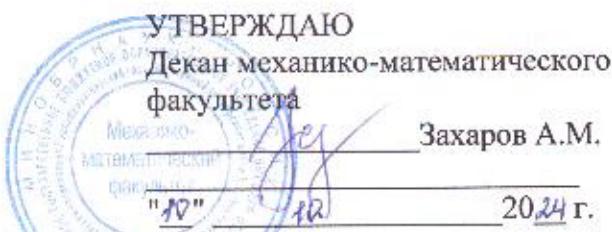


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Механико-математический факультет



**Рабочая программа дисциплины**

**ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ НАСЛЕДСТВЕННО-УПРУГИХ СИСТЕМ**

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	Анофрикова Н.С.		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**

Целью освоения дисциплины «Теория колебаний наследственно-упругих систем» является: знакомство с некоторыми видами задач о колебаниях наследственно-упругого слоя и сплошного цилиндра, а также с численными и аналитическими (точными и приближенными) методами, применяемыми при решении таких задач. Компетенции, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут понадобиться в научно-исследовательской, проектно-технологической деятельности выпускников магистратуры.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Теория колебаний наследственно-упругих систем» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к дисциплинам по выбору ООП магистратуры по направлению 01.04.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемого твердого тела». На ее изучение отводится 180 часов (38 часов контактной работы (в том числе: 18 часов – лекции, 18 часов – практика (из них – 18 часов – практическая подготовка), 2 часа КСР), 88 час СРС, 54 часа - контроль). Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в третьем семестре заканчивается экзаменом.

Изложение основ данного курса опирается на следующие дисциплины: «Механика сплошной среды», «Теория вязкоупругости», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы», «Уравнения математической физики», «Теория функций комплексного переменного», «Асимптотические методы в механике сплошной среды».

Знания и умения, полученные при изучении курса «Теория колебаний наследственно-упругих систем» могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской работы, при прохождении научно-производственной и преддипломной практик, при написании 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 основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;

<p>вырабатывать стратегию действий.</p>	<p>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра; – асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа проблемной ситуации, выявления составляющих задачи и связей между ними.</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 источники информации по теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> <li>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– находить асимптотические и численные методы для решения поставленной задачи;</li> <li>– определить в рамках выбранного метода вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке;</li> <li>– предложить метод решения поставленной задачи.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками поиска и подбора асимптотического и</li> </ul>

		<p>численного метода для решения поставленной задачи МСС.</p> <p><b>1.3_М.УК-1.</b> Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> <li>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</li> <li>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать стратегию для достижения поставленной цели при решении задач гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки стратегии для достижения поставленной цели при решении поставленных задач как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой</li> </ul>
--	--	--

		деятельности.
<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>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> <li>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</li> <li>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать концепцию проекта в рамках решения задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов, формулируя цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки концепции проекта при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов;</li> <li>– навыками формулировки цели, задач, актуальность, значимость (научной и практической), ожидаемых результатов и возможных сфер их применения.</li> </ul>
	<p><b>1.2_М.УК-2.</b> Способен видеть результат деятельности и планировать последовательность шагов для его достижения.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> </ul>

	<p>Формирует план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением.</p>	<p>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;  – асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– увидеть результат деятельности при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов;</p> <p>– планировать последовательность шагов для достижения результата;</p> <p>– сформировать план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками составления плана-графика реализации проекта и плана контроля за его выполнением при решении задач гармонических колебаний наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов.</p>
	<p><b>1.4_М.УК-2.</b> Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических семинарах и конференциях.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</p> <p>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</p> <p>– асимптотические и</p>

		<p>численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– публично представлять результаты проекта (или отдельных его этапов) при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов в форме отчетов, выступлений на научно-практических семинарах.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– публичного представления результатов проекта (или отдельных его этапов) при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов.</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>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> <li>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</li> <li>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– найти возможные пути внедрения в практику результатов проекта при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих</li> </ul>

		<p>систем с помощью асимптотических и численных методов.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками поиска возможных путей (алгоритмов) внедрения в практику результатов проекта и навыками внедрения в практику результатов проекта при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем с помощью асимптотических и численных методов.</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></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> <li>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</li> <li>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– находить, обобщать и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с поставленными задачами.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обобщения и творческого использования имеющегося опыта в соответствии с задачами саморазвития.</li> </ul>
	<p><b>1.2_М.УК-6.</b> Самостоятельно выявляет мотивы и стимулы для саморазвития, определяя реалистические цели профессионального роста.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– свои возможности по применению асимптотических и численных методов при решении задач о гармонических колебаниях</li> </ul>

		<p>наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельно мотивировать себя и стимулировать к саморазвитию;</li> <li>– определить реалистические цели профессионального роста.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками самостоятельной мотивации и стимулирования к саморазвитию;</li> <li>– навыками определения реалистических целей профессионального роста.</li> </ul>
	<p><b>1.3_М.УК-6.</b> Планирует профессиональную траекторию с учетом профессиональных особенностей, а также других видов деятельности и требований рынка труда.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы планирования профессиональной траектории.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– планировать профессиональную траекторию с учетом профессиональных особенностей, а также других видов деятельности и требований рынка труда.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– планирования профессиональной траектории с учетом профессиональных особенностей, а также других видов деятельности.</li> </ul>

	<p><b>1.4_М.УК-6.</b> Действует в условиях неопределенности, корректируя планы и шаги по их реализации с учетом имеющихся ресурсов.</p>	<p><b>Знать:</b>  – основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b>  – критически оценить эффективность реализации составленного плана, корректируя его и шаги по его реализации с учетом имеющихся ресурсов.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками деятельности в условиях неопределенности;  – навыками корректировки планов и шагов по их реализации с учетом имеющихся ресурсов.</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>  – постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;  – математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;  – асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b>  – правильно подобрать асимптотический и/или численный метод решения в зависимости от постановки задачи.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками подбора асимптотического и/или численного метода при решении задачи о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем в зависимости от имеющейся математической модели.</p>

	<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>  – основные асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b>  – разработать новый асимптотический и/или численный метод при решении задачи о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем в зависимости от имеющейся математической модели.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками разработки новых асимптотических и численных методов при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем в зависимости от имеющейся математической модели.</p>
	<p><b>5.1_М.ПК-1.</b> Обладает навыками тестирования разработанных моделей и методов, верификации результатов расчета</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b>  – протестировать построенную модель гармонических колебаний наследственно-упругой системы;  – установить непротиворечивость разработанного асимптотического и/или численного метода при решении задачи о гармонических колебаниях</p>

		<p>наследственно-упругой системы;</p> <p>– верифицировать результаты расчетов при применении асимптотических и/или численных методов при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками верификации результатов расчетов при применении асимптотических и численных методов при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p>
<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> <p>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</p> <p>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</p> <p>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– демонстрировать знание основных задач и математических моделей гармонических колебаний наследственно-упругих систем (слоя и цилиндра);</p> <p>– демонстрировать знание основных асимптотических и численных методов, применяемых при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-</p>

		<p>упругих систем.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками демонстрации знаний основных задач и математических моделей гармонических колебаний наследственно-упругих систем (слоя и цилиндра), а также применения асимптотических и численных методов к решению задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul>
	<p><b>2.1_М.ПК-2.</b> Обладает навыками написания научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные принципы написания научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– написать научный обзор, реферат по применению асимптотических и численных методов к решению задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем на русском и английском языках.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками написания научного обзора, реферата по применению асимптотических и численных методов к решению задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем на русском и английском языках.</li> </ul>
	<p><b>5.1_М.ПК-2.</b> Имеет опыт научно-исследовательской деятельности в области математики, механики деформируемых тел, теории</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории колебаний наследственно-упругих систем;</li> </ul>

	<p>колебаний.</p>	<p>– математические модели, гармонических колебаний наследственно-упругого слоя и цилиндра;</p> <p>– асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– применять известные асимптотические и численные методы к решению новых задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем;</p> <p>– модифицировать известные асимптотические и численные методы под конкретную задачу о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками проведения научно-исследовательской деятельности при применении асимптотических и численных методов к решению задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</p>
<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 деформируемого твердого тела.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>– основные понятия и термины теории гармонических колебаний наследственно-упругих систем;</p> <p>– основные понятия и термины теории асимптотических и численных методов.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– представлять результаты научных исследований и</p>

		<p>прикладных расчетов при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем асимптотическими и численными методами в строгих математических формулировках и в терминах механики деформируемого твердого тела.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками представления результатов научных исследований и прикладных расчетов в строгих математических формулировках и в терминах механики деформируемого твердого тела.</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>– основные асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем и области их применения.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять известные асимптотические и численные методы к решению новых задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными асимптотическими и численными методами при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем.</li> </ul>
	<p><b>3.1_М.ПК-4.</b> Способен провести анализ результатов</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные</li> </ul>

	<p>расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.</p>	<p>асимптотические и численные методы, применяемые при решении задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем и области их применения.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– провести анализ результатов расчетов, полученных асимптотическим и/или численным методом при исследовании задачи о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем и сформулировать рекомендации по доработке исследуемой конструкции.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа результатов расчетов, полученных асимптотическим и/или численным методом при исследовании задач о гармонических колебаниях наследственно-упругих систем;</li> <li>– навыками формулировки рекомендаций по доработке исследуемой конструкции.</li> </ul>
--	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

№ 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	<b>Введение</b>	3	1	1	-	-	-	2	-	3
2	<b>Основные понятия и уравнения наследственной теории упругости</b>	3	2-3	2	2	2	-	4	-	8
3	<b>Свободные гармонические колебания наследственно-упругого слоя</b>	3	4-11	8	9	9	2	42	-	61
3.1	Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого слоя	3	4	1	1	1	-	6	-	8
3.2	Вывод дисперсионного уравнения в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния	3	5	1	1	1	-	6	-	8

3.3	Вывод дисперсионного уравнения в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния	3	6	1	1	1	-	6	-	8
3.4	Численное решение дисперсионных уравнений	3	7	1	1	1	-	10	-	12
3.5	Асимптотики корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния	3	8-9	2	1	1	-	6	-	9
3.6	Асимптотики корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния	3	10	1	3	3	2	4	-	10
3.7	Асимптотика корней дисперсионного уравнения в случае больших частот	3	11	1	1	1	-	4	-	6
<b>4</b>	<b>Свободные гармонические колебания наследственно-упругого сплошного цилиндра</b>	<b>3</b>	<b>12-18</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>54</b>

4.1	Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого сплошного цилиндра	3	12	1	1	1	-	4	-	6
4.2	Вывод и численное решение дисперсионного уравнения	3	13-15	3	3	3	-	18	-	24
4.3	Асимптотические методы исследования дисперсионного уравнения	3	16-18	3	3	3	-	18	-	24
<b>5</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>3</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>Общая трудоемкость дисциплины – 180 часов</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>88</b>	<b>54</b>	<b>180</b>

## Содержание дисциплины

### 1. Введение

История появления и развития наследственной теории упругости. Основные понятия теории колебаний. Основные виды точных и приближенных методов, применяемых при решении задач теории колебаний наследственно-упругих систем. Роль численных и асимптотических методов в исследовании колебательных процессов в наследственно-упругих системах.

### 2. Основные понятия и уравнения наследственной теории упругости

Основные понятия линейной теории наследственной упругости. Принцип наследственности Больцмана-Вольтерра. Ядра наследственности. Резольвентные операторы. Интегральная форма определяющих соотношений вязкоупругости. Условие затухающей памяти. Ядро ползучести и ядро релаксации. Мгновенные и длительные модули упругости. Некоторые виды ядер, используемые в расчетах: экспоненциальное ядро, ядро в виде суммы экспонент, ядро Работнова Ю.Н., ядро Колтунова М.А., ядро Ржаницына А.Р.

Обобщение трехмерной модели упругого изотропного тела на случай наследственно-упругого поведения. Интегральные операторы Больцмана-Вольтерра. Соотношения наследственной теории упругости для материалов,

удовлетворяющих условию упругого объемного расширения. Интегральная форма трехмерных уравнений состояния.

### **3. Свободные гармонические колебания наследственно-упругого слоя**

3.1. Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого слоя

Определяющие уравнения в случае наследственно-упругого слоя. Граничные условия на лицевых поверхностях. Вид искомого решения. Вид наследственно-упругих операторов в случае гармонических колебаний.

3.2. Вывод дисперсионного уравнения в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния

3.3. Вывод дисперсионного уравнения в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния

3.4. Численное решение дисперсионных уравнений

Метод математического микроскопа. Применение метода математического микроскопа к решению дисперсионных уравнений в случае наследственно-упругого слоя.

Метод продолжения решения по параметру. Применение метода продолжения по параметру к решению дисперсионных уравнений в случае наследственно-упругого слоя.

Анализ численных решений. Влияние наследственности на поведение дисперсионных кривых.

3.5. Асимптотики корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния

Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния. Сравнение численного и асимптотического решений.

3.6. Асимптотики корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния

Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния. Сравнение численного и асимптотического решений.

3.7. Асимптотики корней дисперсионного уравнения в случае больших частот

Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения для больших частот. Сравнение численного и асимптотического решений.

#### **4. Свободные гармонические колебания наследственно-упругого сплошного цилиндра**

4.1. Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого сплошного цилиндра

4.2. Вывод и численное решение дисперсионного уравнения

Вывод дисперсионного уравнения для задачи растяжения-сжатия и изгибов в случае наследственно-упругого сплошного цилиндра. Вывод дисперсионного уравнения для задачи кручения в случае наследственно-упругого сплошного цилиндра.

Применение метода математического микроскопа к решению дисперсионных уравнений в случае наследственно-упругого сплошного цилиндра.

Применение метода продолжения по параметру к решению дисперсионных уравнений в случае наследственно-упругого сплошного цилиндра.

Анализ численных решений. Влияние наследственности на поведение дисперсионных кривых.

4.3. Асимптотические методы исследования дисперсионного уравнения

Построение асимптотик корней дисперсионных уравнений в окрестности нулевой частоты для задачи растяжения-сжатия и изгиба и задачи кручения. Сравнение численного и асимптотического решений.

### **Практические занятия по дисциплине «Теория колебаний наследственно-упругих систем»**

Тема 1. Интегральная форма определяющих соотношений наследственной теории упругости (2 часа).

Тема 2. Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого слоя (1 час).

Тема 3. Вывод дисперсионного уравнения в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния (1 час).

Тема 4. Вывод дисперсионного уравнения в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния (1 час).

Тема 5. Алгоритмы метода математического микроскопа и метода продолжения решения по параметру (1 час).

Тема 6. Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния (1 часа).

Тема 7. Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния (1 час).

Контрольная работа (2 часа).

Тема 8. Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения для больших частот (1 час).

Тема 9. Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого сплошного цилиндра (1 час).

Тема 10. Вывод и численное решение дисперсионного уравнения (3 часа).

Тема 11. Асимптотические методы исследования дисперсионных уравнений в случае (3 часа).

## **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 практической подготовки: решение задач практического характера, возникающих при моделировании поведения элементов конструкций, с помощью изучаемых методов;

4) 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 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.

Практическая подготовка осуществляется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В рамках изучения дисциплины «Теория колебаний наследственно-упругих систем» обучающиеся формируют первичные профессиональные умения и навыки по применению математических методов к построению и исследованию математических моделей, описывающих колебаниях наследственно-упругого слоя и сплошного цилиндра.

При проведении практической подготовки студенты решают задачи, направленные на формирование исследовательских умений и навыков. Прохождение практической подготовки будет способствовать повышению уровня логической культуры обучающихся, научит аргументировано рассуждать и доказывать, что позволит им более осознанно и эффективно осваивать все последующие математические дисциплины, формировать профессиональные компетенции.

Примеры профессиональных действий:умение работать с литературой;решение задач аналитического характера; оформление результатов исследовательских работ.

**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 колебаний наследственно-упругих систем» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольной работы по теме «Исследование свободных гармонических колебаний наследственно-упругого слоя». Примерные варианты контрольной работы содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Теория колебаний наследственно-упругих систем» проводится в форме экзамена.

**Список вопросов к устному экзамену**

1. История появления и развития наследственной теории упругости.
2. Основные понятия теории колебаний. Основные виды точных и приближенных методов, применяемых при решении задач теории колебаний наследственно-упругих систем.
3. Роль численных и асимптотических методов в исследовании колебательных процессов в наследственно-упругих системах.
4. Основные понятия линейной теории наследственной упругости. Принцип наследственности Больцмана-Вольтерра.
5. Ядра наследственности. Резольвентные операторы.
6. Интегральная форма определяющих соотношений вязкоупругости. Условие затухающей памяти.

7. Ядро ползучести и ядро релаксации. Мгновенные и длительные модули упругости.

8. Некоторые виды ядер, используемые в расчетах: экспоненциальное ядро, ядро в виде суммы экспонент, ядро Работнова Ю.Н., ядро Колтунова М.А., ядро Ржаницына А.Р.

9. Обобщение трехмерной модели упругого изотропного тела на случай наследственно-упругого поведения. Интегральные операторы Больцмана-Вольтерра.

10. Соотношения наследственной теории упругости для материалов, удовлетворяющих условию упругого объемного расширения.

11. Интегральная форма трехмерных уравнений состояния.

12. Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого слоя.

13. Вывод дисперсионного уравнения в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния

14. Вывод дисперсионного уравнения в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния

15. Метод математического микроскопа. Применение метода математического микроскопа к решению дисперсионных уравнений в случае наследственно-упругого слоя.

16. Метод продолжения решения по параметру. Применение метода продолжения по параметру к решению дисперсионных уравнений в случае наследственно-упругого слоя.

17. Влияние наследственности на поведение дисперсионных кривых.

18. Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае симметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния.

19. Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения в окрестности нулевой частоты в случае антисимметричного по нормальной координате напряженно-деформированного состояния.

20. Построение асимптотик корней дисперсионного уравнения для больших частот.

21. Постановка задачи о свободных гармонических колебаниях наследственно-упругого сплошного цилиндра

22. Вывод дисперсионного уравнения для задачи растяжения-сжатия и изгиба в случае наследственно-упругого сплошного цилиндра.

23. Вывод дисперсионного уравнения для задачи кручения в случае наследственно-упругого сплошного цилиндра.

24. Влияние наследственности на поведение дисперсионных кривых в случае сплошного цилиндра.

25. Построение асимптотик корней дисперсионных уравнений в окрестности нулевой частоты для задачи растяжения-сжатия и изгиба

26. Построение асимптотик корней дисперсионных уравнений в окрестности нулевой частоты для задачи кручения.

## 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
3	10	0	15	15	0	35	25

### Программа оценивания учебной деятельности студента

3 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 3-4 лекциях;

2 балла – присутствовал на 5-6 лекциях;

3 балла – присутствовал на 7-8 лекциях;

4 балла – присутствовал на 9 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 1-2 лекциях;

2 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 3-4 лекциях;

3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 5-6 лекциях;

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

5 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 8 лекциях;

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

#### ***Лабораторные занятия – 0 баллов***

*Не предусмотрены.*

### ***Практические занятия – от 0 до 15 баллов***

*Посещаемость – от 0 до 5 баллов:*

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

1 балл – присутствовал на 3-4 практических занятиях;

2 балла – присутствовал на 5-6 практических занятиях;

3 балла – присутствовал на 7 практических занятиях;

4 балла – присутствовал на 8 практических занятиях;

5 баллов – присутствовал на 9 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 10 баллов:*

0 баллов – не проявлял активности на практических занятиях;

2 балла – проявил активность на 1-2 практических занятиях;

4 балла – проявил активность на 3-4 практических занятиях;

6 баллов – проявил активность на 5-6 практических занятиях;

8 баллов – проявил активность на 7-8 практических занятиях

10 баллов – проявил активность на 9 практических занятиях.

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

0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;

3 балла – выполнено от 5% до 25% домашних заданий;

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

10 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 постановки задачи – от 0 до 5 баллов;

- правильность вывода дисперсионного уравнения – от 0 до 10 баллов;

- правильность решения двумерной задачи – от 0 до 15 баллов;

- правильность 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 3 семестр по дисциплине «Теория колебаний наследственно-упругих систем» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Теория колебаний наследственно-упругих систем» 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. Карлов Н.В. Колебания, волны, структуры / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 496 с.
2. Перунова, М.Н. Колебания и волны: учеб. пособие / М.Н. Перунова. - Оренбург : ОГУ, 2012. - ЭБС «IPRbooks».



## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения занятий по дисциплине «Теория колебаний наследственно-упругих систем», 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.

Местом проведения практической подготовки обучающихся в рамках часов, отведенных на практические занятия, является кафедра математической теории упругости и биомеханики.

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

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 10.10.2024 года, протокол № 5.

Рекомендуемая литература

1. Работнов, Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел [Текст] / Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
2. Ржаницын, А.Р. Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени [Текст] / А.Р. Ржаницын. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 252 с.
3. Анофрикова Н.С., Сергеева Н.В. Исследование гармонических волн в наследственно-упругом слое // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика, 2014, том 14, выпуск 3, с.321-328.
4. Анофрикова Н.С., Сергеева Н.В. Гармонические волны в наследственно-упругом слое: случай симметричного по нормальной координате НДС // Математика. Механика: сб. научн. тр. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2010.-Вып.12. - С. 122-126.
5. Барышев А.А., Лысункина Ю.В. О применении метода продолжения решения по параметру к анализу дисперсионных уравнений в системе Mathematica // Математика. Механика : сб. научн. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2013. Вып. 15. С. 108–111.