

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » января 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Программные системы инженерного анализа биомеханических систем
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.03 Прикладная механика
(код и наименование направления)

Направленность: Прикладная механика (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов теоретических и практических знаний в области применения методов компьютерного моделирования при решении задач нелинейной механики деформируемого твердого тела; углубленная подготовка к выполнению инженерного анализа с использованием программ модульной структуры на встроенном алгоритмическом языке APDL в специализированной CAE-системе ANSYS.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– CAE-системы инженерного анализа;
– Программный пакет ANSYS Mechanical APDL;
– Методы построения виртуальных аналогов твердотельных объектов, расчета и детального анализа их напряженно-деформированного состояния.

1.3. Входные требования

Знание основ вычислительной математики и механики. Знание основ аналитической динамики и теории колебаний.

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
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средства представления результатов для проведения инженерных расчетов и исследовательских работ в прикладной механике	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Умеет создавать и использовать компьютерные модели материалов и конструкций для проведения инженерных расчетов в различных областях техники с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять анализ результатов расчета	Защита лабораторной работы
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики с использованием языка APDL для построения разветвленных алгоритмов в командном режиме CAE-системы ANSYS	Владеет навыками верификации компьютерных моделей на основе экспериментальных данных при решении задач прикладной механики	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	34	34	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

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	СРС
8-й семестр				
Подготовка и решение краевых задач механики	4	10	0	27
Тема 1. Основные типы анализа Тема 2. Методики сокращения объема больших задач Тема 3. Настройка опций решателей и осуществление расчета Трудоемкость - 39 часов				
Анализ полученных результатов	4	8	0	27
Тема 4. Виды и инструменты постпроцессорной обработки Тема 5. Извлечение и анализ данных по заданной траектории Трудоемкость - 43 часа				
Основные виды нелинейностей в краевых задачах МДТТ	4	8	0	16
Тема 6. Базовые физически нелинейные модели Тема 7. Геометрическая нелинейность Трудоемкость - 28 часов				
Получение и обработка сложно организованных данных в ANSYS Mechanical APDL	4	8	0	20
Тема 8. Структурированные данные на APDL Тема 9. Базовые операторы и команды обработки данных языка APDL Трудоемкость - 34 часов				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 8-му семестру	16	34	0	90
ИТОГО по дисциплине	16	34	0	90

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение напряженно-деформированного состояния диска с лопатками с применением методики формирования периодических граничных условий
2	Растяжение неравномерно нагруженной пластины с отверстием. Анализ использования технологии Submodeling
3	Применение суперэлемента к решению плоской контактной задачи
4	Полный нестационарный анализ процесса катапультирования простейшего снаряда
5	Модальный анализ плоской фермы пролета моста
6	Модальный и гармонический анализ конструкции уличного рекламного стенда
7	Расчет технологических и остаточных напряжений в заклепочном соединении
8	Полный нестационарный анализ мембраны барабана после удара палочкой
9	Расчет посадки упругопластического диска на вал
10	Расчет эволюции напряжений в заклепочном соединении с учетом ползучести

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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и 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	Басов К. А. ANSYS : справочник пользователя. Москва : ДМК Пресс, 2018. 639 с. 52 усл. печ. л.	5
2	Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах : [совместная работа в системах CAD и ANSYS]. Москва : КомпьютерПресс, 2002. 223 с.	2
3	Басов К. А. ANSYS для конструкторов. М. : ДМК Пресс, 2009. 247 с.	5

2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015. 52 с. 3,5 усл. печ. л.	25
2	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач с использованием пакета программ ANSYS : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009. 31 с.	20
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	Басов К. А. ANSYS : справочник пользователя. Москва : ДМК Пресс, 2005.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2514	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	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс

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
Лабораторная работа	Персональный компьютер	15
Лекция	Мультимедийное оборудование, ноутбук	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения компонентов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения компонентов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий и промежуточный			Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	ОЛР	ТО	Т/КР	Диф. зачёт
Усвоенные знания					
З.1 знать основные методы и алгоритмы вычислительной механики, а также основные программные системы компьютерного инжиниринга (CAE-системы)			ТО1	КР1-2	ТВ
З.2 знать методы математического моделирования и вычислительной механики для решения инженерных задач и технологию их компьютерной реализации			ТО2	КР1-2	
Освоенные умения					
У.1 уметь рационально сочетать аналитические методы механики деформируемого твердого тела и численные методы вычислительной механики, а также решать задачи механики деформируемого твердого тела с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга (CAE-систем)		ОЛР 1-9		КР1-2	ПЗ
У.2 уметь сделать обзор литературных источников и выбрать и применить метод решения данной инженерной задачи		ОЛР 1-9		КР1-2	
Приобретенные владения					
В.1 владеть современными методами вычислительной механики, а также навыками построения физико-механических, математических и компьютерных моделей и решения задач прикладной механики с применением программных систем компьютерного инжиниринга (CAE-систем)		ОЛР 1-9		КР1-2	ПЗ
В.2 владеть программными средствами (ANSYS), позволяющими		ОЛР 1-9		КР1-2	

создавать и производить расчёты комплексных инженерных систем					
---	--	--	--	--	--

ТО – коллоквиум (теоретический опрос);
РКР – рубежная контрольная работа;
ЗЛР – защита лабораторной работы;
ТВ – теоретический вопрос;
ПЗ – практическое задание.

6.2. Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты лабораторных работ в рамках устного опроса студента по выполненному материалу. Всего предусмотрено 9 тем лабораторных работ (52 часа). По каждому модулю: модуль 1 – 14 часов (4 лабораторных работы), модуль 2 – 38 часов (5 лабораторных работ).

6.3. Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1, 2).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

- 1.1. История развития численных методов
- 1.2. Метод конечных разностей
- 1.3. Метод конечных элементов

Модуль 2

- 2.1. Обзор существующих инженерных пакетов
- 2.2. Интерфейс и возможности программного пакета ANSYS

На подготовку к контрольным работам отводится 12 часов самостоятельной работы студента.

6.4. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Зачет.

Итоговый контроль проходит в форме зачёта (в соответствии с требованиями учебных планов направлений подготовки).

Зачет выставляется по итогам проведенного текущего и рубежного контроля, при условии выполнения практических и индивидуальных заданий.

Фонды оценочных средств, включающие типовые практические задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.