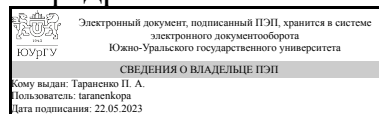


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



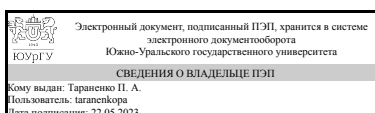
П. А. Тараненко

## 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

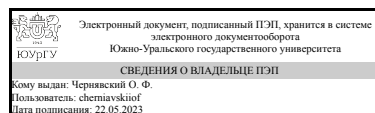
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 731

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



П. А. Тараненко

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



О. Ф. Чернявский

## 1. Цели и задачи дисциплины

Изучение типовых предельных неупругих состояний конструкций, областей и возможностей их практического применения, методов определения предельных механических, тепловых, водородных и других воздействий. Освоение основ компетентных расчетов конструкций по предельным состояниям.

## Краткое содержание дисциплины

Основные положения теорий предельного равновесия и приспособляемости конструкций. Методы решения неклассических вариационных задач анализа предельных состояний. Практическое применение расчетов по предельному равновесию и приспособляемости в инженерных задачах обеспечения прочности и техногенной безопасности.

## 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
Надежность технических систем, Теория надежности,	Компьютерное моделирование в Ansys Workbench,

Цифровые двойники динамических систем	Численное моделирование разрушения, 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
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
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

#### 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 экзамену	10,75	10.75	
Анализ научно-технических публикаций и самостоятельное решение задач предельного равновесия и приспособляемости	25	25	
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	Предельное равновесие конструкций	14	6	8	0
2	Приспособляемость конструкций при малоцикловом нагружении	18	10	8	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
01	1	Введение. Общие соотношения, описывающие процессы неупругого деформирования конструкций. Различные формулировки основной задачи теории предельного равновесия	2
02	1	Статическая теорема о предельном равновесии. Гипотезы, формулировка, доказательство. Применение для конструкций различных типов.	2
03	1	Кинематическая теорема теории предельного равновесия. Гипотезы, формулировка, доказательство. Примеры применения.	2
04	2	Процессы неупругого деформирования при циклических внешних воздействиях. Стадии работы конструкции, характеристики цикла. Стабилизация процессов неупругого деформирования при циклических внешних воздействиях. Свойства материалов.	2
05	2	Типы процессов неупругого деформирования конструкций. Зависимость свойств материалов от типа процесса деформирования.	2
06	2	Стабилизация процессов неупругого деформирования при циклических внешних воздействиях. Теоремы о существовании и единственности. Гипотезы, формулировки и доказательство теорем.	2

07	2	Статическая теорема теории приспособляемости. Формулировка и доказательство. Примеры применения. Ограничения на применение.	2
08	2	Кинематическая теорема теории приспособляемости. Формулировка и доказательство. Примеры применения. Ограничения на применение. Общие замечания о применимости рассмотренных методов.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Обсуждение статической и кинематической теорем. Методы решения задач предельного равновесия. Общая характеристика. Приближенный статический метод. Применение аппарата линейного программирования.	2
2	1	Кинематические методы расчета -- приближенные и точные.	2
3	1	Предельное равновесие плоского вращающегося диска	2
4	1	Обобщенные переменные в задачах предельного равновесия пластин, оболочек, стержней. Пример бруса при растяжении с изгибом. Обобщенные переменные при расчетах круглых пластин и цилиндрических оболочек.	2
5	2	Условия реализации знакопеременного течения. Условия реализации прогрессирующего формоизменения	2
6	2	Свойства материалов при стабильном знакопеременном деформировании и прогрессирующем формоизменении.	2
7	2	Формоизменение конструкций при теплосменах без механических нагрузок	2
8	2	Зависимость предельных состояний при малоцикловых воздействиях от длительности стационарных режимов	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 экзамену	Статьи в научно-технических журналах	2	10,75
Анализ научно-технических публикаций и самостоятельное решение задач предельного равновесия и приспособляемости	Статьи в научно-технических журналах	2	25

## 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	Семестр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	2	Текущий контроль	Решение задач по теме "Предельное равновесие"	1	3	3 - правильное решение, 2 - решение с ошибками, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	зачет
2	2	Текущий контроль	Решение задач по теме "Расчеты на приспособляемость"	1	3	3 - правильное решение, 2 - решение с ошибками, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	зачет
3	2	Текущий контроль	Контрольная работа	2	3	3 - правильное решение, 2 - решение с ошибками, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	зачет
4	2	Промежуточная аттестация	зачет	-	3	3 - правильное решение, 2 - решение с ошибками, 1 - потребовалась помощь преподавателя, 0 - отсутствие решения или принципиально неверное решение	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:

Не предусмотрена

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

1. Справочник. Инженерный журнал
2. Атомная энергия
3. Проблемы машиностроения и надежности машин
4. Заводская лаборатория
5. Вестник ЮУрГУ. Серии "Машиностроение", "Механика"
6. Тяжелое машиностроение

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

1. О.Ф.Чернявский. Предельные неупругие состояния конструкций. Учебное пособие. Челябинск.2008, 102с.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. О.Ф.Чернявский. Предельные неупругие состояния конструкций. Учебное пособие. Челябинск.2008, 102с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Прикладная теория пластичности. [Электронный ресурс] : моногр. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2015. — 284 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/71993">http://e.lanbook.com/book/71993</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2009. — 672 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/65601">http://e.lanbook.com/book/65601</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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.