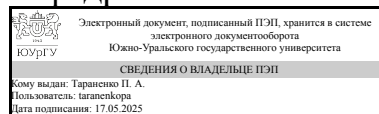


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



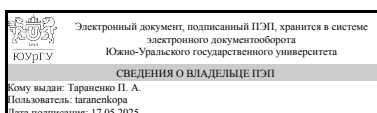
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.07 Предельные неупругие состояния конструкций
для направления 15.04.03 Прикладная механика
уровень Магистратура
магистерская программа Компьютерное моделирование высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

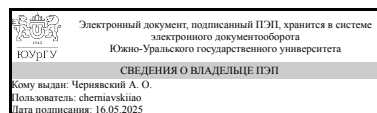
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

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 - обучение расчетам конструкций, работающих за пределами упругости.

Задачи: - изучение свойств материала и способов их схематизации; - изучение роли предельного анализа в оценке прочности конструкций и методов определения предельных нагрузок; - изучение особенностей поведения конструкций при циклическом неупругом деформировании и методов расчета; - использование методов предельного анализа в оценке прочности и долговечности конструкций.

Краткое содержание дисциплины

- Диаграммы деформирования пластичных материалов и их описание. Условная и истинная диаграмма. Схематизация диаграммы и границы применимости модели идеально упруго-пластического материала. - Предельное равновесие стержневых конструкций (фермы, балки, рамы). Определение предельной нагрузки. - Предельное равновесие оболочечных конструкций. - Типы деформирования при циклическом нагружении. Свойства материалов при деформировании разных типов. Определение типа (аналитические и численные подходы), оценка прочности и долговечности.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен для решения профессиональных задач осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, а также новые системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы)	Знает: особенности поведения высоконагруженных конструкций при циклическом неупругом нагружении; экспериментальные данные о поведении материалов в соответствующих условиях; способы описания этих экспериментальных данных Умеет: оценивать возможные типы деформирования конструкций и выбирать соответствующие экспериментальные данные о поведении материалов Имеет практический опыт: определения запасов прочности конструкций при повторно-переменном неупругом деформировании (по различным предельным состояниям)
ПК-4 Способен выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Знает: типовые и индивидуальные предельные состояния элементов конструкций в различных отраслях промышленности Умеет: строить расчетные модели, учитывающие особенности поведения конструкций при циклическом нагружении за пределами упругости Имеет практический опыт: применения аналитических и/или численных (компьютерных) методов решения рассматриваемых задач

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Цифровые двойники динамических систем, Надежность технических систем, Теория надежности	Численное моделирование разрушения, Оптимальное проектирование, Компьютерное моделирование в Ansys Workbench, 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
Цифровые двойники динамических систем	Знает: основные расчетные и экспериментальные методы исследования динамических свойств изделий, критерии подтверждения (проверки) адекватности создаваемой модальной математической модели Умеет: определять динамические свойства изделий при виброиспытаниях и экспериментальном модальном анализе, создавать математическую модель динамической системы, верифицированную результатами модальных испытаний Имеет практический опыт: современной аппаратурой и программным обеспечением для проведения и обработки результатов модальных и вибропрочностных испытаний, методами корректировки (уточнения) расчетной модальной математической модели по экспериментальным данным
Надежность технических систем	Знает: основные понятия и определения теории надежности; методы моделирования состояния сложных технических систем на основе марковских процессов, классификацию и основные виды испытаний на надежность; методы ускоренных испытаний Умеет: составлять графы, описывающие состояние технической системы, определять характеристики надежности по результатам испытаний партии изделий Имеет практический опыт: расчетов вероятностей нахождения системы в различных состояниях и получения оценок характеристик надежности системы, получения усталостных характеристик материалов по результатам ускоренных испытаний
Теория надежности	Знает: методы испытаний в области оценки надежности конструкции, основы теории надежности Умеет: определять опытным путем характеристики надежности конструкции, применять теорию надежности при решении профессиональных задач Имеет практический опыт: получения из эксперимента характеристик

	надежности, расчетов вероятности разрушения конструкции
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75
Подготовка к зачету	9,75	9.75
Решение задач по определению предельной нагрузки	10	10
Решение задач на применение МКЭ при однократном и повторном нагружении за пределами упругости	16	16
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Схематизация свойств материалов за пределами упругости	2	2	0	0
2	Предельное равновесие	14	6	8	0
3	Неупругое деформирование при циклическом нагружении	16	8	8	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Условная и истинная диаграмма деформирования. Схематизация диаграммы - идеально упруго-пластический материал, материал с деформационным упрочнением. Кинематическое и изотропное упрочнение при циклическом нагружении. Свойства, влияющие на построение схематизации (ползучесть, циклическое упрочнение)	2
2-3	2	Стержневые системы. Расчет кинетики деформирования за пределами упругости. Предельная нагрузка. Статическая и кинематическая теорема теории предельного равновесия.	4

4	2	Пластины и оболочки. Определение предельной нагрузки с помощью статической и кинематической теорем. Применение МКЭ.	2
5	3	Типы деформирования. Свойства материалов, отвечающие разным типам.	2
6	3	Упругое деформирование, приспособляемость и знакопеременное течение. Простейшие примеры. Формулировки теорем.	2
7	3	Прогрессирующее формоизменение. Формулировки теорем. Комбинированное деформирование.	2
8	3	Применение МКЭ. Особенности реальных конструкций (геометрическая нелинейность, упрочняющиеся материалы).	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Предельное равновесие. Фермы. Сравнение с решением в пределах упругости (метод сил).	2
2	2	Предельное равновесие. Балки и рамы.	2
3	2	Предельное равновесие. Пластины и оболочки (аналитические решения).	2
4	2	Предельное равновесие. Пластины и оболочки. МКЭ.	2
5	3	Знакопеременное течение и прогрессирующее накопление деформаций. Демонстрация на стержневой системе (ферма).	2
6-7	3	Задача Бри. Применение МКЭ для расчета кинетики деформирования и прямые оценки.	4
8	3	Поведение конструкции из упрочняющегося материала. МКЭ.	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
Подготовка к зачету	Гохфельд Д.А., Чернявский О.Ф. Несущая способность конструкций при повторных нагружениях - М.: Машиностроение, 1979г. - 263с.	2	9,75
Решение задач по определению предельной нагрузки	Сопротивление материалов. Контрольные задания для расчетно-графических работ Ч. 2 учеб. пособие для машиностроит. направлений А. В. Понькин и др.; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Теорет. механика ; ЮУрГУ http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000570703 с. 100-127	2	10
Решение задач на применение МКЭ при однократном и повторном нагружении за пределами упругости	Чернявский А.О. Нелинейные и связанные задачи в методе конечных элементов: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2021. – 62 с. с. 35-54	2	16

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	Контроль решения задач на определение предельной нагрузки (аналитические методы)	1	5	5 - 2 самостоятельно решенные задачи, 4 - 1, 0 - ни одна задача не решена	зачет
2	2	Текущий контроль	Контроль решения задач на определение предельной нагрузки (МКЭ)	1	5	5 - 2 самостоятельно решенные задачи, 4 - 1, 0 - ни одна задача не решена	зачет
3	2	Текущий контроль	Контроль решения задач на определение условий приспособляемости и типов деформирования (МКЭ)	1	0	5 - 2 самостоятельно решенные задачи, 4 - 1, 0 - ни одна задача не решена	зачет
4	2	Промежуточная аттестация	зачет	-	5	В соответствии с ответами на вопросы билета	зачет

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

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ПК-3	Знает: особенности поведения высоконагруженных конструкций при циклическом неупругом нагружении; экспериментальные данные о поведении материалов в соответствующих условиях; способы описания этих экспериментальных данных			++	

ПК-3	Умеет: оценивать возможные типы деформирования конструкций и выбирать соответствующие экспериментальные данные о поведении материалов	+		++
ПК-3	Имеет практический опыт: определения запасов прочности конструкций при повторно-переменном неупругом деформировании (по различным предельным состояниям)	+		++
ПК-4	Знает: типовые и индивидуальные предельные состояния элементов конструкций в различных отраслях промышленности			++
ПК-4	Умеет: строить расчетные модели, учитывающие особенности поведения конструкций при циклическом нагружении за пределами упругости		++	+
ПК-4	Имеет практический опыт: применения аналитических и/или численных (компьютерных) методов решения рассматриваемых задач		++	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Гохфельд Д. А. Несущая способность конструкций при повторных нагружениях / Редкол. сер.: С. Д. Пономарев (пред.) и др.. - М. : Машиностроение, 1979. - 263 с. : ил.
2. Гохфельд Д. А. Пластичность и ползучесть элементов конструкций при повторных нагружениях. - М. : Машиностроение, 1984. - 256 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Гохфельд Д. А. Несущая способность конструкций при повторных нагружениях / Редкол. сер.: С. Д. Пономарев (пред.) и др.. - М. : Машиностроение, 1979. - 263 с. : ил.

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-во ЮУрГУ, 2021. – 62 с.
2. Чернявский О.Ф. Предельные неупругие состояния конструкций. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 96 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-во ЮУрГУ, 2021. – 62 с.
2. Чернявский О.Ф. Предельные неупругие состояния конструкций. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 96 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	336 (2)	Компьютер, проектор, экран
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютерный класс