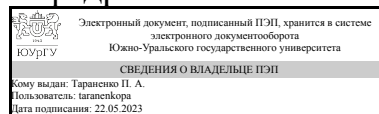


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



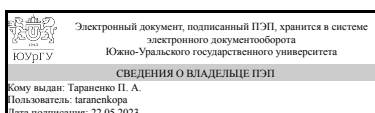
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М0.03 Компьютерное моделирование в механике
для направления 15.04.03 Прикладная механика
уровень Магистратура
магистерская программа Компьютерное моделирование высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика**

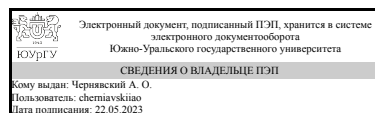
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



П. А. Тараненко

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., профессор



А. О. Чернявский

1. Цели и задачи дисциплины

Цель - углубленное изучение теоретических основ и технологий численного моделирования поведения механических систем. Задачи: - изучение технологий сведения задач механики деформируемого твердого тела к дискретным компьютерным моделям; анализ возможных ошибок и погрешностей; - изучение технологий сведения задач механики жидкости к дискретным компьютерным моделям; - изучение технологий решения задач с взаимодействием физических полей разной природы.

Краткое содержание дисциплины

Курс предполагает изучение методов создания и программной реализации математических моделей механических систем. Для понимания деталей работы методов, ограничений и возможных ошибок часть примеров выполняется с помощью общеинженерного программного обеспечения. Рассматривается также реализация соответствующих методов в современных специализированных программных комплексах.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Знает: роль компьютерного моделирования в общей системе расчетно-экспериментального изучения прочности конструкций; способы построения профессиональной траектории с учетом накопленного опыта и динамично изменяющихся требований рынка труда Умеет: искать информацию о развивающихся возможностях систем математического (численного) моделирования поведения конструкций, осваивать и применять их на практике Имеет практический опыт: сравнения различных возможных подходов к решению задач прочности конкретных конструкций
ПК-1 Способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, а также экспериментальные методы исследований	Знает: основной набор расчетно-теоретических и экспериментальных методов исследования задач прочности конструкций Умеет: выбирать методы и средства компьютерного моделирования с учетом основных особенностей рассматриваемой задачи Имеет практический опыт: применения вычислительных технологий в задачах описания повторно-переменного неизотермического неупругого деформирования и разрушения конструкций
ПК-3 Способен для решения профессиональных задач осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, а также новые системы	Знает: возможности современных систем компьютерного инжиниринга (CAE) Умеет: применять CAE-системы для решения профессиональных задач

компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы)	Имеет практический опыт: расчетов напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций с помощью современных пакетов программ
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Механика композитных материалов, Мониторинг состояния конструкций	Компьютерное моделирование в Ansys Workbench, Численное моделирование разрушения, Производственная практика (преддипломная) (4 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Мониторинг состояния конструкций	Знает: методы и средства технического диагностирования как средства повышения экономичности и надежности конструкции в процессе проектирования и эксплуатации, методы технической диагностики, особенности оценки технического состояния диагностируемых систем, алгоритмы и техническое обеспечение систем диагностики, современные автоматизированные системы технической диагностики объектов Умеет: пользоваться методикой оценки остаточного ресурса оборудования и поиска неисправностей на основе данных мониторинга; формулировать задачу и способ ее решения, оценивать эффективность автоматизированных систем технической диагностики в общей структуре АСУ ТП, пользоваться методами и средствами технической диагностики для проведения научно-исследовательских, расчетных и экспериментальных работ по динамике, прочности и надежности машин и приборов. Имеет практический опыт: по выбору метода и средств мониторинга состояния объекта; выбор диагностических параметров и критериев работоспособности, использования современных средств измерений, программных продуктов, предназначенных для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга, использования новых современных методов и средств проведения диагностики объектов в области прикладной механики и обобщать результаты мониторинга
Механика композитных материалов	Знает: современные коммуникативные

	<p>технологии; основные принципы подготовки доклада и презентации, особенности структуры и свойств композитных материалов по сравнению с традиционными конструкционными материалами; современные методы математического моделирования в области использования композитных материалов и конструкций на микро-, мезо- и макроуровне рассмотрения неоднородностей структуры и свойств, общие принципы и методы математического компьютерного моделирования в области композитных материалов и конструкций; современные технологии производства композитных материалов и конструкций; методы испытаний композитов, вычислительные методы и компьютерные технологии для решения научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. Умеет: применять современные коммуникативные технологии, понимать технические тексты на иностранном языке, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях композитных материалов и конструкций; оценивать эффективность и результативность выбранных методов, применять физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии в профессиональной деятельности для описания свойств композитных материалов и конструкций, уметь выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат. Имеет практический опыт: подготовки доклада на заданную тему и презентации; восприятия видео по тематике курса на иностранном языке; чтения технических текстов на иностранном языке, использования методов математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях композитных материалов и конструкций, применения физико-математического аппарата, методов математического и компьютерного моделирования для разработки компьютерной модели композитного материала.</p>
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 110,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	105,25	53,75	51,5
Решение задач, разобранных на практических занятиях	70	40	30
Подготовка к экзамену	21,5	0	21,5
Подготовка к зачету	13,75	13,75	0
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Технологии численного моделирования механических систем	24	8	16	0
2	Моделирование нескольких стадий жизненного цикла	24	8	16	0
3	Связанные задачи	16	6	10	0
4	Моделирование разрушения	18	4	14	0
5	Учет несовершенств и робастное проектирование	14	6	8	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Метод Рунге и метод Бундса-Галеркина.	2
2	1	Методы явного и неявного интегрирования уравнений движения.	2
3	1	Подход Лагранжа и подход Эйлера.	2
4	1	Методы частиц (SPH, DES). Бессеточные методы (EFG)	2
5	2	Влияние технологической истории на свойства (деформационное и циклическое упрочнение, остаточные напряжения)	2
6-7	2	Моделирование штамповки. Модели материалов. Технологии численного моделирования. Оценка достижимости результатов (FLD). Возможность учета фазовых переходов	4
8	2	Остаточные напряжения и пружинение. Обрезка. Передача информации об остаточных напряжениях и деформациях в расчеты на стадии эксплуатации	2
9	3	Задачи мультифизики и связанные задачи	2
10	3	Решение мультифизических задач с помощью набора элементов разных типов	2
11	3	Решение связанных задач с помощью элементов с достаточным набором свойств	2

12-13	4	Моделирование вязкого разрушения. Моделирование хрупкого разрушения: квазистатическое и динамическое развитие трещин, усталостные трещины	4
14	5	Допуски и разбросы. Размеры, свойства материала, нагрузки	2
15-16	5	Подходы "Reliability Based Design Optimization" и «Robust Parameter Design»	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1_7	1	Применение метода SPH (smoothed particle hydrodynamics)	2
1_6	1	Связывание решений на сетках Эйлера и Лагранжа	2
1_5	1	Использование подхода Эйлера для моделирования течения жидкости	2
1_3	1	Моделирование распространения волны в стержне с помощью уравнений динамики в явной форме	2
1_8	1	Применение метода EFG (element-free Galerkin)	2
1_1	1	Решение задач о балках с помощью методов Ритца и Бубнова-Галеркина. Оценка погрешности.	2
1_2	1	Решение задач о пластинах с помощью методов Ритца и Бубнова-Галеркина. Оценка погрешности.	2
1_4	1	Моделирование распространения волны в стержне с помощью уравнений динамики в неявной форме	2
2_2	2	Листовая штамповка. Оценка результатов (FLD, остаточные напряжения и деформации, пружинение, обрезка)	4
2_4	2	Передача информации об остаточных напряжениях и деформациях в расчеты на стадии эксплуатации	4
2_3	2	Моделирование объемной штамповки (модели материалов, контактные взаимодействия, динамическое перестроение сетки)	4
2_1	2	Моделирование листовой штамповки (модели материалов, контактные взаимодействия, динамическое перестроение сетки)	4
3_1	3	Мультифизика: задача о нестационарных тепловых напряжениях	4
3_2	3	Связанные задачи: деформирование и тепловое состояние	2
3_3	3	Связанные задачи: диффузия, дилатация и напряженное состояние	2
3_4	3	Связанные задачи: электромагнитная штамповка	2
4_3	4	Описание разрушения с использованием SPH и преобразования Ларанжевых элементов в SPH	4
4_2	4	Моделирование разрушения удалением элементов (ANSYS, программируемые критерии разрушения)	4
4_4	4	Механика разрушения и XFEM	2
4_1	4	Моделирование разрушения удалением элементов (LS-DYNA, предустановленные критерии разрушения)	4
5_1	5	Стохастические постановки задач и метод Монте-Карло	4
5_2	5	Reliability Based Design Optimization	2
5_3	5	Robust Parameter Design	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Решение задач, разобранных на практических занятиях	LS-DYNA user manual, vol.1, vol.2, vol.3 ANSYS user manual	3	30
Подготовка к экзамену	LS-DYNA user manual, vol.1, vol.2, vol.3 ANSYS user manual	3	21,5
Подготовка к зачету	LS-DYNA user manual, vol.1, vol.2, vol.3 ANSYS user manual	2	13,75
Решение задач, разобранных на практических занятиях	LS-DYNA user manual, vol.1, vol.2, vol.3 ANSYS user manual	2	40

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	2	Текущий контроль	Решение задач по теме 1	1	3	3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	зачет
2	2	Текущий контроль	Решение задач по теме 2	1	3	3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	зачет
3	2	Промежуточная аттестация	зачет	-	3	3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	зачет
4	3	Текущий контроль	Решение задач по теме 3	1	3	3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	экзамен
5	3	Текущий контроль	Решение задач по теме 4	1	3	3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 -	экзамен

						потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	
6	3	Текущий контроль	Решение задач по теме 5	1	3	3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	экзамен
7	3	Промежуточная аттестация	экзамен	-	3	Решение задачи. 3 - верное решение с доказательством корректности, 2 - отсутствуют доказательства корректности, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	В соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе в ЮУрГУ, введенной приказом ректора от 24.05.2019 №179 с изменениями, введенными приказом от 10.03.2022 №25-13/09	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
экзамен	В соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе в ЮУрГУ, введенной приказом ректора от 24.05.2019 №179 с изменениями, введенными приказом от 10.03.2022 №25-13/09	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
УК-6	Знает: роль компьютерного моделирования в общей системе расчетно-экспериментального изучения прочности конструкций; способы построения профессиональной траектории с учетом накопленного опыта и динамично изменяющихся требований рынка труда	+		+				+
УК-6	Умеет: искать информацию о развивающихся возможностях систем математического (численного) моделирования поведения конструкций, осваивать и применять их на практике	+		+				+
УК-6	Имеет практический опыт: сравнения различных возможных подходов к решению задач прочности конкретных конструкций	+		+				+
ПК-1	Знает: основной набор расчетно-теоретических и экспериментальных методов исследования задач прочности конструкций			++				+
ПК-1	Умеет: выбирать методы и средства компьютерного моделирования с учетом основных особенностей рассматриваемой задачи			++				+
ПК-1	Имеет практический опыт: применения вычислительных технологий в задачах описания повторно-переменного неизотермического неупругого деформирования и разрушения конструкций			++				+
ПК-3	Знает: возможности современных систем компьютерного инжиниринга (CAE)					++	++	

ПК-3	Умеет: применять САЕ-системы для решения профессиональных задач					+	+	+
ПК-3	Имеет практический опыт: расчетов напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций с помощью современных пакетов программ					+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Чернявский А.О. Нелинейные и связанные задачи в методе конечных элементов. Учебное пособие - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ. – 2021. – 62 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Чернявский А.О. Нелинейные и связанные задачи в методе конечных элементов. Учебное пособие - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ. – 2021. – 62 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Springer Link	К.Ж. Батхе «Finite Element Procedures for Solids and Structures» https://ocw.mit.edu/resources/res-2-002-finite-element-procedures-for-solids-and-structures-spring-2010/index.htm https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-81589-8

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено