

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.



2024 г.

Рабочая программа дисциплины

СТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА ДЕФОРМИРУЕМЫХ ТЕЛ

Направление подготовки магистратуры  
01.04.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки магистратуры  
Механика деформируемого твердого тела

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
Очная

Саратов,  
2024

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Вильде М.В.		10.10.2024
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		10.10.2024
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		10.10.2024
Специалист Учебного управления			

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Стационарная динамика деформируемых тел» являются

– углубленное изучение стационарных колебательных и волновых процессов в упругих телах, связи между этими процессами и их специфики, обусловленной наличием двух типов волн в упругом теле;

– ознакомление с современными методами количественного и качественного анализа дисперсионных свойств упругих волноводов, структуры спектров собственных частот упругих тел, особенностей резонансных явлений в упругих телах.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры**

Дисциплина «Стационарная динамика деформируемых тел» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к дисциплинам по выбору ОП магистратуры по направлению 01.04.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемого твердого тела». На ее изучение отводится 108 часов (32 часа аудиторной работы, из них 16 часов практическая подготовка, 2 часа КСР, 38 часов СРС, 36 часов – контроль). В соответствии с учебным планом, занятия проводятся во втором семестре. Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс во втором семестре заканчивается экзаменом.

Для освоения дисциплины «Стационарная динамика деформируемых тел» необходимы умения и навыки, приобретенные в базовых курсах на этапе освоения ОП бакалавриата: «Численные методы», «Функциональный анализ», «Алгебра», «Аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Теория линейной упругости», «Основы механики сплошной среды», «Уравнения математической физики».

Знания и умения, полученные при изучении курса «Стационарная динамика деформируемых тел» используются в дисциплинах магистратуры «Нестационарные волны в вязкоупругих системах», «Теория колебаний наследственно-упругих систем», «Асимптотический подход в задачах динамики», при выполнении научно-исследовательской работы, при прохождении научно-исследовательской и преддипломной практик и при выполнении выпускной квалификационной работы (магистерской работы).

## **3. Результаты обучения по дисциплине**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>УК-1.</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода,	<b>1.1_М.УК-1.</b> Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<b>Знать:</b> – постановку задач стационарной динамики деформируемых тел, ее составляющие и связи

вырабатывать стратегию действий		<p>между ними.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать задачу стационарной динамики деформируемых тел как систему.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками видения задачи стационарной динамики деформируемых тел как системы взаимосвязанных составляющих.</li> </ul>
	<p><b>1.2_М.УК-1.</b> Осуществляет поиск алгоритмов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации. Определяет в рамках выбранного алгоритма вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке. Предлагает способы их решения.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные этапы построения и исследования моделей, описывающих стационарные колебания и волны в упругих телах;</li> <li>– основные источники информации по теории распространения стационарных волн;</li> <li>– способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории стационарных волн.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– находить на основе доступных источников информации алгоритм решения задачи стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью определить в рамках выбранного алгоритма задачи, подлежащие дальнейшей детальной разработке, и предложить способы их решения</li> </ul>
	<p><b>1.3_М.УК-1.</b> Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные аналитические методы решения задач стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p>

	<p>влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</p>	<p>– предвидеть результат применения различных методов решения задач стационарной динамики деформируемых тел.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками выбора оптимального решения для поставленной задачи стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul>
<b>УК-2.</b> Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p><b>1.1_М.УК-2.</b> Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о распространении стационарных волн в деформируемых телах;</li> <li>– основные математические модели стационарной динамики деформируемых тел и методы их исследования.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сформулировать концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы;</li> <li>– определить ожидаемые результаты выполнения предлагаемого проекта и возможные сферы их применения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками формулировки цели, задач, актуальности, научной и практической значимости проекта, связанного с решением задач стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul>

	<p><b>1.2_М.УК-2.</b> Способен видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения. Формирует план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные аналитические методы решения задач стационарной динамики деформируемых тел;</li> <li>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– планировать решение задачи стационарной динамики деформируемых тел как последовательность шагов;</li> <li>– составить план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками предвидеть результат деятельности при решении задач стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul>
	<p><b>1.5_М.УК-2.</b> Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение).</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– допущения и упрощения, принимаемые при построении математических моделей стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– предложить возможные пути внедрения в практику результатов решения задач стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения соответствия между возможностями теории стационарной динамики деформируемых тел и запросами практики.</li> </ul>

<p><b>УК-6.</b> Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p><b>1.1_М.УК-6.</b> Находит, обобщает и творчески использует имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития.</p>	<p><b>Знать:</b> – современные научные достижения в области стационарной динамики деформируемых тел.</p> <p><b>Уметь:</b> – находить имеющийся опыт решения задач стационарной динамики деформируемых тел в соответствии с задачами саморазвития.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками обобщения и творческого применения имеющегося опыта решения задач стационарной динамики деформируемых тел.</p>
<p><b>ПК-1.</b> Способен разрабатывать новые математические модели и методы расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях</p>	<p><b>1.1_М.ПК-1.</b> Обладает фундаментальными знаниями в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b> – модели и уравнения теории упругости, теории колебаний, основные положения, уравнения и методы стационарной динамики деформируемых тел.</p> <p><b>Уметь:</b> – оценить применимость уравнений и методов стационарной динамики деформируемых тел к поставленной задаче.</p> <p><b>Владеть:</b> – научно-технической терминологией, необходимой для формулировки и обоснования новой постановки задачи или нового метода решения задачи стационарной динамики деформируемых тел.</p>
	<p><b>2.1_М.ПК-1.</b> Способен собирать и анализировать данные о геометрии, физико-механическим характеристиках материалов элементов конструкции и температурно-силовым</p>	<p><b>Знать:</b> – способы сбора информации с помощью непосредственного измерения либо с использованием</p>

	<p>нагрузках.</p>	<p>информационных ресурсов.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осуществлять обработку информации о геометрии и физико-механических характеристиках, необходимых для постановки задачи стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современными программными средствами обработки экспериментальных данных.</li> </ul>
	<p><b>3.1_М.ПК-1.</b> Может разработать и обосновать новую математическую модель, предназначенную для расчета деформации заданной системы при действии заданных нагрузок.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные научные достижения в области стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сформулировать и обосновать новую математическую модель стационарной динамики деформируемого тела в соответствии с поставленной практической задачей.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа и обобщения современных научных достижений в области стационарной динамики деформируемых тел, научной терминологией и математическими методами, необходимыми для формулировки и обоснования новых модели в этой области.</li> </ul>
	<p><b>4.1_М.ПК-1.</b> Способен разработать новый метод решения задач о деформировании элемента конструкции под действием заданных нагрузок.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные научные достижения в области методов решения задач стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать новый метод</li> </ul>

		<p>решения задач стационарной динамики деформируемых тел.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа и обобщения современных научных достижений в области методов решения задач стационарной динамики деформируемых тел, научной терминологией и математическими методами, необходимыми для формулировки и обоснования нового метода решения задач в этой области.</li> </ul>
	<p><b>5.1_М.ПК-1.</b> Обладает навыками тестирования разработанных моделей и методов, верификации результатов расчета.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные допущения стационарной динамики деформируемых тел, пределы их применимости, асимптотические методы построения уточненных теорий распространения волн в пластинах и оболочках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оценить порядок погрешностей расчета по принятому методу для принятой модели.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками тестирования разработанных моделей путем сравнения с известными решениями для частных случаев, полученными другими методами.</li> </ul>
<p><b>ПК-2.</b> Способен к проведению теоретических и экспериментальных научных исследований в области механики деформируемого твердого тела</p>	<p><b>1.1_М.ПК-2.</b> Демонстрирует знание современных научных достижений в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные научные достижения в области теории упругости, теории колебаний и волн, стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul>
	<p><b>2.1_М.ПК-2.</b> Обладает навыками написания научных обзоров,</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– написать научный обзор, научную статью или</li> </ul>

	<p>публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</p>	<p>реферат по теме из области стационарной динамики деформируемых тел.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– научной терминологией стационарной динамики деформируемых тел на русском и английском языках.</li> </ul>
	<p><b>4.1_М.ПК-2.</b> Знает современные методы проведения экспериментальных исследований, владеет методами обработки результатов экспериментов в области математики, механики деформируемых тел, теории колебаний.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современные методы экспериментальных исследований в области стационарной динамики деформируемых тел (лазерная виброметрия, пьезоупругие сенсоры и др.).</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обработать данные экспериментальных исследований колебаний деформируемых тел с помощью современных методов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современными программными средствами обработки экспериментальных данных о колебаниях деформируемых упругих тел.</li> </ul>
<p><b>ПК-3.</b> Способен представлять результаты собственных исследований в области механики деформируемого твердого тела в форме отчета, доклада или научной статьи</p>	<p><b>1.1_М.ПК-3.</b> Владеет навыками представления результатов научных исследований и прикладных расчетов в строгих математических формулировках и в терминах механики.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– модели и уравнения теории упругости, теории колебаний, основные положения, уравнения и методы стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изложить результаты научных исследований в области стационарной динамики деформируемых тел в строгих математических формулировках и в терминах механики.</li> </ul>

		<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– научной терминологией стационарной динамики деформируемых тел.</li> </ul>
<p><b>ПК-4.</b> Способен к проведению расчетов деталей, узлов и отсеков конструкции на прочность и анализу их результатов</p>	<p><b>1.1_М.ПК-4.</b> Владеет основными методами прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также методом конечных элементов.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– модели, уравнения и методы решения задач стационарной динамики в рамках прикладных теорий стержней, пластин и оболочек.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решать задачи стационарной динамики в рамках прикладных теорий стержней, пластин и оболочек.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами решения задач стационарной динамики в рамках прикладных теорий стержней, пластин и оболочек.</li> </ul>
	<p><b>3.1_М.ПК-4.</b> Способен провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные допущения стационарной динамики деформируемых тел и пределы их применимости.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнить анализ численных результатов решения задачи стационарной динамики деформируемых тел с точки зрения соответствия напряженно-деформированного состояния требованиями практической задачи.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки предложений по изменению конструкции с целью лучшего соответствия напряженно-деформированного состояния требованиями практической задачи.</li> </ul>

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Стационарная динамика деформируемых тел»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, 16 часов практическая подготовка.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семestr	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия		КСР	СРС	Контроль	Всего	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка					
1	<b>Введение</b>	2	1	2	-	-	-	2	-	4	Устный опрос
2	<b>Основные понятия стационарной динамики деформируемых тел</b>	2	2-4	3	3	3	-	6	-	12	Устный опрос, проверка решения практических задач
2.1	Гармонические волны	2	2	1	1	1	-	2	-	4	Устный опрос, проверка решения практических задач
2.2	Плоские гармонические волны в неограниченной упругой среде	2	3	1	1	1	-	2	-	4	Устный опрос, проверка решения практических задач
2.3	Энергетические характеристики стационарных динамических процессов	2	4	1	1	1	-	2	-	4	Устный опрос, проверка решения практических задач
3	<b>Отражение гармонических упругих волн от плоской границы и поверхностные волны</b>	2	5-7	3	3	3	-	9	-	15	Устный опрос, проверка решения практических задач
3.1	Отражение от	2	5	1	1	1	-	3	-	5	Устный

	свободной границы										опрос, проверка решения практических задач
3.2	Отражение от границы с перекрестными граничными условиями	2	6	1	1	1	-	3	-	5	Устный опрос, проверка решения практических задач
3.3	Поверхностные упругие волны	2	7	1	1	1	-	3	-	5	Устный опрос, проверка решения практических задач
4	<b>Моды упругих волноводов</b>	<b>2</b>	<b>8-12</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>21</b>	<b>Контрольная работа</b>
4.1	Дисперсионные уравнения для плоского слоя, допускающие аналитическое решение	2	8	1	1	1	-	2	-	4	Устный опрос, проверка решения практических задач
4.2	Дисперсионные уравнения для плоского слоя, не допускающие аналитического решения	2	9-10	1	3	3	-	4	-	8	Устный опрос, проверка решения практических задач
4.3	Дисперсионные уравнения для волноводов ограниченного поперечного сечения	2	11-12	2	2	2	1	4	-	9	Устный опрос, проверка решения практических задач
5	<b>Колебания ограниченных тел. Метод однородных решений</b>	<b>2</b>	<b>13-14</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>Устный опрос, проверка решения практических задач</b>
6	<b>Краевые колебания упругих тел, связанные с существованием поверхностных волн</b>	<b>2</b>	<b>15-16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>Устный опрос, проверка решения практических задач</b>
7	<b>Промежуточная</b>	<b>2</b>		<b>-</b>	<b>-</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>Экзамен</b>

	<b>аттестация</b>										
8	<b>Общая трудоемкость дисциплины – <i>108 часов, 16 часов</i> <i>практическая подготовка</i></b>	<b>2</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	

## **Содержание дисциплины**

### **Раздел 1. Введение**

Понятие о гармонических колебаниях и гармонических волнах. Спектральный подход. Значение спектрального подхода в теоретических исследованиях и практических приложениях. Постановка динамических задач теории упругости. Типы динамических задач теории упругости. Типы граничных условий в краевых задачах теории упругости. Два типа волн в упругих телах.

### **Раздел 2. Основные понятия стационарной динамики деформируемых тел**

#### **2.1. Гармонические волны**

Период колебаний. Круговая частота. Фаза колебаний. Сдвиг фазы колебаний. Комплексная амплитуда. Гармоническая волна. Плоская гармоническая волна. Фазовая скорость. Волновое число. Длина волны. Дисперсия. Дисперсионное уравнение.

#### **2.2. Плоские гармонические волны в неограниченной упругой среде.**

Плоская гармоническая волна расширения. Плоская гармоническая волна сдвига. Поляризация. Модель плоской деформации. Модель антиплоской деформации.

#### **2.3. Энергетические характеристики стационарных динамических процессов**

Формулы для вычисления энергетических величин, усредненных по периоду. Вектор потока энергии (вектор Умова–Пойнтинга). Закон сохранения энергии в случае гармонических волн. Скорость переноса энергии гармонической волной. Групповая скорость. Принцип Мандельштама.

### **Раздел 3. Отражение гармонических упругих волн от плоской границы и поверхностные волны**

#### **3.1. Отражение от свободной границы**

Случай падения волны расширения на свободную границу. Случай падения волны сдвига на свободную границу.

#### **3.2. Отражение от границы с перекрестными граничными условиями**

Понятие о перекрестных граничных условиях. Случай падения волны расширения на границу с условиями скользящей заделки. Случай падения волны сдвига на границу с условиями скользящей заделки.

#### **3.3. Поверхностные упругие волны**

Понятие о неоднородных волнах. Поверхностная волна Рэлея. Уравнение для определения скорости волны Рэлея. Связь поверхностной волны Рэлея и процесса взаимодействия двух типов волн на свободной границе.

### **Раздел 4. Моды упругих волноводов**

#### **4.1. Дисперсионные уравнения для плоского слоя, допускающие аналитическое решение**

Моды плоского слоя, находящегося в условиях антиплюской деформации. Моды плоского слоя с перекрестными условиями на лицевых поверхностях, находящегося в условиях плоской деформации.

4.2. Дисперсионные уравнения для плоского слоя, не допускающие аналитического решения

Волны Лэмба. Дисперсионное уравнение Рэлея–Лэмба. Асимптотики в окрестности частот запирания. Асимптотики в окрестности нулевой частоты. Асимптотики на бесконечности.

4.3. Дисперсионные уравнения для волноводов ограниченного поперечного сечения

Моды сплошного кругового цилиндра. Моды полого кругового цилиндра. Свойства мод волновода произвольного поперечного сечения.

### **Раздел 5. Колебания ограниченных тел. Метод однородных решений**

Однородные решения и их свойства. Полнота системы однородных решений. Разложение по системе однородных решений. Методы составления разрешающей системы для определения коэффициентов разложения.

### **Раздел 6. Краевые колебания упругих тел, связанные с существованием поверхностных волн**

Понятие о явлении краевого резонанса. Связь явления краевого резонанса с поверхностными волнами. Аналитическое решение задачи о собственных краевых колебаниях полубесконечной полосы с перекрестными граничными условиями на боковых сторонах. Краевые колебания полуполосы со свободными боковыми сторонами: демпфирование распространяющимися модами, приближенное определение частот, установление существования бесконечного спектра частот краевых колебаний.

## **Практические занятия по дисциплине «Стационарная динамика деформируемых тел»**

Тема 1. Вывод простейших дисперсионных уравнений.

Тема 2. Моды плоского слоя, находящегося в условиях антиплюской деформации.

Тема 3. Моды плоского слоя с перекрестными граничными условиями на лицевых поверхностях, находящегося в условиях плоской деформации.

Тема 4. Асимптотики в окрестности частот запирания.

Тема 5. Асимптотики в окрестности нулевой частоты.

Тема 6. Асимптотики на бесконечности.

Тема 7. Примеры решения задач о собственных колебаниях ограниченных тел методом однородных решений.

Тема 8. Примеры решения задач о вынужденных колебаниях ограниченных тел методом однородных решений.

Тема 9. Собственные краевые колебания упругой полуполосы.

Тема 10. Явление краевого резонанса в упругой полуполосе.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

Для реализации компетентностного 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 задач из области стационарной динамики деформируемых тел.

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 «Стационарная динамика деформируемых тел»**

**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.

**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 «Стационарная динамика деформируемых тел» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольной работы на тему «Моды упругих волноводов».

***Примеры типовых заданий для контрольных работ***

**Контрольная работа «Моды упругих волноводов»**

**Задача 1**

Исследовать моды симметричных колебаний бесконечной полосы, находящейся в условиях антиплюской деформации, на сторонах которой ставятся условия свободного края.

**Задача 2**

Исследовать моды симметричных колебаний бесконечной полосы, находящейся в условиях плоской деформации, на сторонах которой ставятся перекрестные граничные условия вида:  $y = \pm h: u_1 = 0, \sigma_{33} = 0$ .

### **Задача 3**

Вывести дисперсионное уравнение для симметричных колебаний бесконечной полосы, находящейся в условиях плоской деформации, на сторонах которой ставятся условия жесткой заделки. Определить частоты запирания. Получить асимптотики в окрестности частот запирания и на бесконечности.

### **Задача 4**

Вывести дисперсионное уравнение для антисимметричных колебаний бесконечной полосы, находящейся в условиях плоской деформации, на сторонах которой ставятся условия свободного края. Получить асимптотику в окрестности нулевой частоты для фундаментальной моды.

### **Задача 5**

Исследовать осесимметричные моды круговой цилиндрической оболочки, используя для описания оболочки теорию тонких оболочек Кирхгофа–Лява.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Стационарная динамика деформируемых тел» проводится в форме экзамена во втором семестре.

#### ***Список вопросов к устному экзамену***

1. Понятие о гармонических колебаниях и гармонических волнах.
2. Спектральный подход.
3. Значение спектрального подхода в теоретических исследованиях и практических приложениях.
4. Постановка динамических задач теории упругости.
5. Типы динамических задач теории упругости.
6. Типы граничных условий в краевых задачах теории упругости.
7. Два типа волн в упругих телах.
8. Период колебаний.
9. Круговая частота.
10. Фаза колебаний.
11. Сдвиг фазы колебаний.
12. Комплексная амплитуда.
13. Гармоническая волна.
14. Плоская гармоническая волна.
15. Фазовая скорость.
16. Волновое число.
17. Длина волны.
18. Дисперсия.
19. Дисперсионное уравнение.
20. Плоская гармоническая волна расширения.
21. Плоская гармоническая волна сдвига.
22. Поляризация.
23. Модель плоской деформации.

24. Модель антиплоской деформации.
25. Формулы для вычисления энергетических величин, усредненных по периоду.
26. Вектор потока энергии (вектор Умова–Пойнтинга).
27. Закон сохранения энергии в случае гармонических волн.
28. Скорость переноса энергии гармонической волной.
29. Групповая скорость.
30. Принцип Мандельштама.
31. Случай падения волны расширения на свободную границу.
32. Случай падения волны сдвига на свободную границу.
33. Понятие о перекрестных граничных условиях.
34. Случай падения волны расширения на границу с условиями скользящей заделки.
35. Случай падения волны сдвига на границу с условиями скользящей заделки.
36. Понятие о неоднородных волнах.
37. Поверхностная волна Рэлея.
38. Уравнение для определения скорости волны Рэлея.
39. Связь поверхностной волны Рэлея и процесса взаимодействия двух типов волн на свободной границе.
40. Моды плоского слоя, находящегося в условиях антиплоской деформации.
41. Моды плоского слоя с перекрестными условиями на лицевых поверхностях, находящегося в условиях плоской деформации.
42. Волны Лэмба.
43. Дисперсионное уравнение Рэлея–Лэмба.
44. Асимптотики в окрестности частот запирания.
45. Асимптотики в окрестности нулевой частоты.
46. Асимптотики на бесконечности.
47. Моды сплошного кругового цилиндра.
48. Моды полого кругового цилиндра.
49. Свойства мод волновода произвольного поперечного сечения.
50. Однородные решения и их свойства.
51. Полнота системы однородных решений.
52. Разложение по системе однородных решений.
53. Методы составления разрешающей системы для определения коэффициентов разложения.
54. Понятие о явлении краевого резонанса.
55. Связь явления краевого резонанса с поверхностными волнами.
56. Аналитическое решение задачи о собственных краевых колебаниях полубесконечной полосы с перекрестными граничными условиями на боковых сторонах.
57. Краевые колебания полуполосы со свободными боковыми сторонами: демпфирование распространяющимися модами, приближенное определение

частот, установление существования бесконечного спектра частот краевых колебаний.

## **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
2	10	0	15	15	0	35	25	100

### **Программа оценивания учебной деятельности студента**

**2 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 – присутствовал на 1-3 лекциях;

1 балл – присутствовал на 4-7 лекциях;

2 балла – присутствовал на 8-11 лекциях;

3 балла – присутствовал на 12-16 лекциях;

4 балла – присутствовал на 17-18 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 15 баллов***

*Посещаемость – от 0 до 7 баллов:*

- 0 баллов – не посещал лекции или присутствовал на 1-2 практических занятиях;  
2 балла – присутствовал на 3-5 практических занятиях;  
4 балла – присутствовал на 6-10 практических занятиях;  
6 баллов – присутствовал на 11-16 практических занятиях;  
7 баллов – присутствовал на 17-18 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 8 баллов:*

- 0 баллов – не проявлял активности на практических занятиях;  
2 балла – проявил активность на 1-4 практических занятиях;  
4 балла – проявил активность на 5-9 практических занятиях;  
6 баллов – проявил активность на 10-16 практических занятиях;  
8 баллов – проявил активность на 17-18 практических занятиях.

***Самостоятельная работа – от 0 до 15 баллов***

- 0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;  
4 балла – 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 35 баллов***

- Контрольная работа оценивается от 0 до 35 баллов, в том числе:  
- правильность и степень самостоятельности постановки задачи – от 0 до 10 баллов;  
- правильность и степень самостоятельности решения – от 0 до 15 баллов;  
- правильность и степень самостоятельности анализа и интерпретации полученных результатов – от 0 до 10 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, максимальная возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Стационарная динамика деформируемых тел» составляет **100** баллов.

Таблица 2. Перерасчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Стационарная динамика деформируемых тел» в оценку

86-100 баллов	«отлично»
от 76 до 84 баллов	«хорошо»
от 60 до 75 баллов	«удовлетворительно»
0-59 баллов	«неудовлетворительно»

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Стационарная динамика деформируемых тел»**

*a) литература:*

1. Перунова М.Н. Колебания и волны : учеб. пособие / М.Н. Перунова. Оренбург: ОГУ, 2012. - ЭБС «IPRbooks».
2. Вильде М.В., Каплунов Ю. Д., Коссович Л. Ю. Краевые и интерфейсные резонансные явления в упругих телах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 280 с. - ЭБС IPRbooks.



*b) 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 «Стационарная динамика деформируемых тел»**

Для проведения занятий по дисциплине «Стационарная динамика деформируемых тел», предусмотренной учебным планом ООП магистратуры по направлению 01.04.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемого твердого тела», 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 01.04.03 «Механика и математическое моделирование» (профиль «Механика деформируемого твердого тела»).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 01.04.03 «Механика и математическое моделирование», профилю подготовки: «Механика деформируемого твердого тела».

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 10.10.2024 года, протокол № 5.