

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.
2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ ИЗГИБА АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН

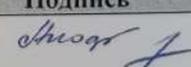
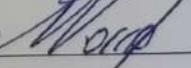
Направление подготовки бакалавриата
01.03.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки бакалавриата
Механика деформируемых тел и сред

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Анофрикова Н.С.		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

Целью освоения дисциплины «Теория изгиба анизотропных пластин» является: изучение основных понятий, гипотез и методов теории изгиба тонких пластин; основных подходов к построению математических моделей изгиба пластин, учитывающих их форму, конструкцию, материал, наличие отверстий, внешнюю нагрузку. Компетенции, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут понадобиться в научно-исследовательской и проектно-технологической деятельности выпускников бакалавриата.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теория изгиба анизотропных пластин» 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 252 часа, из них 72 часа в седьмом семестре (52 часа контактная работа (в том числе: лекции – 34 часа, практика – 17 часов, КСР – 1 час), 20 часов СРС) и 180 часов в восьмом семестре (53 часа контактной работы, (в том числе: лекции – 26 часов, практика – 26 часов, КСР – 1 час), 91 час – СРС, 36 часов – контроль). Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в седьмом семестре заканчивается зачетом, в восьмом семестре - экзаменом.

Изложение основ данного курса опирается на следующие дисциплины обязательной части: «Теоретическая и прикладная механика», «Дифференциальные уравнения», «Комплексный анализ», «Информатика», а также на дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений: «Уравнения математической физики», «Сопротивление материалов», «Теория линейной упругости».

Освоение данной дисциплины необходимо для написания выпускных квалификационных работ (бакалаврских работ).

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 задач.	1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.	Знать: – постановку основных задач теории изгиба анизотропных пластин; – основные этапы построения и исследования моделей теории изгиба

		<p>анизотропных пластин.</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 теории изгиба анизотропных пластин и ее применении к задачам механики; – способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории изгиба анизотропных пластин и ее применении к задачам механики. <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 теории изгиба анизотропных пластин к задачам механики.
	<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 задач об изгибе анизотропных пластин. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оценить достоинства и недостатки различных вариантов решения задач при применении теории изгиба анизотропных пластин.

		<p>Владеть: – навыками выбора оптимального решения для поставленной задачи.</p>
	<p>4.1_Б.УК-1. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>Знать: – основные факты теории изгиба анизотропных пластин и направления ее применения к задачам механики.</p> <p>Уметь: – грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки в области применения теории изгиба анизотропных пластин к моделированию поведения упругих элементов конструкций; – отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками формирования собственных суждений и оценок в области применения теории изгиба анизотропных пластин к моделированию поведения упругих элементов конструкций; – навыками грамотного, логичного и аргументированного изложения своей позиции по вопросам применения теории изгиба анизотропных пластин к моделированию поведения упругих элементов конструкций.</p>
	<p>5.1_Б.УК-1. Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p>Знать: – основные математические модели теории изгиба анизотропных пластин, применяемые к задачам механики, и методы их исследования.</p>

		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – определить практические последствия решения задач в области применения теории изгиба анизотропных пластин к моделированию поведения упругих элементов конструкций; – оценить практические последствия решения задач в области применения теории изгиба анизотропных пластин к моделированию поведения упругих элементов конструкций. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками определения и оценивания практических последствий применения решений задач теории изгиба анизотропных пластин при моделировании поведения упругих элементов конструкций.
<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 задач об изгибе анизотропных пластин; – основные математические модели теории изгиба анизотропных пластин, применяемые в задачах механики, 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

		<p>цели; – навыками определения ожидаемых результатов решения поставленных задач.</p>
	<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: – основные аналитические методы решения задач теории изгиба анизотропных пластин; – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач об изгибе анизотропных пластин.</p> <p>Уметь: – спроектировать решение конкретной задачи об изгибе анизотропной пластины под действием заданной нагрузки, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>Владеть: – навыками проектирования решения задачи об изгибе анизотропной пластины и выбора оптимального метода решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p>
	<p>3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>	<p>Знать: – постановку и методы решения основных задач теории изгиба анизотропных пластин.</p> <p>Уметь: – правильно распределить время, выделенное на решение поставленной задачи; – решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p> <p>Владеть:</p>

		<p>– навыками постановки и решения задач в области теории изгиба анизотропных пластин за установленное время.</p>
	<p>4.1_Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p>Знать: – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач об изгибе анизотропных пластин; – основные математические модели теории изгиба анизотропных пластин, применяемые в задачах механики, и методы их исследования.</p> <p>Уметь: – публично представлять результаты решения конкретной задачи.</p> <p>Владеть: – навыками публичного представления результатов решения конкретной задачи об изгибе анизотропной пластины.</p>
<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 задач об изгибе анизотропных пластин 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: – навыками реализации намеченных целей деятельности при решении задач об изгибе анизотропных пластин с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p>4.1_Б.УК-6. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – критически оценить эффективность использования времени и других ресурсов при</p>

		<p>решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p> <p>Владеть: – навыками корректировки плана в зависимости от эффективности использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>
	<p>5.1_Б.УК-6. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p>	<p>Знать: – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь: – видеть предоставленные возможности.</p> <p>Владеть: – способностью к использованию предоставляемых возможностей для приобретения новых знаний и навыков.</p>
<p>ПК-1. Способен составлять математические модели для расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.</p>	<p>1.1_Б.ПК-1. Демонстрирует знание классических уравнений механики и математической физики, основных инженерных теорий деформирования стержней, пластин и оболочек.</p>	<p>Знать: – основные уравнения теории изгиба анизотропных пластин.</p> <p>Уметь: – правильно подобрать уравнение (систему уравнений) в зависимости от постановки задачи.</p> <p>Владеть: – навыками подбора уравнений для построения математической модели задачи об изгибе анизотропной плиты в зависимости от геометрии плиты и заданных нагрузок.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-1. Способен осуществить сбор и обработку исходных данных по геометрии и физико-механическим</p>	<p>Знать: – основные способы сбора и обработки информации.</p> <p>Уметь: – осуществлять первичный</p>

	<p>характеристикам заданного элемента конструкции.</p>	<p>сбор и обработку исходных данных по геометрии, физико-механическим характеристикам заданного элемента конструкции, по приложенным нагрузкам.</p> <p>Владеть: – навыками первичного сбора и обработки исходных данных по геометрии, физико-механическим характеристикам заданного упругого элемента конструкции, по приложенным нагрузкам при моделировании изгиба анизотропных пластин.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-1. Способен сформулировать и обосновать математическую модель, описывающую деформацию заданного элемента под действием заданных нагрузок.</p>	<p>Знать: – основные математические модели теории изгиба анизотропных пластин.</p> <p>Уметь: – построить математическую модель, описывающую изгиб упругого элемента конструкции, применяя теорию изгиба анизотропных пластин.</p> <p>Владеть: – навыками формулировки и обоснования применения построенной математической модели, описывающей изгиб упругого элемента конструкции.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-1. Способен оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета и экономии вычислительных ресурсов.</p>	<p>Знать: – основные математические модели теории изгиба анизотропных пластин и области их применения.</p> <p>Уметь: – оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета при решении поставленной задачи.</p> <p>Владеть:</p>

		– навыками оценки эффективности применения различных моделей изгиба анизотропных пластин к точности расчета для конкретных элементов конструкций.
<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: – основные методы решения задач теории изгиба анизотропных пластин.</p> <p>Уметь: – подобрать правильный метод решения задачи об изгибе упругих элементов конструкций в зависимости от построенной математической модели.</p> <p>Владеть: – навыками подбора методов решения задачи об изгибе упругих элементов конструкций в зависимости от построенной математической модели.</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 допускает аналитическое решение.</p>	<p>Знать: – аналитические методы решения задач теории изгиба анизотропных пластин и ограничения по их применению.</p> <p>Уметь: – получить решение поставленной задачи выбранным аналитическим методом.</p> <p>Владеть: – навыками применения точных и приближенных аналитических методов решения задач к исследованию изгиба упругих элементов конструкций.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-2. Может провести верификацию полученных результатов и самостоятельно сформулировать выводы на</p>	<p>Знать: – приемы верификации полученных результатов.</p> <p>Уметь:</p>

	<p>основе анализа проведенных расчетов.</p>	<p>– провести верификацию и сформулировать выводы на основе анализа полученных результатов.</p> <p>Владеть: – навыками верификации полученных результатов и самостоятельной формулировки выводов на основе анализа проведенных расчетов.</p>
<p>ПК-4. Способен проводить экспериментальные исследования в области механики деформируемых тел (сред) и анализировать их результаты</p>	<p>1.1_Б.ПК-4. Знает основные методы экспериментальных исследований в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p>Знать: – основные методы экспериментальных исследований, используемые при решении задач об изгибе анизотропных пластин.</p> <p>Уметь: – проводить первичный сбор и анализ данных о методах экспериментальных исследований, применяемых при решении конкретной задачи; – оценивать достоинства и недостатки применяемых методов.</p> <p>Владеть: – навыками сбора и анализа данных о методах экспериментальных исследований, применяемых при решении задач об изгибе упругих элементов конструкций.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-4. Способен самостоятельно обнаружить закономерности в результатах проведенных экспериментальных исследований, сопоставить их с результатами других исследователей и теоретическими предсказаниями.</p>	<p>Знать: – основные методы экспериментальных исследований, используемые при решении задач об изгибе упругих элементов конструкций.</p> <p>Уметь: – обнаружить закономерности в результатах экспериментальных исследований,</p>

		<p>– сопоставлять результаты полученных решений с результатами, других исследователей.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками установления закономерностей в полученных решениях,</p> <p>– сопоставления полученных результатов с результатами других исследователей.</p>
<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:</p> <p>– основные источники научно-технической информации по теории изгиба анизотропных пластин и ее применению к задачам механики;</p> <p>– способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории изгиба анизотропных пластин и ее применению к задачам механики.</p> <p>Уметь:</p> <p>– находить, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по теории изгиба анизотропных пластин и ее применению к задачам механики.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками критического анализа и обобщения информации по применению теории изгиба анизотропных пластин к задачам механики.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-5. Может разработать план научно-исследовательской деятельности в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и</p>	<p>Знать:</p> <p>– основы планирования научно-исследовательской деятельности.</p> <p>Уметь:</p> <p>– планировать научно-исследовательскую</p>

	<p>международного опыта.</p>	<p>деятельность в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и международного опыта.</p> <p>Владеть: – планировать научно-исследовательскую деятельность в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и международного опыта.</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 математические модели теории изгиба анизотропных пластин и области их применения.</p> <p>Уметь: – определить возможность применения известных результатов научных исследований для заданной практической цели при решении поставленной задачи; – сформулировать рекомендации по внедрению моделей теории изгиба анизотропных пластин при исследовании изгиба упругих элементов конструкций.</p> <p>Владеть: – навыками подбора модели теории изгиба анизотропных пластин для исследования изгиба упругих элементов конструкций; – навыками формулировки рекомендаций по внедрению моделей теории изгиба анизотропных пластин при исследовании изгиба упругих элементов конструкций.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						
				лекции	Практические занятия		КСР	СР	контроль	всего
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка				
1	Введение в теорию изгиба тонких пластин	7	1	2	-	-	-	1	-	3
2	Теория Гирхгофа	7	2-5	8	-	-	-	1	-	9
3	Простейшие задачи теории изгиба тонких анизотропных плит и задачи, допускающие точные решения	7	6-8	6	6	-	-	6	-	18
4	Осесимметричные задачи изгиба тонких изотропных плит	7	9-10	4	6	-	1	6	-	17
5	Применение ТФКП к решению задач об изгибе тонких изотропных пластин	7	11-18	14	5	-	-	6	-	25

6	Промежуточная аттестация			-	-	-	-	-	-	-
	Итого за 7 семестр		18	34	17	-	1	20	-	72
7	Метод обобщенных комплексных переменных при решении задач об изгибе тонких анизотропных плит	8	1-5	10	10	-	-	36	-	56
8	Изгиб тонких плит с учетом продольных усилий	8	6-8	6	6	-	-	23	-	35
9	Устойчивость тонких плит	8	9-10	4	4	-	-	14	-	22
10	Приближенные методы решения задач об изгибе тонких плит	8	11-13	6	6	-	1	18	-	31
11	Промежуточная аттестация	8		-	-	-	-	-	36	36
12	Итого за 8 семестр	8	13	26	26	-	1	91	36	180
13	Общая трудоемкость дисциплины – 252 часа	7-8		60	43	-	2	111	36	252

Содержание дисциплины

1. Введение в теорию изгиба тонких пластин

Краткий исторический очерк развития теории изгиба тонких анизотропных пластин. Общие задачи и содержание теории. Основные понятия теории изгиба тонких пластин.

2. Теория Кирхгофа

Постановка задачи изгиба тонких плит для трёхмерного случая. Гипотезы Кирхгофа. Вывод основного дифференциального уравнения теории

изгиба тонких анизотропных плит. Понятия моментов и перерезывающих сил. Уравнения равновесия в моментах и перерезывающих силах. Основное уравнение изгиба тонких плит для случая ортотропного и изотропного материала. Граничные условия.

3. Простейшие задачи теории изгиба тонких анизотропных плит и задачи, допускающие точное решение

Двусторонний изгиб прямоугольной анизотропной плиты. Чистое кручение прямоугольной плиты. Задача Губера. Изгиб эллиптической плиты, защемленной по краю. Задача Навье. Задача Мориса-Леви.

4. Осесимметричные задачи изгиба тонких изотропных плит

Выражения моментов и перерезывающих сил в случае осесимметричных задач. Граничные условия. Дифференциальное уравнение. Изгиб круглой изотропной плиты под действием равномерной нагрузки. Изгиб круглой плиты под действием сосредоточенной силы, приложенной в центре. Изгиб круглой плиты под действием нагрузки равномерно распределенной по кругу меньшего радиуса с центром в центре плиты. Изгиб кольцевой плиты под действием изгибающих моментов, приложенных к одному из контуров. Изгиб кольцевой плиты под действием перерезывающих сил, приложенных к одному из контуров.

5. Применение ТФКП к решению задач об изгибе тонких изотропных плит

Выражение прогиба, моментов и перерезывающих сил через две произвольные аналитические функции комплексных переменных. Степень определенности введенных функций. Вид введенных функций $\varphi(z)$ и $\psi(z)$. Главный вектор и главный момент усилий, приложенных к контуру отверстия. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты через функции комплексного переменного. Изгиб круглой плиты, защемленной по краю, под действием равномерно распределенной нагрузки. Задача об изгибе круглой плиты под действием сосредоточенной силы, приложенной в центре. Изгиб изотропной эллиптической плиты под действием равномерно распределенной поперечной нагрузки. Изгиб тонкой прямоугольной изотропной плиты, ослабленной круговым отверстием. Двусторонний изгиб изотропной прямоугольной плиты с эллиптическим отверстием. Изгиб тонкой изотропной плиты, ослабленной двумя одинаковыми круговыми отверстиями.

6. Метод обобщенных комплексных переменных решения задач об изгибе тонких анизотропных плит

Выражение прогиба, моментов и перерезывающих сил через две произвольные аналитические функции обобщенных комплексных переменных. Представление граничных условий на боковой поверхности плиты через введенные функции. Изгиб анизотропной эллиптической плиты, защемленной по краю под действием равномерно распределенной нагрузки. Изгиб анизотропной эллиптической плиты с эллиптическим отверстием. Изгиб анизотропной эллиптической плиты, опертой по краю и изгибаемой моментами постоянной интенсивности.

7. Изгиб тонких плит с учётом продольных усилий

Математическая модель задачи изгиба тонкой плиты с учётом продольных усилий. Случай ортотропного материала. Изгиб прямоугольной плиты равномерной нагрузкой, распределенной по её верхнему основанию с учётом продольных усилий.

8. Устойчивость тонких плит

Статистический метод определения критической нагрузки. Устойчивость прямоугольной плиты, сжатой продольными усилиями. Устойчивость свободно опертой прямоугольной плиты, сжатой в двух направлениях. Энергетический метод определения критической нагрузки. Устойчивость прямоугольной плиты, сжатой продольными усилиями

9. Приближенные методы решения задач об изгибе тонких плит

Метод Ритца. Изгиб прямоугольной плиты, свободно опертой по краям. Изгиб прямоугольной плиты, жёстко защемлённой по краям. Изгиб плиты, имеющей форму прямоугольного треугольника, жёстко защемлённой по контуру. Метод Галеркина. Изгиб прямоугольной плиты, жёстко защемлённой по краям.

Темы практических занятий по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин»

1. Двусторонний изгиб тонкой прямоугольной изотропной пластинки, ослабленной квадратным отверстием, при условии, что контур плиты либо свободен от действия изгибающих нагрузок, либо жёстко защемлён.

2. Изгиб кусочно–однородной изотропной плиты, составленной из двух клеенных друг в друга без натяга круговых колец, изготовленных из разных материалов. Плита находится под действием нормальной нагрузки, распределённой по верхнему основанию её внутреннего кольца. Края плиты жёстко защемлены.

3. Изгиб кусочно–однородной изотропной плиты, составленной из двух клеенных друг в друга без натяга круговых колец, изготовленных из разных материалов. Плита находится под действием нормальной нагрузки, распределённой по верхнему основанию её внешнего кольца. Внешний край

плиты жёстко закреплён, а внутренний свободен от действия изгибающих нагрузок.

4. Изгиб анизотропной эллиптической плиты, ослабленной эллиптическим отверстием, подкреплённым эллиптическим кольцом, изготовленным из другого анизотропного материала под действием изгибающих моментов, равномерно распределённых по её внешнему краю. Внутренний край плиты жёстко закреплён.

5. Изгиб прямоугольной плиты свободно опёртой по краям нормальной нагрузкой (метод Ритца).

6. Изгиб прямоугольной плиты жёстко закреплённой по контуру нормальной нагрузкой (метод Галеркина).

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.

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 укрупнённого 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

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 решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

Самостоятельная аудиторная работа студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; проведения контрольной работы; 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 «Теория изгиба анизотропных пластин» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольных работ по темам «Осесимметричные задачи» (7 семестр) и «Приближенные методы решения задач об изгибе тонких плит» (8 семестр). Примерные варианты контрольных работ содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин» проводится в форме зачета в седьмом семестре и экзамена в восьмом семестре.

Список вопросов к устному зачету

1. Понятия пластины, тонкой пластины, срединной плоскости пластины.
2. Понятия плиты и её характерного размера.
3. Понятия односвязной и многосвязной плиты.
4. Постановка задачи изгиба пластин (плит).
5. Упрощающие гипотезы Кирхгофа.
6. Понятие прогиба срединной плоскости плиты. Выражения для перемещений точек срединной плоскости плиты в направлениях x и y через функцию прогиба.
7. Выражения для компонент тензора деформаций через функцию прогиба.
8. Выражения для напряжений, действующих на основных площадках, через функцию прогиба.
9. Основное уравнение теории изгиба тонких пластин для случая, когда материал пластины в каждой точке имеет одну плоскость упругой симметрии, параллельную её срединной плоскости.
10. Основное уравнение теории изгиба тонких пластин для ортотропного материала.
11. Основное уравнение теории изгиба тонких пластин для изотропного материала.
12. Математическая запись граничных условий на параллельных плоскостях, ограничивающих плиту.
13. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты, когда край плиты деформирован заданным образом или жёстко закреплён.
14. Математическая запись точных граничных условий на боковой поверхности плиты, когда край плиты загружен моментами и перерезывающими силами или свободен от действия изгибающих усилий.
15. Понятие обобщённой перерезывающей силы.
16. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты, когда край плиты загружен моментами и перерезывающими силами или свободен от действия изгибающих усилий через обобщённую перерезывающую силу.
17. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты для случая опёртого края.
18. Понятия моментов и перерезывающих сил, возникающих в плите при изгибе.
19. Выражения для моментов и перерезывающих сил через функцию прогиба.
20. Уравнения равновесия, записанные через моменты и перерезывающие силы.

21. Понятие осесимметричных задач при изгибе тонких плит. Выражения моментов и перерезывающих сил в случае осесимметричных задач.
22. Математическая запись граничных условий.
23. Вид дифференциального уравнения. Выражение для функции прогиба.
24. Изгиб круглой изотропной плиты под действием равномерной нагрузки.
25. Изгиб круглой плиты под действием сосредоточенной силы, приложенной в центре.
26. Изгиб круглой плиты под действием нагрузки равномерно распределенной по кругу меньшего радиуса « b » с центром в центре плиты.
27. Изгиб кольцевой плиты под действием изгибающих моментов, приложенных к одному из контуров.
28. Изгиб кольцевой плиты под действием перерезывающих сил, приложенных к одному из контуров.
29. Выражение прогиба, моментов и перерезывающих сил через две произвольные аналитические функции комплексных переменных.
30. Степень определенности введенных функций. Вид введенных функций $\varphi(z)$ и $\psi(z)$.
31. Главный вектор и главный момент усилий, приложенных к контуру отверстия.
32. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты через функции комплексного переменного для случая жёсткого закрепления края плиты.
33. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты через функции комплексного переменного для случая, когда край плиты загружен моментами и перерезывающими силами.
34. Изгиб круглой плиты, защемленной по краю, под действием равномерно распределенной нагрузки.
35. Задача об изгибе круглой плиты под действием сосредоточенной силы, приложенной в центре.
36. Изгиб изотропной эллиптической плиты под действием равномерно распределенной поперечной нагрузки.
37. Изгиб тонкой прямоугольной изотропной плиты, ослабленной круговым отверстием.

Список вопросов к устному экзамену

1. Выражение прогиба, моментов и перерезывающих сил через две произвольные аналитические функции обобщенных комплексных переменных.
2. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты через функции обобщенных комплексных переменных для случая жёсткого закрепления края плиты.

3. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты через функции обобщённых комплексных переменных для случая, когда край плиты нагружен моментами и перерезывающими силами.

4. Математическая запись граничных условий на боковой поверхности плиты через функции обобщённых комплексных переменных для случая опёртого края.

5. Изгиб анизотропной эллиптической плиты, защемленной по краю под действием равномерно распределенной нагрузки.

6. Математическая модель задачи изгиба тонкой плиты с учётом продольных усилий. Случай ортотропного материала.

7. Изгиб прямоугольной плиты равномерной нагрузкой, распределенной по её верхнему основанию с учётом продольных усилий.

8. Статистический метод определения критической нагрузки.

9. Устойчивость прямоугольной плиты, сжатой продольными усилиями.

10. Устойчивость свободно опёртой прямоугольной плиты, сжатой в двух направлениях.

11. Энергетический метод определения критической нагрузки.

12. Устойчивость прямоугольной плиты, сжатой продольными усилиями.

13. Приближённые методы решения задач об изгибе тонких плит.

14. Метод Ритца.

15. Метод Галеркина.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация
7	10	0	18	18	0	14	40
8	10	0	26	14	0	10	40

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции – от 0 до 10 баллов

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

Посещаемость – от 0 до 4 баллов:

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

1 балл – присутствовал на 3-6 лекциях;

2 балла – присутствовал на 7-10 лекциях;

3 балла – присутствовал на 11-14 лекциях;

4 балла – присутствовал на 15-17 лекциях.

Активность (участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др.) – от 0 до 6 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 1-3 лекциях;

2 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 4-6 лекциях;

3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 7-9 лекциях;

4 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 10-12 лекциях;

5 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 13-15 лекциях;

6 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 16-18 лекциях.

Лабораторные занятия – 0 баллов

Не предусмотрены.

Практические занятия – от 0 до 18 баллов

Посещаемость – от 0 до 9 баллов (0-1 балл за каждое занятие):

0 баллов за занятие в случае пропуска;

1 балл за занятие в случае присутствия.

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 9 баллов:

0 баллов за занятие не проявлял активности на практических занятиях;

1 балла за занятие – проявил активность во время занятия.

Самостоятельная работа – от 0 до 18 баллов

0 баллов – выполнено менее 10% домашних заданий;

5 баллов – выполнено от 10% до 25% домашних заданий;

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

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

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

Автоматизированное тестирование – 0 баллов

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности – от 0 до 14 баллов

Контрольная работа оценивается от 0 до 14 баллов, в том числе:

- правильность постановки задачи – от 0 до 4 баллов;
- правильность решения – от 0 до 5 баллов;
- правильность анализа и интерпретации полученных результатов – от 0 до 5 баллов.

Промежуточная аттестация – от 0 до 40 баллов

Промежуточная аттестация проводится в форме устного зачета.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 26 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 15 до 25 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 14 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин» в оценку (зачет):

60-100 баллов	«зачтено»
0-59 баллов	«не зачтено»

8 семестр

Лекции – от 0 до 10 баллов

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

Посещаемость – от 0 до 4 баллов:

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

1 балл – присутствовал на 3-5 лекциях;

2 балла – присутствовал на 6-8 лекциях;

3 балла – присутствовал на 9-11 лекциях;

4 балла – присутствовал на 12-13 лекциях.

Активность (участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др.) – от 0 до 6 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 1-3 лекциях;

2 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 4-5 лекциях;

3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 6-7 лекциях;

4 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 8-9 лекциях;

5 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 10-11 лекциях;

6 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 12-13 лекциях.

Лабораторные занятия – 0 баллов

Не предусмотрены.

Практические занятия – от 0 до 28 баллов

Посещаемость – от 0 до 14 баллов (0-1 балл за каждое занятие):

0 баллов за занятие в случае пропуска;

1 балл за занятие в случае присутствия.

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 14 баллов:

0 баллов за занятие не проявлял активности на практических занятиях;

1 балл за занятие – проявил активность во время занятия.

Самостоятельная работа – от 0 до 14 баллов

0 баллов – выполнено менее 10% домашних заданий;

3 балла – выполнено от 10% до 25% домашних заданий;

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

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

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

Автоматизированное тестирование – 0 баллов

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности – от 0 до 10 баллов

Контрольная работа оценивается от 0 до 10 баллов, в том числе:

- правильность постановки задачи – от 0 до 2 баллов;

- правильность решения – от 0 до 5 баллов;
- правильность анализа и интерпретации полученных результатов – от 0 до 3 баллов.

Промежуточная аттестация – от 0 до 40 баллов

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 26 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 15 до 25 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 14 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 8 семестр по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин» в оценку (экзамен):

86-100 баллов	«отлично»
76-85 баллов	«хорошо»
60-75 баллов	«удовлетворительно»
0-59 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Ньунхем Р. Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ньунхем Роберт. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2019. - 652 с. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/91998.html>. - ЭБС IPRbooks.

2. Колотвин А.В. Расчеты на прочность при плоском изгибе : метод. указания к выполнению расчет.-проектировоч. работ по сопротивлению материалов / А. В. Колотвин, Ромашов Р. В. - Оренбург : ГОУ ОГУ, Б. г.. - 34 с. ; нет. - URL: <http://lib.rucont.ru/efd/190414>. - ЭБС «Рукопт».



9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий по дисциплине «Теория изгиба анизотропных пластин», 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.

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

Автор: к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики Анофрикова Н.С.

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