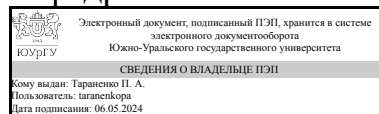


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



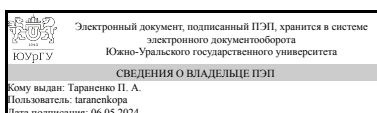
П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.13 Строительная механика оболочек
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Компьютерное моделирование и испытания
высокотехнологичных конструкций
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

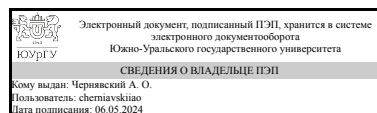
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

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 оболочек Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние оболочек Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах об оболочках
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 об оболочках Умеет: выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей Имеет практический опыт: применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Цифровое моделирование динамики машин и механизмов, Аналитическая динамика, Основы расчетов на прочность в инженерной практике, Практикум по кинематике и динамике твердых тел,	Теория колебаний континуальных систем, Регрессионный анализ и планирование эксперимента, Строительная механика машин, Устойчивость механических систем, Численные методы технической механики, Цифровые методы анализа динамики

Основы автоматизации инженерных расчетов, Анализ механической системы твердых тел, Теория упругости, Строительная механика пластин, Нестандартные задачи сопротивления материалов	конструкций, Динамика машин, Вычислительные методы решения инженерных задач, Основы планирования эксперимента, Статистическая механика
---	--

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

Дисциплина	Требования
Основы автоматизации инженерных расчетов	Знает: существующие информационные технологии и компьютерные программы для проведения инженерных расчетов; основы расчетов элементов конструкций и проведения математических вычислений с использованием вычислительных методов, основные физические явления и процессы, системы компьютерной математики для решения задач в области прикладной механики с помощью существующих информационных технологий и компьютерных программ; основы проведения математических вычислений инженерных расчетов в компьютерной программе Mathcad Умеет: проводить расчеты на прочность, жесткость и устойчивость типовых стержневых систем и элементов конструкций с помощью программ компьютерной математики; применять современные математические пакеты программ для обработки результатов эксперимента, проводить основные математические вычисления в системе Mathcad; применять стандартные математические функции программы Mathcad при проведении необходимых инженерных расчетов, расчетов на прочность, жесткость и устойчивость типовых стержневых систем; применять физико-математические методы для решения практических задач; применять вероятностные и статические методы при обработке экспериментальных данных Имеет практический опыт: расчета на прочность элементов конструкций с использованием современных вычислительных систем; применения математического аппарата для статистической обработки результатов эксперимента, решения конкретных задач с помощью численных методов; самостоятельного проведения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов конструкций в программе MathCAD; обработки экспериментальных данных при практической работе на компьютере с применением современных вычислительных систем; навыками применения физико-

	математического аппарата и методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности
Теория упругости	Знает: основы тензорной алгебры и тензорного анализа, которые с одной стороны необходимы для формирования объемного представления о мерах напряженно-деформированного состояния и основных законах механики твердого деформируемого тела, а с другой стороны помогают развить системное и критическое мышление, тензорный аппарат, используемый в механике твердого тела, основные меры напряженно-деформированного состояния, уравнения, законы и принципы теории упругости; основы метода конечных элементов; классические задачи теории упругости в 3D и 2D постановке Умеет: представлять меры напряженного и деформированного состояния в точке тела, а также основные уравнения механики твердого деформируемого тела в тензорной форме, при необходимости переходя от нее к координатной и матричной, решать задачи теории упругости, привлекая для этого тензорный аппарат; выполнять анализ напряженно-деформированного состояния в точке тела; составлять матричную модель МКЭ стержневой и плоской конструкции Имеет практический опыт: представления основных уравнений теории упругости в различных формах записи; применения тензорного аппарата к решению задач механики, организации своего труда на научной основе; применения классических задач и методов теории упругости, физико-механических, математических и компьютерных моделей
Строительная механика пластин	Знает: основные гипотезы технической теории пластин, возможности современных численных методов решения задач о пластинах Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние пластин, выбирать методы и приемы моделирования, обеспечивающие эффективность и адекватность расчетных моделей Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах о пластинах, применения соответствующих численных методов для определения напряженно-деформированного состояния конструкций из пластин
Нестандартные задачи сопротивления материалов	Знает: основные гипотезы механики деформируемого тела и, в частности, сопротивления материалов, основы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по допускаемым нагрузкам, общие закономерности

	неупругого однократного и повторно-переменного деформирования материалов Умеет: выделять круг задач, в которых особенности рассматриваемых процессов требуют применения специфических методов анализа, формулировать возможные задачи: определение предельных нагрузок, перемещений, остаточных напряжений, записывать системы уравнений и неравенств, описывающих неупругое деформирование конструкций Имеет практический опыт: формулировки задач расчетов за пределами упругости, определения перечня возможных результатов, определения предельных нагрузок для конструкций различных типов: стержневых (работающих при растяжении-сжатии, кручении, изгибе) и не являющихся стержневыми (соединения элементов конструкций), решения задач определения нагрузок, напряжений и перемещений при однократном и повторном нагружении за пределами упругости
Анализ механической системы твердых тел	Знает: компьютерные системы моделирования динамики механизмов из абсолютно твердых тел, теоретические основы и методы компьютерного моделирования Умеет: выполнять кинематический и динамический анализ механической системы, разрабатывать виртуальные модели исследуемых механических систем, учитывающих особенности их конструкции Имеет практический опыт: кинематического и динамического анализа механических систем, работы с пакетами многотельной динамики (MultiBody Dynamics) для компьютерного моделирования динамических систем, состоящих из твердых тел
Практикум по кинематике и динамике твердых тел	Знает: основные понятия и законы кинематики и динамики твердого тела и механической системы, методы кинематического и динамического анализа механической системы, фундаментальные понятия кинематики и динамики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности Умеет: решать типовые задачи кинематики и динамики материальных объектов, анализировать полученный результат, применять теоремы кинематики, общие теоремы и принципы динамики к исследованию движения твердого тела и механической системы Имеет практический опыт: применения методов кинематического и динамического анализа для математического описания движения материальных объектов и решения полученных математических моделей, математического моделирования кинематического и динамического состояния механических систем

	и анализа полученных результатов
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
Аналитическая динамика	Знает: основные понятия теории малых колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, базовые фундаментальные, естественнонаучные положения аналитической динамики и теории колебаний, основные понятия, физические основы и методы математического анализа динамического поведения механических систем Умеет: выполнять расчет собственных частот и собственных форм малых колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, классифицировать механическую систему на основании выявления наложенных связей и записи их уравнений; определять число степеней свободы механической системы; записывать уравнения движения; составлять и решать характеристическое уравнение; устанавливать характер движения механической системы (колебательный или неколебательный), ставить и решать задачи о движении и равновесии материальных объектов, конструкций и сооружений Имеет практический опыт: расчета установившихся и неуставившихся колебаний линейных консервативных систем с конечным числом степеней свободы, записи дифференциальных уравнений движения в прямой форме, обратной форме, с помощью уравнений Лагранжа второго рода, анализа результатов решения задач динамического поведения механических систем с конечным числом степеней свободы, формулировки выводов и оформления отчетов о выполненных исследованиях
Основы расчетов на прочность в инженерной практике	Знает: современные подходы, в том числе, математические модели к определению предельных состояний элементов конструкций, возникающие при однократном, повторно-переменном и длительном (при повышенной температуре) нагружении, классические и

	технические теории и методы, прогрессивные физико-механические, математические и компьютерные модели для оценки предельных состояний разного рода конструкций, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам и объектам Умеет: применять современные теории, физико-математические и численные методы исследования закономерностей реализации предельных состояний изделий в условиях однократного, повторно-переменного и длительного нагружения, определять предельные состояния, включая образование трещин, на основе классических и технических теорий и методов, современных адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей Имеет практический опыт: расчетов и навыки использования пакетов прикладных программ, включая академические пакеты МКЭ,, а также новых систем компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга для оценки прочности элементов конструкций, решения задач, связанных с определением различных предельных состояний, обладать навыками применения адекватных физико-механических, математических и компьютерных моделей
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		6
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5
подготовка к экзамену	24	24
Выполнение курсовой работы "Расчет тонкостенных конструкций"	45,5	45.5
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
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	Пластины и оболочки	64	32	32	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Оболочки. Определения. Пластины как частный случай оболочек. Криволинейные координаты на поверхности. Понятие о кривизнах, главных кривизнах. Главные координаты на поверхности. Основные гипотезы теории оболочек. Особенности расчета пластин, пологих оболочек и оболочек с большой кривизной. Безмоментные оболочки вращения. Вывод разрешающих уравнений.	2
2-3	1	Частные случаи безмоментной теории осесимметричных оболочек: сферический купол, сферический резервуар, конические оболочки. Тороидальные оболочки.	4
4	1	Смещения в симметрично нагруженных безмоментных оболочках. Постановка задачи, вывод основных зависимостей. примеры расчета.	2
5	1	Оболочки вращения при неосесимметричной нагрузке. Вывод разрешающих уравнений. напряжения от ветровой нагрузки. Мембранная теория цилиндрических оболочек.	2
6	1	Общая теория круговой цилиндрической оболочки при симметричной нагрузке. Вывод основных зависимостей. Общее решение основного дифференциального уравнения. Понятие о краевом эффекте.	2
7	1	Расчеты длинных и коротких оболочек. Расчеты цилиндрических оболочек переменной толщины.	2
8-9	1	Температурные напряжения в цилиндрических оболочках.	4
10-11	1	Общая теория симметрично нагруженных оболочек вращения. Условия равновесия, совместности, обобщенный закон Гука. Использование уравнений общей теории для проверки точности безмоментных решений.	4
12	1	Расчет сферических оболочек. Приближенные методы вычисления напряжений. Метод асимптотического интегрирования. Теория краевого эффекта Штаермана-Геккелера.	2
13	1	Пологие сферические оболочки	2
14	1	Аналитическое решение уравнений для конической оболочки. Расчет составных оболочек.	2
15-16	1	Применение МКЭ для расчета напряжений в осесимметрично нагруженных оболочках вращения.	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол- во часов
1-2	1	Расчет оболочек по безмоментной теории.	4
3	1	Определение перемещений в симметрично нагруженных безмоментных оболочках. Оценка границ применимости безмоментных решений.	2
4-5	1	Расчет цилиндрической оболочки при действии механических (осесимметричных) нагрузок и различных граничных условиях.	4
6-7	1	Определение напряжений в цилиндрических оболочках при действии механических нагрузок и неравномерном нагреве.	4

8	1	Цилиндрическая оболочка с плоской крышкой. Цилиндрическая оболочка с кольцевыми ребрами.	2
9-10	1	Расчетный анализ краевых эффектов в сферических оболочках. Расчет составных оболочек, включающих сферические элементы.	4
11	1	Расчетный анализ краевых эффектов в конических оболочках. Расчет составных оболочек с коническими участками.	2
12	1	Расчет составных оболочек, состоящих из цилиндрических, сферических, конических участков и плоских днищ. Расчет оболочек, подкрепленных кольцевыми ребрами.	2
13-14	1	Применение МКЭ для расчета цилиндрических оболочек при осесимметричном нагружении. Влияние разбиения на точность.	4
15-16	1	Применение МКЭ для расчета напряжений в составных оболочках (сферические, цилиндрические, конические участки). Анализ точности.	4

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. Пластины и оболочки Чернявский А.О. Строительная механика. Конспект лекций	6	24
Выполнение курсовой работы "Расчет тонкостенных конструкций"	Бояршинов С.М. Строительная механика машин Тимошенко С.П. Пластины и оболочки Чернявский А.О. Строительная механика. Конспект лекций	6	45,5

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	6	Текущий контроль	Решение задач безмоментной теории оболочек	1	3	3 - решение не содержит ошибок и выполнено в заданное время; 2 - понадобилось дополнительное время; 1 - решение содержит ошибки; 0 - отсутствие решения	экзамен
2	6	Промежуточная	Семестровая работа "Расчет"	-	5	5 - выполнены все задания; 4 - выполнены задания, касающиеся	экзамен

		аттестация	тонкостенных сосудов"			расчета по безмоментной теории, расчет краевых эффектов по общей теории выполнен либо только численно, либо только аналитически; 3 - выполнены задания, касающиеся расчета по безмоментной теории, расчет краевых эффектов по общей теории выполнен с ошибками; 2 - выполнены только задания, касающиеся расчета по безмоментной теории; 1 - задания, касающиеся расчета по безмоментной теории выполнены с ошибками; 0 - решение не выполнено	
3	6	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
ПК-2	Знает: основные гипотезы технической теории оболочек	+	+	+
ПК-2	Умеет: записывать и решать определяющие уравнения, описывающие напряженно-деформированное состояние оболочек	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: получения аналитических и численных (с использованием САЕ-программ) оценок напряженного состояния в задачах об оболочках	+	+	+
ПК-4	Знает: возможности современных численных методов решения задач об оболочках	+	+	+
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 оболочечных конструкций	+	+	+

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
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лизин, В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций: Учебное пособие для студентов вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Т. Лизин, В.А. Пяткин. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2003. http://e.lanbook.com/book/817
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Глазков, Ю.Ф. Специальные главы прочности. Расчет тонкостенных и стержневых конструкций методом конечных элементов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. – 79 с. http://e.lanbook.com/book/69416
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Карпов, В.В. Прочность и устойчивость подкреплённых оболочек вращения: В 2 ч. Часть 2. Вычислительный эксперимент при статическом механическом воздействии. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2011. — 248 с. http://e.lanbook.com/book/59626

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