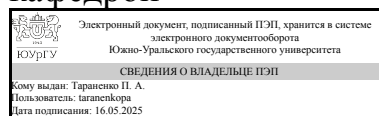


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



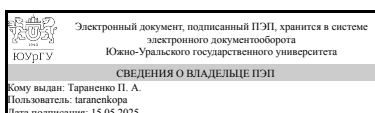
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.11 Строительная механика пластин
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

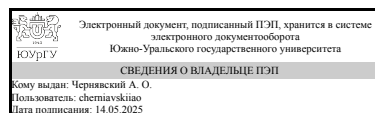
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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

Главной целью дисциплины является формирование умения комплексно решать инженерные задачи оценки прочности машиностроительных конструкций и изделий путем построения расчетной схемы, записи дифференциальных уравнений равновесия и совместности деформаций, выбора метода решения, последующего анализа результатов расчета, оценки прочности конструкции и выработки практических рекомендаций.

Краткое содержание дисциплины

В курсе изучаются методы определения напряжений в конструкциях. Рассматриваются толстостенные цилиндры, быстровращающиеся диски, пластинки и оболочки, тонкостенные стержни, кольцевые детали. Для конструкций каждого класса приводятся методы аналитического и численного решения задач, включая метод конечных элементов. Обсуждаются особенности применения и границы применимости различных методов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен решать профессиональные задачи на основе представлений о процессах и явлениях, происходящих в природе, а также понимания о возможностях современных научных методов познания природы	Знает: основные гипотезы технической теории пластин Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах о пластинах
ПК-4 Способен на научной основе организовать свой труд и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным наукоемким процессам, машинам и конструкциям	Знает: возможности современных численных методов решения задач о пластинах Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Анализ механической системы твердых тел, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Специальные главы сопротивления материалов, Специальные главы теоретической механики	Теория колебаний, Динамика машин, Строительная механика оболочек, Статистическая механика, Устойчивость механических систем, Теория колебаний континуальных систем, Регрессионный анализ и планирование

	эксперимента, Строительная механика машин, Основы планирования эксперимента, Вычислительные методы решения инженерных задач, Численные методы технической механики, Основы расчетов на прочность в инженерной практике, Цифровые методы анализа динамики конструкций
--	--

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

Дисциплина	Требования
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	Знает: современные пакеты 1D и 3D цифрового моделирования динамики сборок из абсолютно твердых тел, теоретические основы и методы цифрового моделирования Умеет: определять кинематические и динамические параметры конструкции (перемещения, скорости и ускорения точек), разрабатывать цифровые виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа систем твердых тел, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для цифрового компьютерного моделирования динамических систем
Анализ механической системы твердых тел	Знает: теоретические основы и методы компьютерного моделирования, компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел Умеет: разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции, выполнять кинематический и динамический анализ механической системы Имеет практический опыт: работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел, кинематического и динамического анализа механических систем
Специальные главы теоретической механики	Знает: фундаментальные понятия кинематики и динамики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности Умеет: применять теоремы кинематики, общие теоремы и принципы динамики к исследованию движения твердого тела и механической системы Имеет практический опыт: математического моделирования кинематического и

	динамического состояния механических систем и анализа полученных результатов
Специальные главы сопротивления материалов	Знает: основные гипотезы механики деформируемого тела и, в частности, сопротивления материалов; основы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по допускаемым нагрузкам, в том числе при динамическом воздействии, методы расчета на устойчивость стержневых конструкций; общие закономерности неупругого однократного и повторно-переменного деформирования материалов Умеет: выделять круг задач, в которых особенности рассматриваемых процессов требуют применения специфических методов анализа; выполнять расчеты на прочность и жесткость конструкций, в том числе и статически неопределимых; записывать системы уравнений и неравенств, описывающих неупругое деформирование конструкций; определять критическую силу для стержневой конструкции; выполнять расчеты на прочность с учетом динамических воздействий Имеет практический опыт: формулировки задач расчетов за пределами упругости, определения перечня возможных результатов; решения задач определения нагрузок, напряжений и перемещений при однократном и повторном нагружении за пределами упругости; определения предельных нагрузок, критических нагрузок, раскрытия статической неопределимости в балках, рамах и фермах, анализа конструкций при динамическом воздействии

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 92,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180
<i>Аудиторные занятия:</i>	80	80
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	48
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	87,5	87,5
Подготовка к экзамену	17,5	17,5
Задание 1. Расчет быстровращающихся дисков	40	40

Задание 2. Расчет круглых пластин	30	30
Консультации и промежуточная аттестация	12,5	12,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение	2	2	0	0
2	Расчет напряжений в осесимметрично нагруженных толстостенных цилиндрах	10	4	6	0
3	Диски газовых турбин	20	8	12	0
4	Пластины	48	18	30	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные задачи курса. Задачи анализа и оптимального синтеза конструкций. Новые направления, возникающие в расчетах механических систем (САПР, оптимальное проектирование, вычислительный эксперимент). Содержание курса СММ и его связь с другими предметами. Объекты расчета, их расчетные схемы и классификация.	2
2	2	Осесимметрично нагруженные толстостенные цилиндры. Основные гипотезы; вывод разрешающих зависимостей; напряжения и деформации при действии внутреннего и наружного давлений.	2
3	2	Понятие о работе составных цилиндров. Оптимальные составные цилиндры. Формулы Гадолина. Температурные напряжения в осесимметричных толстостенных цилиндрах.	2
4	3	Диски газовых турбин. Краткое описание конструкций осевых и радиальных турбин, условий работы дисков и характерных видов разрушения. Задачи расчета дисков на прочность и жесткость. Расчетные схемы осевых и газовых турбин. Вывод основных уравнений для расчета дисков переменной толщины.	2
5	3	Расчет дисков постоянной толщины. Примеры расчета. Применение метода начальных параметров к расчету дисков (метод 2-х расчетов). Реализация метода на ЭВМ. Основные достоинства и недостатки метода, анализ возможных ошибок при реализации расчетов на ЭВМ.	2
6	3	Расчет дисков методом последовательных приближений. Реализация метода на ЭВМ. Преимущества и недостатки метода. Сопоставление результатов, полученных разными методами (метод послед. приближений, метод двух расчетов, в качестве "точного" решения - МКЭ).	2
7	3	Концентрация напряжения в окрестностях эксцентричных отверстий в дисках. Понятие об автоскреплении дисков. Расчет посадок дисков и определение освобождающих чисел оборотов. Расчет дисков на прочность.	2
8	4	Классификация пластин. Основные гипотезы. простейшие случаи изгиба пластин. Цилиндрический изгиб тонких пластин. примеры расчета. Чистый изгиб пластин.	2
9	4	Осесимметричный изгиб круглых пластин. Связь между перемещениями, деформациями и напряжениями. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности и его интегрирование в случае постоянной толщины.	2

		Краевые условия. Примеры расчета круглых и кольцевых пластин.	
10	4	Расчет пластин переменной толщины. Аналитические примеры, расчет пластин со степенным законом изменения толщины. Численные методы расчета. Метод начальных параметров. Метод конечных разностей. Основная система линейных алгебраических уравнений и ее решение методом прогонки.	2
11	4	Температурные напряжения в круглых и кольцевых пластинках. Температурные напряжения и деформации биметаллических пластин.	2
12	4	Общий случай изгиба пластин. Вывод основного дифференциального уравнения упругой поверхности пластины. Граничные условия при различных способах закрепления. Полуобратный метод и решение Навье	2
13	4	Потенциальная энергия деформации пластины. Вывод основных уравнений изгиба пластин из вариационного принципа Лагранжа. Вариационные метод расчета пластин. Метод Ритца. Пример расчета пластины вариационным методом. преимущества и недостатки приближенных вариационных методов.	2
14	4	Метод Галеркина. Расчет пластин с применением метода конечных разностей. Реализация расчетов на ЭВМ, анализ погрешностей вычислений.	2
15	4	Метод конечных элементов как вариант метода Ритца. Идея метода, подготовка данных. Применение пакета МКЭ ANSYS для расчета пластин. Общая характеристика пакета; система команд; подготовка данных для расчета (простейший пример).	2
16	4	Расчет пластин сложной формы с применением МКЭ.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
01	2	Расчет толстостенных цилиндров, нагруженных давлением. Определение напряжений и деформаций.	2
02-03	2	Использование пакета MathCAD для расчета напряжений и деформаций в составных цилиндрах, температурных напряжений в цилиндрах.	4
04-05	3	Быстровращающиеся диски. Определение напряжений от центробежных сил и неравномерного нагрева (диски постоянной толщины, ступенчатые диски).	4
06-07	3	Численный расчет напряжений в диске осевой газовой турбины. Метод двух расчетов. Определение напряжений от центробежных сил и неравномерного нагрева.	4
08-09	3	Численный расчет напряжений в диске с учетом посадки на вал. Оценка прочности дисков.	4
10	4	Цилиндрический и чистый изгиб пластин. Определение напряжений и деформаций.	2
11	4	Расчет круглых и кольцевых пластин постоянной толщины. Определение напряжений и перемещений.	2
12	4	Конечно-разностная формулировка. Простейшие примеры	2
13-15	4	Метод прогонки. Расчет круглых пластин при действии механической нагрузки. Температурные напряжения в круглых пластинках.	6
16-18	4	Вариационные методы расчета пластин. Метод Ритца. Метод Бубнова - Галеркина.	6
19-21	4	Расчет прямоугольных пластин с применением МКЭ	6
22-24	4	Пластины сложной формы и конструкции из пластин (МКЭ)	6

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	Бояршинов С.М. Строительная механика машин Тимошенко С.П., Войновский-Кригер Т. Пластинки и оболочки Чернявский А.О. Строительная механика машин. Конспект лекций	5	17,5
Задание 1. Расчет быстровращающихся дисков	Бояршинов С.М. Строительная механика машин Чернявский А.О. Строительная механика машин. Конспект лекций	5	40
Задание 2. Расчет круглых пластин	Бояршинов С.М. Строительная механика машин Тимошенко С.П., Войновский-Кригер Т. Пластинки и оболочки Чернявский А.О. Строительная механика машин. Конспект лекций	5	30

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	5	Текущий контроль	Семестровое задание "Расчет дисков газовых турбин"	1	3	3 - выполнены все пункты задания (см. приложенный файл); 2 - не выполнены или выполнены лишь частично требования задания по тестированию разработанной расчетной процедуры на задачах, имеющих аналитическое решение и по оценке влияния разбиения на точность; 1 - в решении есть ошибки, которые студент не смог исправить без помощи преподавателя; 0 - решение отсутствует	экзамен
2	5	Текущий контроль	Семестровое задание "Расчет круглых пластин"	1	3	3 - выполнены все пункты задания (см. приложенный файл); 2 - не выполнены или выполнены лишь частично требования задания по тестированию разработанной расчетной процедуры на задачах,	экзамен

						имеющих аналитическое решение и по оценке влияния разбиения на точность; 1 - в решении есть ошибки, которые студент не смог исправить без помощи преподавателя; 0 - решение отсутствует	
3	5	Текущий контроль	Решение задач о напряженно-деформированном состоянии пластин и конструкций из пластин с помощью САЕ-пакетов (на примере пакета ANSYS)	1	3	3 - решение с доказательством корректности; 2 - решение получено, но доказательства корректности нет; 1 - для получения решения потребовалась помощь преподавателя; 0 - решение отсутствует	экзамен
4	5	Промежуточная аттестация	экзамен	-	5	За ответы на теоретические вопросы и решение задач экзаменационного билета	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
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
ПК-2	Знает: основные гипотезы технической теории пластин		+		+
ПК-2	Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин		+		+
ПК-2	Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах о пластинах				++
ПК-4	Знает: возможности современных численных методов решения задач о пластинах		+		+
ПК-4	Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей		++		+
ПК-4	Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин		+		+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Бояршинов, С. В. Основы строительной механики машин Текст учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов С. В. Бояршинов. - М.: Машиностроение, 1973. - 456 с. черт.

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. Практическое применение метода конечных элементов в зачетах расчета на прочность Учеб. пособие А. О. Чернявский; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Приклад. механика, динамика и прочности машин; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 89 с. ил.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Чернявский, А. О. Практическое применение метода конечных элементов в зачетах расчета на прочность Учеб. пособие А. О. Чернявский; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Приклад. механика, динамика и прочности машин; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 89 с. ил.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Чернявский А.О. Строительная механика машин : Конспект лекций – Челябинск : Издательство ЮУрГУ , 2-е издание – 2009 г., 103 с. http://virtua.lib.susu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4/chameleon

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 с установленным MS-Office, проектор
Практические	332	Компьютеры с доступом к СКЦ ЮУрГУ

занятия и семинары	(2)	
--------------------	-----	--