

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

« 17 » февраля 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: _____
Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: _____
216 (6)
(часы (ЗЕ))

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

Направленность: _____
Биомеханика
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области построения компьютерных моделей механических систем, численного решения задач механики сплошной среды, проведению компьютерных инженерных расчетов задач механики.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Построение физических и математических моделей, метод конечных элементов, метод граничных элементов, метод конечных разностей, методы решения СЛАУ, матрицы жесткости, инженерные программные продукты, основанные на применении МКЭ, технологии построения вычислительных алгоритмов и их реализация на вычислительных кластерах

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 |
|-------------|-------------------|---|--|-------------------|
| ОПК-10 | ИД-1ОПК-10 | знание качественных характеристик сеточных задач (устойчивость, сходимость, точность аппроксимации) | Знает требования рынка труда и образовательных потребностей обучающихся с целью определения содержания и требований к результатам учебной, исследовательской, проектной и иной деятельности. | Зачет |
| ОПК-10 | ИД-2ОПК-10 | умение выбрать и применить метод решения к конкретной инженерной задаче | Умеет организовывать изучение тенденций развития соответствующей области научного знания, требований рынка труда, образовательных потребностей, обучающихся с целью определения содержания и требований к результатам учебной, исследовательской, проектной и иной деятельности. | Отчет по практике |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|--|----------------------------|
| ОПК-10 | ИД-3ОПК-10 | владеет навыками создания аналогичной математической модели по зарубежной статье и ее анализа | Владеет навыками создания на занятиях проблемно ориентированную образовательную среду, обеспечивающую формирование у обучающихся компетенций, предусмотренных образовательными стандартами, установленными образовательной организацией. | Отчет по практике |
| ОПК-2 | ИД-1ОПК-2 | знания методов решения задач механики деформируемого твердого тела с применением программных систем компьютерного моделирования и компьютерного инжиниринга (CAE-систем) | Знает порядок разработки, утверждения и внедрения стандартов, технических условий и другой нормативно-технической документации; методы прогнозирования и оптимизации, унификации при разработке стандартов. | Защита лабораторной работы |
| ОПК-2 | ИД-2ОПК-2 | умение применять современные методы вычислительной механики | Умеет пересматривать действующие стандарты, технические условия и другие документы по стандартизации и сертификации; осуществлять контроль технических документов; выполнять метрологическую экспертизу конструкторской и технологической документации; проводить контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации техническим регламентам, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам. | Тест |
| ОПК-2 | ИД-3ОПК-2 | владеет навыками построения дискретной схемы исследуемой системы, оценке качества | Владеет навыками разработки стандартов и нормативной документации; приемами | Отчет по практике |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|--|--------------------------------|
| | | сетки | разработки рабочей проектной и технологической документации в области метрологического и нормативного обеспечения качества и безопасности продукции; планирования мероприятий по разработке новых и пересмотру действующих стандартов, правил, норм и других документов по стандартизации, сертификации. | |
| ОПК-5 | ИД-1ОПК-5 | знание основных программных систем компьютерного инжиниринга (САЕ-системы). | Знает основы высшей математики, физики, основы вычислительной техники и программирования. | Тест |
| ОПК-5 | ИД-2ОПК-5 | умение решать инженерные задачи методами вычислительной механики | Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и моделирования. | Тест |
| ОПК-5 | ИД-3ОПК-5 | владение навыками составления соответствия между аналитическим и конечно-элементным решением модели | Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности. | Отчёт по практическому занятию |
| ОПК-6 | ИД-1ОПК-6 | знание способов проведения обзора литературных источников, осуществления математической постановки инженерной задачи | Знает методы получения новых знаний и умений, в том числе в новых областях знаний, связанных с профессиональной деятельностью; порядок поиска, систематизации и оценки достоверности научно-технической информации из различных источников, в том числе с использованием информационных технологий. | Отчёт по практическому занятию |
| ОПК-6 | ИД-2ОПК-6 | умение использовать современное программное обеспечение для решения | Умеет, в том числе с помощью информационных технологий приобретать | Тест |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|---|-------------------|
| | | инженерных задач (ANSYS) | новые знания, расширять свое мировоззрение. | |
| ОПК-6 | ИД-3ОПК-6 | владение программными средствами (язык APDL – ANSYS PARAMETRIC DESIGN LANGUAGE), позволяющими создавать и производить расчёты комплексных инженерных систем | Владеет информационно-коммуникационными технологиями в сфере профессиональной деятельности. | Экзамен |
| ПКО-1 | ИД-1ПКО-1 | знание основных методов и алгоритмов вычислительной механики | Знает основные направления перспективных исследований? в области прикладной механики с учетом мировых тенденции? развития науки, а также основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды. | Тест |
| ПКО-1 | ИД-2ПКО-1 | умение рационально сочетать аналитические методы механики деформируемого твердого тела и численные методы вычислительной механики | Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачи механики с учетом мировых тенденции? развития науки и перспективных исследований? в области механики, а также, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели. | Отчет по практике |
| ПКО-1 | ИД-3ПКО-1 | владение методами математического моделирования и вычислительной механики для решения | Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно- | Тест |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|---|-----------------|
| | | инженерных задач и способами их компьютерной реализации | методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели с учетом мировых тенденции? развития науки и перспективных исследований? в области механики. | |

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: | 72 | 36 | 36 |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | | |
| - лекции (Л) | 14 | 7 | 7 |
| - лабораторные работы (ЛР) | 54 | 27 | 27 |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | | | |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | 4 | 2 | 2 |
| - контрольная работа | | | |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 108 | 72 | 36 |
| 2. Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | 36 | | 36 |
| Дифференцированный зачет | | | |
| Зачет | 9 | 9 | |
| Курсовой проект (КП) | | | |
| Курсовая работа (КР) | | | |
| Общая трудоемкость дисциплины | 216 | 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 | |
| 1-й семестр | | | | |
| Метод конечных разностей | 2 | 8 | 0 | 20 |
| Основные понятия. Сетки и сеточные функции. Аппроксимация дифференциальных операторов. Понятие разностной схемы. Устойчивость и сходимость разностной схемы. | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Метод конечных элементов | 2 | 8 | 0 | 28 |
| Конечно-элементная аппроксимация. Понятие конечного элемента. Простейший треугольный элемент. Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений, метода сил, смешанного метода. Построение матриц жесткости. Понятие об интерполяции. Применение вычислительных пакетов для решения инженерных задач. | | | | |
| Применение вычислительных пакетов для решения инженерных задач | 3 | 11 | 0 | 24 |
| Обзор существующих инженерных пакетов. Знакомство с САЕ-пакетом ANSYS. Интерфейс и возможности программного пакета. Программирование в ANSYS на языке APDL – ANSYS PARAMETRIC DESIGN LANGUAGE), позволяющем создавать и производить расчёты комплексных инженерных систем. | | | | |
| ИТОГО по 1-му семестру | 7 | 27 | 0 | 72 |
| 2-й семестр | | | | |
| Метод конечных разностей | 2 | 8 | 0 | 11 |
| Основные понятия. Сетки и сеточные функции. Аппроксимация дифференциальных операторов. Понятие разностной схемы. Устойчивость и сходимость разностной схемы. | | | | |
| Метод конечных элементов | 2 | 8 | 0 | 11 |
| Конечно-элементная аппроксимация. Понятие конечного элемента. Простейший треугольный элемент. Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений, метода сил, смешанного метода. Построение матриц жесткости. Понятие об интерполяции. | | | | |
| Применение вычислительных пакетов для решения инженерных задач | 3 | 11 | 0 | 14 |
| Обзор существующих инженерных пакетов. Знакомство с САЕ-пакетом ANSYS. Интерфейс и возможности программного пакета. Программирование в ANSYS на языке APDL – ANSYS PARAMETRIC DESIGN LANGUAGE), позволяющем создавать и производить расчёты комплексных инженерных систем. | | | | |
| ИТОГО по 2-му семестру | 7 | 27 | 0 | 36 |
| ИТОГО по дисциплине | 14 | 54 | 0 | 108 |

Тематика примерных лабораторных работ

| № п.п. | Наименование темы лабораторной работы |
|--------|--|
| 1 | Расчёт ферм и рам методом конечных элементов |
| 2 | Статический анализ уголкового кронштейна |
| 3 | Статический анализ уголка с отверстием |
| 4 | Термоупругий расчёт конструкции в ANSYS |
| 5 | Модальный и гармонический анализ оболочечной конструкции |
| 6 | Модальный анализ защемленной балки |
| 7 | Моделирование контактной задачи Герца |
| 8 | Анализ напряженно-деформированного состояния вала, нагруженного однонаправленным поверхностным давлением |
| 9 | Моделирование затвердевания слитка |
| 10 | Ламинарное и турбулентное течения в трубе |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления связей с ранее освоенным материалом.

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 | Туктамышев В. С. Пакеты прикладных программ : учебно-методическое пособие / В. С. Туктамышев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. | 5 |
| 2 | Туктамышев В. С. Силы инерции в задачах биомеханики : учебное пособие / В. С. Туктамышев, Ю. И. Няшин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. | 10 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |
| 1 | Няшин Ю. И. Основы биомеханики : учебное пособие для вузов / Ю. И. Няшин, В. А. Лохов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. | 1 |
| 2 | Попов Г.И. Биомеханика : учебник для вузов / Г.И.Попов. - Москва: Академия, 2007. | 5 |
| 3 | Теоретическая механика и её приложения к решению задач биомеханики : учебное пособие / Р. Н. Рудаков [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. | 25 |
| 4 | Экспериментальные методы в биомеханике : учебное пособие / Ю. И. Няшин [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. | 71 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| 1 | Российский журнал биомеханики / Российская академия наук, Уральское отделение ; Пермский научный центр ; Российская академия медицинских наук ; Пермский край. Администрация ; Пермский государственный технический университет ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. Ю. И. Няшина. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997 - . | |
| 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) |
|---------------------------|--|---|---|
| Дополнительная литература | Основы биомеханики / Няшин Ю.И., Лохов В.А. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. – 210 с. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2869 | сеть Интернет; свободный доступ |
| Дополнительная литература | Теоретическая механика и её приложения к решению задач био-механики: учебное пособие / Рудаков Р.Н. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. - 140 с. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3117 | сеть Интернет; свободный доступ |
| Дополнительная литература | Экспериментальные методы в биомеханике / Няшин Ю.И., Подгаец Р.М. - Пермь: Издательство ПГТУ, 2008. - 211 с. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2827 | сеть Интернет; свободный доступ |
| Основная литература | Пакеты прикладных программ: учебно-методическое пособие / В.С. Туктамышев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. - 64 с. | http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib4037 | сеть Интернет; свободный доступ |

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

| Вид ПО | Наименование ПО |
|---|--|
| Операционные системы | MS Windows 8.1 (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 |
|---|---|
| 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 | Компьютер в комплекте | 7 |
| Лекция | Проектор | 1 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе