

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


_____ Н.В.Лобов

« 24 » марта 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____ **Механика контактного взаимодействия** _____
(наименование)

Форма обучения: _____ **очная** _____
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ **магистратура** _____
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ **108 (3)** _____
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ **15.04.03 Прикладная механика** _____
(код и наименование направления)

Направленность: _____ **Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг** _____
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов теоретических и практических знаний в области решения научно-технических проблем, связанных с контактным взаимодействием и разрушением, умения корректно ставить задачи и разрабатывать программу исследования в области трибологии, выбирать адекватные способы и методы решения поставленных задач с использованием возможностей современных CAE-систем.

Задачи формирования знаний, умений и навыков:

- основных проблем механики контактного взаимодействия и разрушения и методов их решения;
- свойств, классификации и номенклатуры параметров качества поверхностного слоя, способов и средств оценки и измерения микронеровностей;
- методов решения контактных задач для тел с покрытиями и прослойками, с учетом износа и тепловыделения от трения, с учетом смазки;
- современных CAE-системы для численного моделирования контактных задач;
- использовать численные методы для анализа задач контактного взаимодействия деформируемых твердых тел;
- применять аналитические и численные алгоритмы исследования для решения задач механики контактного взаимодействия и разрушения;
- выполнять сравнительный анализ аналитического и численного решений контактных задач;
- выполнять конечно-элементную дискретизацию моделей контактного взаимодействия;
- проведения численного анализа контакта и разрушения конструкций в ANSYS Mechanical APDL;
- владения основными приемами работы в CAE системах при решении контактных задач;
- проведения вычислительных экспериментов в рамках механики контактного взаимодействия и разрушения в ANSYS Mechanical APDL;
- анализа современных проблем прикладной механики с контактного взаимодействия и разрушения.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Методы решения задач контактного взаимодействия;
- Основные понятия трибологии;
- Инструментарий программного пакета ANSYS Mechanical APDL для решения контактных задач.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает методы решения контактных задач для тел с покрытиями и прослойками, с учетом износа и тепловыделения от трения, с учетом смазки	Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды;	Контрольная работа
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет выполнять сравнительный анализ аналитического и численного решений контактных задач	Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели;	Собеседование
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками проведения вычислительных экспериментов в рамках механики контактного взаимодействия и разрушения в ANSYS Mechanical APDL	Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	35	35	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	17	17	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	73	73	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
2-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Общие представления о триботехнике и трибологии	6	0	6	36
<p>Тема 1. Поверхностный слой контактирующих тел и его свойства Основные термины и определения. Поверхностный слой и его свойства. Понятие о поверхности, ее качестве и структуре поверхностного слоя. Классификация и номенклатура параметров качества поверхностного слоя. Основные характеристики геометрических параметров обработанной поверхности.</p> <p>Тема 2. Методы изменения свойств поверхностного слоя Поверхности с регулярным микрорельефом. Влияние условий обработки на микрорельеф поверхности. Способы и средства оценки и измерения микронеровностей. Деформационное упрочнение (наклеп) поверхностного слоя и оценка его характеристик. Остаточные напряжения и их классификация. Формирование остаточных напряжений в поверхностном слое.</p>				
Контактное взаимодействие и разрушение	10	0	11	37
<p>Тема 3. Равновесие упругой полосы Интегральное преобразование Фурье. Равновесие упругой полосы жестко заземленной по основанию. Случаи весьма толстой и весьма тонкой полосы.</p> <p>Тема 4. Контактные задачи для упругой полуплоскости Постановка контактной задачи для упругой полуплоскости с учетом сил трения. Решение контактной задачи без сил трения. Решение контактной задачи с учетом адгезионного трения. Решение контактной задачи с учетом кулоновского трения.</p> <p>Тема 5. Контактное взаимодействие двух упругих тел Перемещения в области контакта двух упругих тел. Условия контакта двух упругих тел. Контакт двух упругих тел без сил трения. Контакт двух упругих тел с одинаковыми механическими характеристиками при учете сцепления и трения.</p> <p>Тема 6. Контактные задачи для тел с покрытиями Постановка контактной задачи для жесткого тонкого покрытия упругой полуплоскости. Решение контактной задачи для случая жесткого тонкого покрытия упругой полуплоскости. Контактная задача для упругой полуплоскости с учетом шероховатости ее поверхности.</p> <p>Тема 7. Контактные задачи с учетом износа Постановка контактной задачи с учетом износа для</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
относительно тонкого слоя. Контактная задача с учетом износа при фиксированной области контакта. Контактная задача с учетом износа при переменной области контакта. Тема 8. Контактная задача с учетом износа и тепловыделения от трения Постановка задачи о контакте двух тел с тонкими мягкими покрытиями. Определение контактных температур. Определение контактного давления. Тема 9. Контактные задачи с учетом смазки Уравнение течения вязкой жидкости в тонком слое. Постановка контактной задачи с учетом смазки для подшипника скольжения. Решение контактной задачи с учетом смазки для недеформируемого подшипника скольжения.				
ИТОГО по 2-му семестру	16	0	17	73
ИТОГО по дисциплине	16	0	17	73

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Создание в ANSYS 2d микрогеометрии контактной поверхности с учетом волнистости и шероховатости.
2	Моделирование в ANSYS процесса образования и измерения остаточных поверхностных напряжений I рода в упругопластическом теле.
3	Сравнение численного и аналитического решений задачи о равновесии весьма толстой полосы.
4	Сравнение численного и аналитического решений задачи о внедрении жесткого штампа.
5	Внедрение сферического штампа в упругопластическое полупространство.
6	Численное моделирование динамического взаимодействия упруго-пластического тела с жестким препятствием.
7	Расчет движения с трением деформируемой заготовки по плоской поверхности.
8	Моделирование прокатки стального листа.
9	Расчет контактного давления в недеформируемом подшипнике скольжения с учетом смазки.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Каменских А. А. Реализация решения задач механики контактного взаимодействия в прикладном пакете ANSYS : учебное пособие / А. А. Каменских, М. Л. Бартоломей. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	5
2	Колесников Ю. В. Механика контактного разрушения / Ю. В. Колесников, Е. М. Морозов. - Москва: ЛКИ, 2013.	4
3	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25
2. Дополнительная литература		

2.1. Учебные и научные издания		
1	Александров В.М. Неклассические пространственные задачи механики контактных взаимодействий упругих тел / В.М.Александров, Д.А.Пожарский. - М.: Факториал, 1998.	10
2	Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство : [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - Москва: Либроком, 2015.	6
3	Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред / С.М. Айзикович [и др.]. - М.: Физматлит, 2006.	3
4	Морозов Е. М. ANSYS в руках инженера. Механика разрушения / Е. М. Морозов, А. Ю. Муйземнек, А. С. Шадский. - Москва: Ленанд, УРСС, 2014.	18
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Каменских А. А. Реализация решения задач механики контактного взаимодействия в прикладном пакете ANSYS : учебное пособие / А. А. Каменских, М. Л. Бартоломей. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017, -64 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3967	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – Пермь : Изд-	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3714	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Мультимедиа проектор, экран	1
Лекция	Ноутбук	1
Практическое занятие	Мультимедиа проектор, экран	1
Практическое занятие	Ноутбук	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
