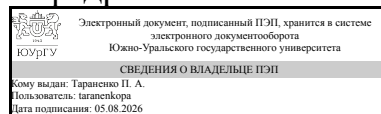


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



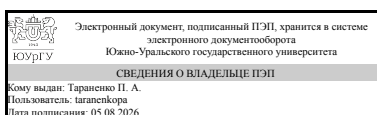
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М0.07 Пределные 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**

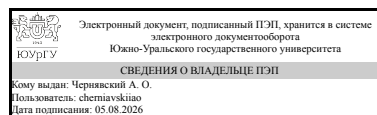
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

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
Теория надежности, Надежность технических систем, Цифровые двойники динамических систем	Численное моделирование разрушения, Компьютерное моделирование в Ansys Workbench, Оптимальное проектирование, 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
Теория надежности	Знает: основы теории надежности, методы испытаний в области оценки надежности конструкции Умеет: применять теорию надежности при решении профессиональных задач, определять опытным путем характеристики надежности конструкции Имеет практический опыт: расчетов вероятности разрушения конструкции, получения из эксперимента характеристик надежности
Надежность технических систем	Знает: классификацию и основные виды испытаний на надежность; методы ускоренных испытаний, основные понятия и определения теории надежности; методы моделирования состояния сложных технических систем на основе марковских процессов Умеет: определять характеристики надежности по результатам испытаний партии изделий, составлять графы, описывающие состояние технической системы Имеет практический опыт: получения усталостных характеристик материалов по результатам ускоренных испытаний, расчетов вероятностей нахождения системы в различных состояниях и получения оценок характеристик

	надежности системы
--	--------------------

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
Решение задач на применение МКЭ при однократном и повторном нагружении за пределами упругости	16	16
Решение задач по определению предельной нагрузки	10	10
Подготовка к зачету	9,75	9.75
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	Пластинки и оболочки. Определение предельной нагрузки с помощью	2

		статической и кинематической теорем. Применение МКЭ.	
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. Пластинки и оболочки (аналитические решения).	2
4	2	Предельное равновесие. Пластинки 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
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
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
Подготовка к зачету	Гохфельд Д.А., Чернявский О.Ф. Несущая способность конструкций при повторных нагружениях - М.: Машиностроение, 1979г. - 263с.	2	9,75

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
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютерный класс
Лекции	336 (2)	Компьютер, проектор, экран