

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан механико-математического
факультета

Захаров А.М.

«18» 09 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

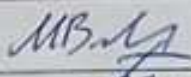

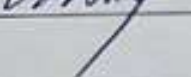
Направление подготовки бакалавриата
01.03.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки бакалавриата
Механика деформируемых тел и сред

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Вильде М.В.		28.09.2021
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		28.09.2021
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		28.09.2021
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины «Плоская задача теории упругости»

Целями освоения дисциплины «Плоская задача теории упругости» является ознакомление студентов с постановкой плоской задачи теории упругости и методами решения соответствующих краевых задач, основанными на применении теории функций комплексного переменного, и выработка у студентов навыков решения плоских задачи теории упругости изученными методами.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Плоская задача теории упругости» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к дисциплинам по выбору ООП бакалавриата по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемых тел и сред». На ее изучение отводится 108 часов (64 часа аудиторной работы, из них 32 часа практическая подготовка, 1 час КСР, 43 часа СРС.). В соответствии с учебным планом, занятия проводятся в шестом семестре. Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в шестом семестре заканчивается зачетом.

Дисциплина «Плоская задача теории упругости» связана с дисциплинами: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Комплексный анализ», «Аналитическая геометрия», «Уравнения математической физики», в результате изучения которых студент должен знать теоретические основы дифференциального и интегрального исчисления, методов алгебры, дифференциальных уравнений, уравнений математической физики. Студент должен уметь дифференцировать, интегрировать, решать системы линейных и нелинейных уравнений, аналитически решать дифференциальные уравнения и задачи математической физики.

Знания и умения, полученные студентами при изучении дисциплины «Плоская задача теории упругости» используются в дисциплинах: «Численные методы решения пространственных задач», «Основы теории пластичности и распространения упругопластических волн», «Теория изгиба анизотропных пластин», «Колебательные процессы в упругих системах», «Пакеты прикладных программ», а также при прохождении учебных практик и выполнении выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных	1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.	Знать: – постановку основных плоских задач теории упругости; – основные этапы построения и исследования

задач.		<p>моделей, плоскую деформацию и обобщенное плоское напряженное состояние упругих тел.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать задачи, выделяя ее базовые составляющие; – осуществлять декомпозицию задачи. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками анализа задачи с выделением ее базовых составляющих.
	<p>2.1_Б.УК-1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные источники информации по плоским задачам теории упругости; – способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по плоским задачам теории упругости. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками критического анализа информации по применению методов решения плоских задач теории упругости к практическим задачам.
	<p>3.1_Б.УК-1. Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные аналитические методы решения плоских задач теории упругости. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оценить достоинства и недостатки различных методов решения плоских задач теории упругости. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками выбора оптимального решения для поставленной задачи.
	<p>4.1_Б.УК-1. Грамотно,</p>	<p>Знать:</p>

	<p>логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>– основные положения теории плоской деформации и обобщенного плоского напряженного состояния, их обоснование.</p> <p>Уметь:</p> <p>– грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки в области методов решения плоских задач теории упругости;</p> <p>– отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками формирования собственных суждений и оценок в области применения плоских задач теории упругости;</p> <p>– навыками грамотного, логичного и аргументированного изложения своей позиции по вопросам применения методов решения плоских задач теории упругости.</p>
	<p>5.1_Б.УК-1. Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p>Знать:</p> <p>– основные математические модели плоской деформации и обобщенного плоского напряженного состояния упругих тел.</p> <p>Уметь:</p> <p>– определить практические последствия решения плоских задач теории упругости тем или иным методом;</p> <p>– оценить практические последствия решения плоских задач теории упругости.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками определения и оценивания практических последствий применения решений плоских задач</p>

		теории упругости к моделированию поведения реальных объектов.
<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>1.1_Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные этапы физического и математического моделирования при решении плоских задач теории упругости; – основные математические модели, связанные с плоской задачей теории упругости, и методы их исследования. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сформулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели; – определить ожидаемые результаты решения выделенных задач. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками формулировки совокупности взаимосвязанных задач для достижения поставленной цели; – навыками определения ожидаемых результатов решения поставленных задач.
	<p>2.1_Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные аналитические методы решения плоских задач теории упругости; – основные этапы физического и математического моделирования при решении плоских задач теории упругости. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – спроектировать решение конкретной плоской задачи теории упругости, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.

		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками проектирования решения плоских задач теории упругости, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.
	<p>3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – постановку и методы решения основных плоских задач теории упругости. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильно распределить время, выделенное на решение поставленной задачи; – решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками постановки и решения плоских задач теории упругости за установленное время.
	<p>4.1_Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные этапы физического и математического моделирования при решении плоских задач теории упругости; – основные математические модели, связанные с плоской задачей теории упругости. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – публично представлять результаты решения конкретной задачи. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками публичного представления результатов решения конкретной плоской задачи теории упругости.

<p>УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.</p>	<p>1.1_Б.УК-6. Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>	<p>Знать: – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь: – применять имеющиеся ресурсы (личностные, ситуативные, временные и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p> <p>Владеть: – навыками использования имеющихся ресурсов (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>
	<p>2.1_Б.УК-6. Понимает важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – планировать цели деятельности с учетом условий, имеющихся средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками планирования целей деятельности при решении плоских задач теории упругости с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p>3.1_Б.УК-6. Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – реализовывать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p>Владеть:</p>

		– навыками реализации намеченных целей деятельности при решении плоских задач теории упругости с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.
	4.1_Б.УК-6. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.	<p>Знать:</p> <p>– основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь:</p> <p>– критически оценить эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками корректировки плана в зависимости от эффективности использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>
	5.1_Б.УК-6. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.	<p>Знать:</p> <p>– свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь:</p> <p>– видеть предоставленные возможности.</p> <p>Владеть:</p> <p>– способностью к использованию предоставляемых возможностей для приобретения новых знаний и навыков.</p>
ПК-1. Способен составлять математические модели для расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.	1.1_Б.ПК-1. Демонстрирует знание классических уравнений механики и математической физики, основных инженерных теорий деформирования стержней, пластин и оболочек.	<p>Знать:</p> <p>– классические уравнения механики и математической физики, основные положения и уравнения теории упругости, методы решения плоских задач теории упругости.</p>

		<p>Уметь: – подобрать и сформулировать в соответствии с поставленной задачей классические уравнения механики и математической физики, основные положения и уравнения теории упругости, методы решения плоских задач теории упругости.</p> <p>Владеть: – научной терминологией и математическими методами, необходимыми для постановки плоских задач теории упругости.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-1. Способен осуществить сбор и обработку исходных данных по геометрии и физико- механическим характеристикам заданного элемента конструкции.</p>	<p>Знать: – основные способы сбора и обработки информации.</p> <p>Уметь: – осуществлять сбор и обработку данных о геометрии и физико- механических характеристиках элементов конструкций, работающих в условиях плоской деформации либо обобщенного плоского напряженного состояния.</p> <p>Владеть: – навыками получения путем непосредственного измерения либо использования информационных ресурсов данных о геометрических и физико-механических характеристиках, необходимых для решения плоских задач теории упругости, и методами их обработки.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-1. Способен сформулировать и обосновать математическую модель, описывающую деформацию заданного элемента под действием</p>	<p>Знать: – основные модели плоской деформации и обобщенного плоского напряженного состояния упругих тел и области их применимости.</p>

	заданных нагрузок.	<p>Уметь: – выбрать, сформулировать и обосновать математическую модель, приводящую к постановке плоской задачи теории упругости, в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и обобщения существующего опыта решения плоских задач теории упругости, научной терминологией и математическими методами, необходимыми для составления и обоснования модели, приводящей к плоской задаче теории упругости.</p>
	<p>4.1_Б.ПК-1. Способен составить конечно-элементную модель на основании данных о геометрии, физико-механических свойствах и нагружении элемента конструкции.</p>	<p>Знать: – основные положения метода конечных элементов и принципы работы современных программных пакетов, особенности применения метода конечных элементов при расчете плоской деформации или обобщенного плоского напряженного состояния.</p> <p>Уметь: – сформулировать математическую постановку плоских задач теории упругости в терминах метода конечных элементов.</p> <p>Владеть: – навыками представления постановки плоских задач теории упругости в различных формах, в том числе и в форме, подходящей для конечно-элементной реализации.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-1. Способен оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета и экономии вычислительных</p>	<p>Знать: – основные гипотезы, проводящие к плоской задаче теории упругости, и пределы их применимости,</p>

	ресурсов.	<p>методы построения уточненных двумерных теорий растяжения пластин.</p> <p>Уметь: – определить порядок погрешностей расчета, связанных с погрешностями применяемой модели и вычислительными погрешностями.</p> <p>Владеть: – навыками определения пределов применимости и погрешности моделей при решении плоских задач теории упругости, оценки вычислительных погрешностей и степени затраты вычислительных ресурсов при использовании известных методов решения плоских задач теории упругости.</p>
<p>ПК-2. Способен к проведению расчетов поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях с использованием прикладных приближенных теорий и метода конечных элементов.</p>	<p>1.1_Б.ПК-2. Знает основные методы решения задач прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также основы теории метода конечных элементов.</p>	<p>Знать: – методы аналитического и численного решения плоских задач теории упругости, математические методы, необходимые для решения таких задач.</p> <p>Уметь: – выбрать метод решения плоской задачи теории упругости в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p>Владеть: – навыками оценки применимости того или иного метода решения плоских задач теории упругости для решения поставленной практической задачи.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-2. Способен получить и реализовать решение задачи о деформировании элемента конструкции под действием заданной нагрузки в случаях, когда задача</p>	<p>Знать: – основные плоские задачи теории упругости, допускающие аналитическое решение, постановки и методы решения таких задач.</p>

	<p>допускает аналитическое решение.</p>	<p>Уметь: – получить аналитическое решение плоской задачи теории упругости и реализовать его с использованием современных программных пакетов.</p> <p>Владеть: – методами математического анализа, комплексного анализа и теории дифференциальных уравнений в частных производных в применении к плоским задачам теории упругости, современной вычислительной техникой.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-2. Способен построить и реализовать конечно-элементную расчетную схему с применением современных программных комплексов.</p>	<p>Знать: – области и пределы применимости постановок и методов решения плоских задач теории упругости.</p> <p>Уметь: – оценить возможность постановки плоской задачи теории упругости и замены трехмерной сетки конечных элементов на двумерную.</p> <p>Владеть: – навыками аналитического решения плоских задач теории упругости и тестирования конечно-элементной расчетной схемы путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p>4.1_Б.ПК-2. Способен подобрать и обосновать разбиение конструкции на конечные элементы, проанализировать влияние размеров сетки на точность расчетов.</p>	<p>Знать: – основные выводы общей теории решения плоских задач теории упругости о характере изменчивости напряженно-деформированного состояния в зависимости от формы тела и приложенных нагрузок, случаи появления быстро изменяющихся напряженных состояний</p>

		<p>(концентрация напряжений).</p> <p>Уметь: – качественно описать поведение плоского напряженно-деформированного состояния элемента конструкции заданной формы под действием заданной нагрузки.</p> <p>Владеть: – навыками аналитического решения плоских задач теории упругости и определения погрешности конечно-элементной расчетной схемы, в том числе влияния размеров сетки, путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-2. Может провести верификацию полученных результатов и самостоятельно сформулировать выводы на основе анализа проведенных расчетов.</p>	<p>Знать: – научную литературу в области плоских задач теории упругости, общие закономерности поведения плоского напряженно-деформированного состояния при действии заданной нагрузки.</p> <p>Уметь: – оценить достоверность полученного решения путем сравнения с решениями аналогичных задач, полученными другими исследователями, сравнения решений одной и той же задачи, полученных разными методами, сопоставления полученного решения с общими физическими закономерностями и имеющимся практическим опытом.</p> <p>Владеть: – навыками выявления качественных характеристик</p>

		поведения плоского напряженно-деформированного состояния элемента конструкции по количественным данным расчетов, формулировки выводов по полученным результатам, необходимой для этого научной и технической терминологией.
<p>ПК-5. Способен подготовить планы исследований в области механики деформируемых тел (сред) и рекомендации по практическому применению научных результатов</p>	<p>1.1_Б.ПК-5. Обладает навыками поиска, анализа и обобщения научно-технической информации в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p>Знать: – основные методы и способы сбора, обработки, анализа и обобщения информации в области плоских задач теории упругости.</p> <p>Уметь: – находить и систематизировать источники для сбора информации в области плоских задач теории упругости.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и обобщения имеющейся научно-технической информации о методах решения плоских задач теории упругости .</p>
	<p>2.1_Б.ПК-5. Может разработать план научно-исследовательской деятельности в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и международного опыта.</p>	<p>Знать: – цели, задачи и этапы научно-исследовательской деятельности в области исследования плоских задач теории упругости.</p> <p>Уметь: – сформулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности для случая конкретной практической задачи, составить примерный план.</p> <p>Владеть: – научно-технической терминологией, необходимой для грамотного составления</p>

		<p>планов научно-исследовательской деятельности в области плоских задач теории упругости.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-5. Способен определить возможность применения известных результатов научных исследований для заданной практической цели и сформулировать рекомендации по внедрению.</p>	<p>Знать: – основные положения и пределы применимости двумерных теорий растяжения пластин, основные методы расчета на прочность по данным о напряженном состоянии элемента конструкции.</p> <p>Уметь: – оценить возможность применения результатов научных исследований для заданной практической цели с точки зрения применимости используемой теории, точности метода расчета и других параметров.</p> <p>Владеть: – навыками определения соответствия между требованиями практики и возможностями математической теории и методов решения плоских задач теории упругости.</p>

4. Структура и содержание дисциплины «Плоская задача теории упругости»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, 32 часа практическая подготовка.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия		КСР	СРС	Контроль	Всего	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка					
1	Плоская задачи теории упругости	6	1	2	2	2	-	2	-	6	Устный опрос
2	Метод Мухелишвили	6	2-5	8	8	8	-	5	-	21	Устный опрос
3	Примеры решения задач	6	6-8	6	6	6	-	10	-	22	Устный опрос, проверка решения практических задач
4	Решение некоторых плоских задач теории упругости при помощи степенных рядов	6	9-10	4	4	4	1	6	-	15	Контрольная работа
5	Плоская задача теории упругости для многосвязных областей	6	11-13	6	6	6	-	10	-	22	Устный опрос, проверка решения практических задач
6	Решение граничных задач теории упругости путем приведения к задаче сопряжения	6	14-16	6	6	6	-	10	-	22	Устный опрос, проверка решения практических задач
7	Промежуточная аттестация	6	-	-	-	-	-	-	-	-	Зачет
8	Общая трудоемкость дисциплины – 108 часов, 32 часа практическая подготовка	6		32	32	32	1	43	-	108	

Содержание дисциплины

Раздел 1. Плоская задача теории упругости

Две модели плоской задачи теории упругости. Основные уравнения плоской задачи теории упругости. Основные граничные задачи. Определение функции напряжений. Уравнение для функции напряжений.

Раздел 2. Метод Мусхелишвили

Комплексное представление бигармонической функции. Комплексное представление напряжений. Комплексное представление перемещений. Представление функций комплексного переменного в бесконечной области. Приведение основных задач теории упругости к граничным задачам теории функций комплексного переменного. Преобразование основных формул при конформном отображении. Интеграл типа Коши. Приведение основных задач к функциональным уравнениям.

Раздел 3. Примеры решения задач

Решение первой основной задачи для круга. Круговой диск под действием сосредоточенных сил, приложенных к контуру. Решение первой и второй основных задач для бесконечной пластинки с эллиптическим отверстием. Растяжение пластинки с эллиптическим отверстием. Растяжение бесконечной пластинки с жестким эллиптическим ядром.

Раздел 4. Решение некоторых плоских задач теории упругости при помощи степенных рядов

Ряды Фурье в комплексной форме. Сходимость. Решение первой основной задачи для круга. Решение второй основной задачи для круга. Решение первой основной задачи для кругового кольца.

Раздел 5. Плоская задача теории упругости для многосвязных областей

Функция Шермана. Метод наложения. Решение задачи о растяжении бесконечной плоскости с конечным числом круговых отверстиями одинакового радиуса. Решение задачи о растяжении бесконечной плоскости с двумя круговыми отверстиями разного радиуса.

Раздел 6. Решение граничных задач теории упругости путем приведения к задаче сопряжения

Задача сопряжения. Решение первой и второй основных задач для полуплоскости. Решение основной смешанной задачи. Задачи о штампе при отсутствии и при наличии трения.

Темы практических занятий по дисциплине «Плоская задача теории упругости»

1. Решение основных задач для круга методом Мусхелишвили.
2. Решение основных задач для бесконечной плоскости с эллиптическим отверстием.
3. Решение плоских задач теории упругости методом степенных рядов.
4. Решение плоских задач теории упругости для многосвязных областей.
5. Решение основных задач путем приведения к задаче сопряжения.
6. Решение задачи о штампах при наличии трения.

7. Решение задачи о штампах при отсутствии трения.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Для реализации компетентного подхода в учебном процессе применяются следующие образовательные технологии:

1) при проведении лекционных занятий: информационные лекции, проблемные лекции, лекции беседы, лекции дискуссии, лекции с заранее запланированными ошибками;

2) при проведении практических занятий: традиционные занятия, занятия исследования, проблемные ситуации, ситуации с ошибкой;

3) при организации самостоятельной работы студентов: поиск и обработка информации, в том числе с использованием информационно-телекоммуникационных технологий; исследование проблемной ситуации; постановка и решение задач из предметной области; отработка навыков применения стандартных методов к решению задач предметной области.

В рамках занятий предусмотрена практическая подготовка, целью которой является развитие профессиональных навыков при выполнении заданий, связанных с постановкой и решением плоских задач теории упругости.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей. Применяются следующие формы контроля: устный опрос, проверка решения практических задач, контрольная работа.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации. Подготовка, при необходимости, учебных и контрольно-измерительных материалов в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями (для студентов с нарушениями зрения учебные материалы подготавливаются с применением укрупненного шрифта, используются аудиозаписи занятий; для студентов с нарушением слуха предоставляются электронные лекции, печатные раздаточные материалы с заданиями для самостоятельной работы).

При необходимости, для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с инвалидностью и студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается в 1,5–2 раза по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Плоская задача теории упругости»

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения научно-технической информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

Вопросы и задачи для самостоятельной работы:

Определение напряженного состояния в пластинке с эллиптическим отверстием, край которого подвержен равномерному давлению.

Общее решение первой основной задачи для областей, отображаемых на круг при помощи полиномов.

Общее решение первой основной задачи для областей, отображаемых на круг рациональной функцией. Приложение к приближенному решению в общем случае.

Решение первой основной задачи для бесконечной плоскости с круговым отверстием методом степенных рядов.

Решение задачи о растяжении бесконечной плоскости с бесконечным рядом одинаковых круговых отверстий.

Задача соприкосновения двух упругих тел.

Самостоятельная аудиторная работа студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; выполнения контрольных работ; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

Текущий контроль усвоения дисциплины «Плоская задача теории упругости» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на

практических занятиях, контрольной работы на тему «Примеры решения задач методом Мусхелишвили и методом степенных рядов».

Примеры типовых заданий для контрольной работы

Задача 1

Определить напряженное состояние бесконечной пластинки с эллиптическим отверстием, если пластинка растягивается напряжениями величины p , приложенными на бесконечности и направленными параллельно оси x , а контур отверстия свободен от напряжений. Считается, что пластинка находится в условиях обобщенного плоского напряженного состояния. Толщина пластинки равна h . Для решения задачи использовать метод Мусхелишвили. Получить выражения для напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$.

Задача 2

Определить напряженное состояние в бесконечной плоскости с эллиптическим отверстием, край которого подвержен равномерному давлению. Считается, что тело находится в условиях плоской деформации. Для решения задачи использовать метод Мусхелишвили. Получить выражения для напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$.

Задача 3

Определить напряженное состояние в бесконечной плоскости с эллиптическим отверстием, часть края которого подвержена равномерному давлению. Считается, что тело находится в условиях плоской деформации. Для решения задачи использовать метод Мусхелишвили. Получить выражения для напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$.

Задача 4

Определить напряженное состояние бесконечной пластинки со впаянным жестким эллиптическим ядром, если пластинка растягивается напряжениями величины p , приложенными на бесконечности и направленными параллельно оси x . Считается, что пластинка находится в условиях обобщенного плоского напряженного состояния. Толщина пластинки равна h . Для решения задачи использовать метод Мусхелишвили. Получить выражения для напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$.

Задача 5

Определить напряженное состояние бесконечной пластинки с прямоугольным отверстием, если пластинка растягивается напряжениями величины p , приложенными на бесконечности и направленными под углом α к оси x , а контур отверстия свободен от напряжений. Считается, что пластинка находится в условиях обобщенного плоского напряженного

состояния. Толщина пластинки равна h . Для решения задачи использовать метод Мусхелишвили. Получить выражения для напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Плоская задача теории упругости» проводится в форме зачета в шестом семестре.

Список вопросов к устному зачету

- 1) Две модели плоской задачи теории упругости.
- 2) Основные уравнения плоской задачи теории упругости.
- 3) Основные граничные задачи.
- 4) Определение функции напряжений.
- 5) Уравнение для функции напряжений.
- 6) Комплексное представление бигармонической функции. Комплексное представление напряжений.
- 7) Комплексное представление перемещений.
- 8) Представление функций комплексного переменного в бесконечной области.
- 9) Приведение основных задач теории упругости к граничным задачам теории функций комплексного переменного.
- 10) Преобразование основных формул при конформном отображении.
- 11) Интеграл типа Коши.
- 12) Приведение основных задач к функциональным уравнениям.
- 13) Решение первой основной задачи для круга.
- 14) Круговой диск под действием сосредоточенных сил, приложенных к контуру.
- 15) Решение первой и второй основных задач для бесконечной пластинки с эллиптическим отверстием.
- 16) Растяжение пластинки с эллиптическим отверстием.
- 17) Растяжение бесконечной пластинки с жестким эллиптическим ядром.
- 18) Общее решение первой основной задачи для областей, отображаемых на круг при помощи полиномов.
- 19) Общее решение первой основной задачи для областей, отображаемых на круг рациональной функцией.
- 20) Приложение к приближенному решению в общем случае.
- 21) Ряды Фурье в комплексной форме. Сходимость.
- 22) Решение первой основной задачи для круга.
- 23) Решение второй основной задачи для круга.
- 24) Решение первой основной задачи для бесконечной плоскости с круговым отверстием.
- 25) Решение первой основной задачи для кругового кольца.
- 26) Задача сопряжения.
- 27) Решение первой и второй основных задач для полуплоскости.
- 28) Решение основной смешанной задачи.

- 29) Задачи о штампе при отсутствии и при наличии трения.
 30) Задача соприкасания двух упругих тел.
 31) Функция Шермана.
 32) Метод наложения.
 33) Решение задачи о растяжении бесконечной плоскости с двумя круговыми отверстиями разного радиуса.
 34) Решение задачи о растяжении бесконечной плоскости с бесконечным рядом одинаковых круговых отверстий.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	15	0	20	15	0	25	25	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

6 семестр

Лекции – от 0 до 15 баллов

Оценивается посещаемость, участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др. за один семестр.

Посещаемость – от 0 до 6 баллов:

0 баллов – не посещал лекции или присутствовал на 1-2 лекциях;

2 балла – присутствовал на 3-6 лекциях;

4 балла – присутствовал на 7-12 лекциях;

6 баллов – присутствовал на 13-16 лекциях.

Активность (участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др.) – от 0 до 9 баллов:

0 баллов – не участвовал в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др.;

1 балл – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 1-2 лекциях;

2 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 3-5 лекциях;

3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 6-8 лекциях;

6 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 12-14 лекциях;

9 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 15-16 лекциях.

Лабораторные занятия – 0 баллов

Не предусмотрены.

Практические занятия – от 0 до 20 баллов

Посещаемость – от 0 до 8 баллов:

0 баллов – не посещал лекции или присутствовал на 1-2 практических занятиях;

2 балла – присутствовал на 3-6 практических занятиях;

4 балла – присутствовал на 7-10 практических занятиях;

6 баллов – присутствовал на 11-14 практических занятиях;

8 баллов – присутствовал на 15-16 практических занятиях.

Активность (самостоятельность при решении задач, правильность решения задач, участие в обсуждении решений, поиск и устранение ошибок в решениях, допущенных другими участниками образовательного процесса) – от 0 до 12 баллов:

0 баллов – не проявлял активности на практических занятиях;

3 балла – проявил активность на 1-3 практических занятиях;

6 баллов – проявил активность на 4-6 практических занятиях;

9 баллов – проявил активность на 7-9 практических занятиях;

12 баллов – проявил активность на 10-15 практических занятиях.

Самостоятельная работа – от 0 до 15 баллов

0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;

5 баллов – выполнено от 5% до 25% домашних заданий;

8 баллов – выполнено от 26% до 50% домашних заданий;

12 баллов – выполнено от 51% до 75% домашних заданий;

15 баллов – выполнено от 76% до 100% домашних заданий.

Автоматизированное тестирование – 0 баллов

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности – от 0 до 25 баллов

Контрольная работа оценивается от 0 до 25 баллов, в том числе:

- правильность и степень самостоятельности постановки задачи – от 0 до 5 баллов;

- правильность и степень самостоятельности решения – от 0 до 15 баллов;

- правильность и степень самостоятельности анализа и интерпретации полученных результатов – от 0 до 5 баллов.

Промежуточная аттестация – от 0 до 25 баллов

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 20 до 25 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 13 до 19 баллов;
ответ на «удовлетворительно» оценивается от 6 до 12 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 6 семестр по дисциплине «Плоская задача теории упругости» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Перерасчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Плоская задача теории упругости» в зачет

65-100 баллов	«зачтено»
0-64 балла	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Плоская задача теории упругости»

а) литература:

1. Новожилов В.В. Теория упругости [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург: Политехника, 2020. (Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.) ✓

2. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости [Текст] / В. М. Александров, М. И. Чебаков. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 301, [3] с. - Библиогр.: с. 265-286 (376 назв.). - ISBN 5-9221-0519-1 (в пер.). ✓

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)

2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)

3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Плоская задача теории упругости»

Для проведения занятий по дисциплине «Плоская задача теории упругости», предусмотренной учебным планом ООП бакалавриата по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемых тел и сред», имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- мультимедийная лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами, маркерными досками для демонстрации учебного материала;

- специализированные классы, предназначенные для проведения практических занятий;

- библиотечный фонд, укомплектованный печатными изданиями, перечисленными в разделе 8 в необходимом количестве;

- электронная библиотека;

- специально оборудованные помещения для самостоятельной работы обучающихся с компьютерным оборудованием и доступом к сети Интернет.

Практическая подготовка осуществляется в специализированном структурном подразделении университета «Образовательно-научный институт наноструктур и биосистем», который располагает оборудованием, необходимым для проведения практических занятий по дисциплинам направления подготовки 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» (профиль «Механика деформируемых тел и сред»).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 01.03.03 «Механика и математическое моделирование», профилю подготовки: «Механика деформируемых тел и сред».

Автор: д.ф.-м.н., профессор кафедры математической теории упругости и биомеханики Вильде М.В.

Программа одобрена на заседании кафедры математической теории упругости и биомеханики от 28.09.2021 года, протокол № 3.