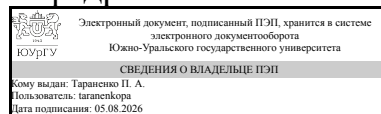


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



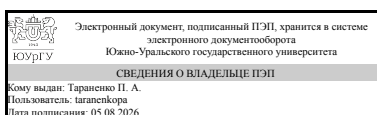
П. А. Тараненко

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

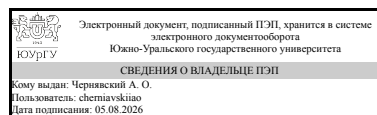
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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
Специальные главы теоретической механики, Анализ механической системы твердых тел, Специальные главы сопротивления материалов, Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	Теория колебаний континуальных систем, Устойчивость механических систем, Строительная механика оболочек, Вычислительные методы решения инженерных задач, Строительная механика машин, Цифровые методы анализа динамики

	конструкций, Основы планирования эксперимента, Основы расчетов на прочность в инженерной практике, Статистическая механика, Динамика машин, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Теория колебаний, Численные методы технической механики
--	--

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

Дисциплина	Требования
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
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
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов	Знает: теоретические основы и методы цифрового моделирования, современные пакеты 1D и 3D цифрового моделирования динамики сборок из абсолютно твердых тел Умеет: разрабатывать цифровые виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции, определять кинематические и динамические параметры конструкции (перемещения, скорости и ускорения точек) Имеет практический опыт: работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для цифрового компьютерного моделирования динамических систем, кинематического и динамического анализа систем твердых тел
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

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
Задание 2. Расчет круглых пластин	30	30
Задание 1. Расчет быстро вращающихся дисков	40	40

Подготовка к экзамену	17,5	17.5
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
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
Задание 1. Расчет быстровращающихся дисков	Бояршинов С.М. Строительная механика машин Чернявский А.О. Строительная механика машин. Конспект лекций	5	40
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

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. Феодосьев В. И. Соппротивление материалов : Учеб. для втузов. - 10-е изд., перераб. и доп.. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 590,[1] с.

б) дополнительная литература:

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

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	компьютер с установленным MS-Office, проектор

	(2)	
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютеры с доступом к СКЦ ЮУрГУ