходных данных. Выбор параметрических ограничений. Выбор пробных точек в пространстве исходных параметров. Введение функциональных ограничений и критериев качества. Определение погонного усилия обеспечивающего заданную интенсивность утечки. Проверка статической прочности. Проверка объемной усталостной прочности. Определение числа циклов нагружения, при которых сохраняются требования по герметичности. Примеры оптимального проектирования.</p>	6	-
	ИТОГО	24	

3.3. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем в часах</i>	<i>Вид занятия в инноваци онной форме</i>
1	1.	Построение кривой опорной поверхности. Расчет функции распределения неровностей по высоте.	4	-
2	2.	Расчеты контактных характеристик при разных видах контакта шероховатых поверхностей.	4	-
3	3.	Определение упругих характеристик топокомполитов. Расчет контактных характеристик при контактировании шероховатой поверхности через слой покрытия.	4	-
4	4.	Расчеты коэффициента трения. Расчеты износостойкости соединений с натягом. Расчеты герметичности соединений.	6	-
5	5.	Оптимальное проектирование затворов трубопроводной арматуры.	6	-
ИТОГО			24	-

3.4. Контрольные мероприятия:

Учебным планом не предусмотрено.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Рекомендуемая литература					
4.1.1. Основная литература					
№	Авторы,	Заглавие	Издательство год	Кол-во	Эл. адрес
1	П.М. Огар, В.А. Тарасов, И.И. Корсак	Оптимальное проектирование затворов трубопроводной арматуры	Издательство БрГУ, 2012	46	-
2	П.М. Огар, Д. Лханаг, Р.Н. Шеремета	Герметичность металло-полимерных стыков шероховатых поверхностей.	Издательство БрГУ, 2006	38	-
4.1.2. Дополнительная литература					
№	Авторы,	Заглавие	Издательство год	Кол-во	Эл. адрес
1	Продан В.Д.	Техника герметизации разъемных неподвижных соединений: учебное	М.: Машиностроение, 1991	5	-
2	Крагельский И.В., Михин Н.М	Узлы трения машин.	М.: Машиностроение, 1984	8	-
3	Гаркунов Д. Н.	Триботехника: конструирование, изготовление и эксплуатация машин:	М.: МСХА, 2002	30	-
4	В. В. Шелофаст, Т. Б. Чугунова	Основы проектирования машин. Примеры решения задач: учебно-методический комплекс	АПМ, 2004	70	-
4.1.3. Методические разработки					
№	Авторы,	Заглавие	Издательство год	Кол-во	Эл. адрес
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
4.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»					
1	Электронный каталог библиотеки БрГУ http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=				
2	Электронная библиотека БрГУ http://ecat.brstu.ru/catalog .				
3	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» http://biblioclub.ru .				
4	Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» http://e.lanbook.com .				
5	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" http://window.edu.ru .				
6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://elibrary.ru				
7	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) https://uisrussia.msu.ru/ .				

8	Национальная электронная библиотека НЭБ http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/
9	Информационный центр «Библиотека имени К. Д. Ушинского» РАО. – URL: http://www.gnpbu.ru
10	Научная библиотека Российской академии народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации. – URL: https://lib.ranepa.ru/ru
11	Электронная гуманитарная библиотека МГУ. – URL: http://gumfak.ru .
12	Научная библиотека МГУ им. Ломоносова. – URL: http://nbmgu.ru
13	Электронный журнал «Психолого-педагогические исследования». – URL: http://psyedu.ru .
14	Институт научной информации по общественным наукам (ИНИОН) РАН. – URL: http://inion.ru
15	Российский государственный гуманитарный университет, научная библиотека. – URL: https://liber.rsuh.ru .
16	Российская государственная библиотека. – URL: https://www.rsl.ru
4.3.1 Перечень программного обеспечения	
1	ОС Windows 7 Professional;
2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
3	Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
4	Ай-Логос Система дистанционного обучения;
5	Программное обеспечение для мультимедиа-лингафонного комплекта RINEL-LINGO, позволяющего реализовать функциональные возможности мультимедийного компьютерного класса;
6	ПО "Антиплагиат".
4.3.2 Перечень информационных справочных систем	
1	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
3	Электронная библиотека БрГУ
4	Электронный каталог библиотеки БрГУ
5	«Университетская библиотека online»
6	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7	ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система

5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№ аудитории</i>	<i>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</i>	<i>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</i>
1	2	3
3108	Учебная аудитория (мультимедийный) класс	<p>Основное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интерактивная доска SMART Board X885ix со встроенным проектором UX 60; - интерактивный монитор-планшет Wacom LSD 22 PL-2200 Interactive PenDisplay; - акустическая система CAMERON MSP-2050; - ПК: сист. блок Celeron D346 + монитор TFT19 Samsung E1920NR. <p>Дополнительно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - доска поворотная – 1 шт. <p>Учебная мебель:</p> <ul style="list-style-type: none"> - комплект мебели (посадочных мест) – 32 шт.; - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя – 1/1 шт.
№1-№5	Научно-исследовательская лаборатория	<ul style="list-style-type: none"> - Системный блок ATHLONx2 7550/GeForce, - Терминал LCP 19 Samsung E1920NR, - Персональный Компьютер iRU-corp i5-3470 Монитор Samsung 21.5 S22B350BRed-BlackF, - Планшетный ПК Accer Iconia Tab A501 10", - МФУ canon LaserBase MF-3228 принтер/копир/сканер, - Графическая станция IPU Corp 17-4930K (Монитор LG 23)
2101	Читальный зал № 1	<ul style="list-style-type: none"> - Учебная мебель - Оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); - принтер HP LaserJet P2055D

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке ФГБОУ ВО «БрГУ», получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия.

Практическое занятие ограничено связано с другими формами организации учебно-воспитательного процесса, включая, прежде всего, самостоятельную работу аспирантов. На практические занятия выносятся узловые темы курса, усвоение которых определяет качество профессиональной подготовки аспирантов.

Особенностью практического занятия является возможность равноправного и активного участия каждого аспиранта в обсуждении рассматриваемых вопросов.

В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы.

В ходе практических занятий принимать активное участие в обсуждении учебных вопросов: выступать с докладами, рефератами, обзорами научных статей, отдельных публикаций периодической печати, касающихся содержания темы практического занятия. В ходе своего выступления использовать технические средства обучения.

С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов практического занятия устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

При подготовке к зачету и экзамену повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, вынесенных на зачет, экзамен и содержащихся в данной программе. Использовать литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебно материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная

работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу аспирантов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является:

освоение знаний и приобретение навыков обеспечения эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин.

Задачей изучения дисциплины является:

- изучение геометрических характеристик качества поверхностей;
- изучение методов описания шероховатых поверхностей;
- изучение основных моделей контактного взаимодействия шероховатых поверхностей;
- изучение методов расчета характеристик контакта для деталей с покрытиями;
- знание методов расчета основных эксплуатационных свойств тяжело нагруженных соединений деталей машин;
- изучение современных методов оптимального проектирования соединений деталей машин.

2. Структура дисциплины

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Геометрия поверхностей деталей машин;
- 2 - Основные модели контактного взаимодействия шероховатых поверхностей;
- 3 - Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей через слой покрытия;
- 4 - Обеспечение эксплуатационных свойств соединений деталей машин;
- 5 - Оптимальное проектирование тяжело нагруженных соединений деталей машин.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

<i>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</i>	
знать:	<ul style="list-style-type: none"> - основные методы научно-исследовательской деятельности, используемые в машиностроении. - современные методы решения нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера; - планирование, постановку и проведение экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов; - формы представления математических моделей различных физических процессов и технических устройств на их основе, относящихся к машиноведению; - прикладное программное обеспечение; <ul style="list-style-type: none"> - закономерности влияния состава структуры материалов на их механические свойства. - фундаментальные основы долговечности и надежности отдельных узлов и деталей машины;
уметь:	<ul style="list-style-type: none"> - использовать имеющиеся знания для интерпретации и оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства. - использовать современные методы исследования при решении задач конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники; - осуществлять планирование, постановку и проведение экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых

	<p>результатов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять выбор адекватных объекту и предмету исследования методов и методик научного исследования; - создавать прикладное программное обеспечение для решения задач теоретических и экспериментальных исследований; - определять и проводить статистическую обработку результатов механических испытаний; - определять факторы, влияющие на долговечность надежности отдельных узлов и деталей машин;
владеть:	<ul style="list-style-type: none"> - Навыками оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования. - методами анализа и оценки новизны, актуальности, достоверности и представления получаемых результатов. - планированием, постановкой и проведением экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов. - навыками анализа и систематизации результатов научно-исследовательской работы. - созданием прикладного программного обеспечения для решения задач теоретических и экспериментальных исследований. - методами определения основных механических свойств материалов. - методами повышения долговечности деталей машины на всех этапах ее создания и эксплуатации.

4. Вид промежуточной аттестации: Зачёт

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

1. Описание фонда оценочных средств

<i>№</i>	<i>Раздел</i>	<i>Тема</i>	<i>ФОС</i>
1	2	3	4
1	Геометрия поверхностей деталей машин.	1.1. Геометрические характеристики качества поверхностей. 1.2. Методы описания шероховатых поверхностей.	Вопрос к зачету № 1.1
2	Основные модели контактного взаимодействия шероховатых поверхностей.	2.1. Упругий контакт шероховатых поверхностей; 2.2. Вязкоупругий контакт шероховатых поверхностей:	Вопросы к зачету №2.1-2.3
3	Контактирование шероховатых поверхностей через слой покрытия.	3.1. Определение упругих свойств топокомпозитов. 3.2. Контактирование шероховатой поверхности через слой упругого и вязкоупругого покрытия. 3.3. Контактирование шероховатой поверхности через слой упругопластического покрытия.	Вопросы к зачету №3.1-3.3
4	Обеспечение эксплуатационных свойств соединений деталей машин.	4.1. Обеспечение износостойкости. 4.2. Определение коэффициента трения. 4.3. Обеспечение прочности посадок с натягом, усталостной прочности и коррозионной	Вопросы к зачету №4.1-4.3

		стойкости. 4.4. Обеспечение герметичности соединений.	
5	Оптимальное проектирование тяжело нагруженных соединений деталей машин.	5.1. Математическая постановка оптимального проектирования. 5.2. Оптимальное проектирование затворов трубопроводной арматуры.	Вопросы к зачету №5.1-5.3

2. Текущий контроль

<i>№</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Раздел</i>	<i>Тема</i>	<i>Форма текущего контроля</i>
1		2	3	4
1	Лекция	1. Геометрия поверхностей деталей машин.	1.1. Геометрические характеристики качества поверхностей. 1.2. Методы описания шероховатых поверхностей.	Практическое занятие
2	Лекция	2. Основные модели контактного взаимодействия шероховатых поверхностей.	2.1. Упругий контакт шероховатых поверхностей; 2.2. Вязкоупругий контакт шероховатых поверхностей:	Практическое занятие
3	Лекция	3. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей через слой покрытия.	3.1. Определение упругих свойств топокомполитов. 3.2. Контактное взаимодействие шероховатой поверхности через слой упругого и вязкоупругого покрытия. 3.3. Контактное взаимодействие шероховатой поверхности через слой упругопластического покрытия.	Практическое занятие
4	Лекция	4. Обеспечение эксплуатационных свойств соединений деталей машин.	4.1. Обеспечение износостойкости. 4.2. Определение коэффициента трения. 4.3. Обеспечение прочности посадок с натягом, усталостной прочности и коррозионной стойкости. 4.4. Обеспечение герметичности	Практическое занятие

			соединений.	
5	Лекция	5. Оптимальное проектирование тяжело нагруженных соединений деталей машин.	5.1. Математическая постановка оптимального проектирования. 5.2. Оптимальное проектирование затворов трубопроводной арматуры.	Практическое занятие

3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине «Обеспечение эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных соединений деталей машин» проводится в форме **Зачёта**

<i>№ n/n</i>	<i>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ (ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ)</i>	<i>№ и наименование раздела (согласно р.3)</i>
1	4	5
1.	1. Современные методы описания макро- и микрогеометрии поверхностей деталей машин.	Геометрия поверхностей деталей машин.
2	1. Критерий достоверности математической модели шероховатой поверхности. 2. Критерий перехода от упругого к упругопластическому контакту единично микронеровности. 3. В чем суть дискретной модели шероховатой поверхности?	Основные модели контактного взаимодействия шероховатых поверхностей.
3	1. Цели нанесения покрытий на поверхности деталей машин. 2. Влияние толщины покрытия на относительную площадь пятна. 3. Суть жесткостной модели слоистого полупространства.	Контактирование шероховатых поверхностей через слой покрытия.
4	1. Основные эксплуатационные свойства деталей машин. 2. Контактные характеристики, влияющие на герметичность соединений. 3. Влияние высотных и шаговых параметров шероховатости на эксплуатационные свойства соединений.	Обеспечение эксплуатационных свойств соединений деталей машин.
5	1. Суть оптимального проектирования соединений деталей машин. 2. Критерии при проектировании уплотнительных соединений. 3. Многокритериальная постановка оптимального проектирования герметизирующих устройств.	Оптимальное проектирование тяжело нагруженных соединений деталей машин.

4. Критерии и показатели оценивания

<i>Показатели</i>	<i>Оценка</i>	<i>Критерии</i>
Знать ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5. -основные методы научно-исследовательской деятельности, используемые в машиностроении. - современные методы решения нетиповых задач математического, физического, конструкторского,	отлично	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий,

<p>технологического, электротехнического характера;</p> <p>-планирование, постановку и проведение экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов;</p> <p>-прикладное программное обеспечение;</p> <p>- закономерности влияния состава структуры материалов на их механические свойства.</p>		<p>теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа.</p>
<p>-фундаментальные основы долговечности и надежности отдельных узлов и деталей машины;</p> <p>Уметь ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5.</p> <p>- использовать имеющиеся знания для интерпретации и оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов; оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства.</p>	хорошо	<p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком с использованием современной терминологии по дисциплине. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные обучающимся с помощью преподавателя.</p>
<p>- использовать современные методы исследования при решении задач конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники;</p> <p>- осуществлять планирование, постановку и проведение экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов;</p> <p>- осуществлять выбор адекватных объекту и предмету исследования методов и методик научного исследования;</p>	удовлетворительно	<p>Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.</p>
<p>- создавать прикладное программное обеспечение для решения задач теоретических и экспериментальных исследований;</p> <p>- определять факторы, влияющие на долговечность надежности отдельных узлов и деталей машин;</p> <p>Владеть ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5.</p> <p>- навыками оценки новых решений в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования.</p>	неудовлетворительно	<p>Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, терминология по дисциплине не используется. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося.</p>
<p>- методами анализа и оценки новизны,</p>	зачтено	<p>Оценка «зачтено» выставляется в случае, если аспирант демонстрирует:</p>

<p>актуальности, достоверности и представления получаемых результатов.</p> <ul style="list-style-type: none"> - планированием, постановкой и проведением экспериментальных научных исследований с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов. 		<ul style="list-style-type: none"> - всестороннее знание теоретических основ дисциплины, - выполнение с несущественными ошибками типовых заданий; - знание основных методов научных исследований в области тяжело нагруженных соединений деталей машин.
<ul style="list-style-type: none"> - навыками анализа и систематизации результатов научно-исследовательской работы. - созданием прикладного программного обеспечения для решения задач теоретических и экспериментальных исследований. - методами повышения долговечности деталей машины на всех этапах ее создания и эксплуатации. 	<p>не зачтено</p>	<p>Оценка «незачтено» выставляется в случае, если аспирант демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - существенные пробелы в знании материала; - принципиальные ошибки при выполнении типовых заданий; - незнание основных методов научных исследований в области тяжело нагруженных соединений деталей машин

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

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

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиями их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 №951

Учебный план 2023 года начала подготовки утвержден приказом ректора от 17.02.2023 №69

Программу составил(и):

Огар П.М, профессор, д.т.н.

(подпись)

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ

от «21» марта 2023 г., протокол №9

Заведующий кафедрой СДМ

С.А. Зеньков

СОГЛАСОВАНО:

Начальник

Управления аспирантуры и докторантуры _____

Е.В. Нестер

Ответственный за реализацию ОПОП _____

П.М. Огар

Директор библиотеки

Т.Ф. Сотник

Регистрационный № 621