

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.  
"10" 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ВОЛНЫ В ВЯЗКОУПРУГИХ СИСТЕМАХ



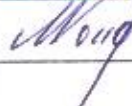
Направление подготовки магистратуры  
01.04.03 Механика и математическое моделирование

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 «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» является: знакомство с некоторыми видами задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, тонкостенных оболочках и тонких двухслойных пластинах, а также с точными и асимптотическими 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 «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» 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», «Уравнения математической физики», «Теория функций комплексного переменного», «Асимптотические методы в механике сплошной среды».

Знания и умения, полученные при изучении курса «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской работы, при прохождении научно-производственной и преддипломной практик, при написании магистерской работы.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции                              | Результаты обучения   |
|---|---|---|
| <b>УК-1.</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе | <b>1.1_М.УК-1.</b> Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи | <b>Знать:</b><br>– постановку основных задач теории распространения |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>системного подхода, вырабатывать стратегию действий.</p> | <p>между ними.</p>  | <p>нестационарных волн в вязкоупругих системах;<br/>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;<br/>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками анализа проблемной ситуации, выявления составляющих задачи и связей между ними.</p> |
|   | <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><br/>– основные источники информации по теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;<br/>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– находить асимптотические методы для решения поставленной задачи;<br/>– определить в рамках выбранного метода вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей детальной разработке;<br/>– предложить метод решения поставленной задачи.</p> |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками поиска и подбора асимптотического метода для решения поставленной задачи МСС.</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 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 распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать стратегию для достижения поставленной цели при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических 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</li> </ul> |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности.   |
| <b>УК-2.</b> Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. | <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><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработать концепцию проекта в рамках решения задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических 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 распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических методов;</li> <li>– навыками формулировки цели, задач, актуальность,</li> </ul> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>значимость (научной и практической), ожидаемых результатов и возможных сфер их применения.</p>   |
|  | <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>– постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– увидеть результат деятельности при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических методов;</li> <li>– планировать последовательность шагов для достижения результата;</li> <li>– сформировать план-график реализации проекта и план контроля за его выполнением при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических методов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками составления плана-графика реализации проекта и плана контроля за его выполнением при решении задач о распространении нестационарных волн в</li> </ul> |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических методов.   |
|  | <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> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– публично представлять результаты проекта (или отдельных его этапов) при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических 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 распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических 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 распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</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 распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических методов.</li> </ul> <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 распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках с помощью асимптотических 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 распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения</li> </ul>  |



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</p> <p>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– находить, обобщать и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с поставленными задачами.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– обобщения и творческого использования имеющегося опыта в соответствии с задачами саморазвития.</p>   |
|  | <p><b>1.2_М.УК-6.</b></p> <p>Самостоятельно выявляет мотивы и стимулы для саморазвития, определяя реалистические цели профессионального роста.</p> | <p><b>Знать:</b></p> <p>– свои возможности по применению асимптотических методов при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– самостоятельно мотивировать себя и стимулировать к саморазвитию;</p> <p>– определить реалистические цели профессионального роста.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками самостоятельной мотивации и стимулирования к саморазвитию;</p> <p>– навыками определения реалистических целей профессионального роста.</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <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><br/>– основы планирования профессиональной траектории.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– планировать профессиональную траекторию с учетом профессиональных особенностей, а также других видов деятельности и требований рынка труда.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– планирования профессиональной траектории с учетом профессиональных особенностей, а также других видов деятельности.</p>            |
|   | <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><br/>– основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– критически оценить эффективность реализации составленного плана, корректируя его и шаги по его реализации с учетом имеющихся ресурсов.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками деятельности в условиях неопределенности;<br/>– 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><br/>– постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;<br/>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;<br/>– асимптотические методы,</p>  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  |   | <p>применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– правильно подобрать асимптотический метод решения в зависимости от постановки задачи.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками подбора асимптотического метода при решении задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках 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><br/>– основные асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– разработать новый асимптотический метод при решении задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках в зависимости от имеющейся математической модели.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками разработки новых асимптотических методов при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках 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><br/>– основные асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– протестировать построенную модель распространения нестационарных волн в вязкоупругом стержне, пластине или оболочке;<br/>– установить непротиворечивость разработанного асимптотического метода при решении задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругом стержне, пластине или оболочке;<br/>– верифицировать результаты расчетов при применении асимптотических методов при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками верификации результатов расчетов при применении асимптотических методов при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> |
| <p><b>ПК-2.</b> Способен к проведению теоретических и экспериментальных научных исследований в области механики деформируемого твердого</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><br/>– постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</p>   |

|              |   |   |
|--------------|---|---|
| <p>тела.</p> |   | <p>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</p> <p>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– демонстрировать знание основных задач и математических моделей распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</p> <p>– демонстрировать знание основных асимптотических методов, применяемых при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками демонстрации знаний основных задач и математических моделей распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках, а также применения асимптотических методов к решению задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> |
|              | <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> <p>– основные принципы написания научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</p>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– написать научный обзор, реферат по применению асимптотических методов к решению задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках 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 методов к решению задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках 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 колебаний.</p> | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в вязкоупругих системах;</li> <li>– математические модели, распространения нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять известные асимптотические методы к решению новых задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</li> <li>– модифицировать</li> </ul> |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | <p>известные асимптотические методы под конкретную задачу о распространении нестационарных волн в вязкоупругом стержне, пластине или оболочке.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками проведения научно-исследовательской деятельности при применении асимптотических методов к решению задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</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><br/>– основные понятия и термины теории распространения волн в вязкоупругих системах;<br/>– основные понятия и термины теории асимптотических методов.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– представлять результаты научных исследований и прикладных расчетов при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках асимптотическими методами в строгих математических формулировках и в терминах механики деформируемого твердого тела.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– навыками представления результатов научных исследований и прикладных расчетов в строгих математических формулировках и в терминах механики</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | деформируемого твердого тела.  |
| <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><br/>– основные асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках и области их применения.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– применять известные асимптотические методы к решению новых задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> <p><b>Владеть:</b><br/>– основными асимптотическими методами при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках.</p> |
|   | <p><b>3.1_М.ПК-4.</b> Способен провести анализ результатов расчетов и сформулировать рекомендации по доработке конструкции.</p>          | <p><b>Знать:</b><br/>– основные асимптотические методы, применяемые при решении задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках и области их применения.</p> <p><b>Уметь:</b><br/>– провести анализ результатов расчетов, полученных асимптотическим методом при исследовании задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках и сформулировать рекомендации по доработке</p>  |



|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>исследуемой конструкции.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками анализа результатов расчетов, полученных асимптотическим методом при исследовании задач о распространении нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, пластинах и оболочках;</p> <p>– навыками формулировки рекомендаций по доработке исследуемой конструкции.</p> |
|--|--|--|

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

| №<br>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  | 3       | 1               | 1  | -                    | -                                | -   | 2  | -        | 3     |
| 2        | Основные понятия и уравнения линейной теории вязкоупругости | 3       | 2-3             | 2  | 2                    | 2                                | -   | 4  | -        | 8     |
| 3        | Нестационарные продольные волны в вязкоупругих стержнях     | 3       | 4-7             | 4  | 5                    | 5                                | -   | 24 | -        | 33    |

|     |  |          |             |          |          |          |          |           |          |           |
|-----|--|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| 3.1 | Постановка и точный метод решения задачи о распространении нестационарных продольных волн в вязкоупругом стержне | 3        | 4           | 1        | 2        | 2        | -        | 8         | -        | 11        |
| 3.2 | Метод расчленения напряженно-деформированного состояния на составляющие  | 3        | 5           | 1        | -        | -        | -        | -         | -        | 1         |
| 3.3 | Погранслой в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью   | 3        | 6           | 1        | 2        | 2        | -        | 6         | -        | 9         |
| 3.4 | Погранслой в окрестности фронта волны с длительной скоростью   | 3        | 7           | 1        | 1        | 1        | -        | 8         | -        | 10        |
| 4   | <b>Нестационарные волны в вязкоупругих тонкостенных оболочках</b>  | <b>3</b> | <b>8-15</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>2</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>52</b> |
| 4.1 | Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих оболочках                                 | 3        | 8           | 1        | 1        | 1        | -        | 2         | -        | 4         |
| 4.2 | Низкочастотные длинноволновые тангенциальные приближения трехмерных уравнений                                    | 3        | 9-10        | 2        | 2        | 2        | -        | 6         | -        | 10        |
| 4.3 | Низкочастотные длинноволновые поперечные приближения трехмерных уравнений  | 3        | 11          | 1        | -        | -        | -        | 4         | -        | 5         |
| 4.4 | Уравнения погранслоя в   | 3        | 12          | 1        | 2        | 2        | -        | 4         | -        | 7         |

|          |   |          |              |           |           |           |          |           |           |            |
|----------|---|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|
|          | окрестности квазифронта   |          |              |           |           |           |          |           |           |            |
| 4.5      | Уравнения погранслоя в окрестности фронта волны расширения  | 3        | 13           | 1         | -         | -         | -        | 6         | -         | 7          |
| 4.6      | Нестационарные волны при ударных продольных воздействиях тангенциального типа                       | 3        | 14           | 1         | 2         | 2         | 3        | 6         | -         | 12         |
| 4.7      | Нестационарные волны при продольных воздействиях изгибающего типа                                   | 3        | 15           | 1         | -         | -         | -        | 6         | -         | 7          |
| <b>5</b> | <b>Нестационарные волны в вязкоупругих тонких двухслойных пластинах</b>                             | <b>3</b> | <b>16-18</b> | <b>3</b>  | <b>3</b>  | <b>3</b>  | <b>-</b> | <b>24</b> | <b>-</b>  | <b>30</b>  |
| 5.1      | Постановка задачи о распространении нестационарных волн в тонких двухслойных вязкоупругих пластинах | 3        | 16           | 1         | 1         | 1         | -        | 2         | -         | 4          |
| 5.2      | Тангенциальные длинноволновые низкочастотные приближения трехмерных уравнений                       | 3        | 17           | 1         | 2         | 2         | -        | 10        | -         | 13         |
| 5.3      | Поперечные длинноволновые низкочастотные приближения трехмерных уравнений                           | 3        | 18           | 1         | -         | -         | -        | 12        | -         | 13         |
| <b>6</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>7</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 теории вязкоупругости. Основные понятия динамики тонкостенных конструкций. Основные виды точных и приближенных методов, применяемых при решении нестационарных задач. Роль асимптотических методов в исследовании нестационарных задач.

### **2. Основные понятия и уравнения линейной теории вязкоупругости**

Основные понятия линейной теории вязкоупругости. Простейшие модели вязкоупругих тел: модель Максвелла, модель Фойгта, модель стандартного вязкоупругого тела. Дифференциальная форма соотношений между напряжением и деформацией для простейших моделей (одномерный случай). Общий вид уравнений состояния – дифференциальная форма.

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.

Переход от дифференциальной формы соотношений линейной вязкоупругости к интегральной форме. Ядра ползучести и релаксации для простейших моделей вязкоупругого поведения. Переход от интегральной формы соотношений линейной вязкоупругости к дифференциальной форме.

Обобщение трехмерной модели упругого изотропного тела на случай вязкоупругого поведения. Интегральные операторы Больцмана-Вольтерра. Соотношения вязкоупругости для материалов, удовлетворяющих условию упругого объемного расширения. Дифференциальная форма трехмерных уравнений состояния для простейших вязкоупругих моделей.

### **3. Нестационарные продольные волны в вязкоупругих стержнях**

3.1. Постановка и точный метод решения задачи о распространении нестационарных продольных волн в вязкоупругом стержне

Основные понятия: стержень, ударная волна. Математическое моделирование ударной нагрузки. Постановка задачи о распространении нестационарной продольной волны в вязкоупругом стержне: полная система разрешающих уравнений, начальные условия, граничные условия. Понятие о мгновенной и длительной скоростях. Построение точного решения задачи с помощью метода интегрального преобразования Лапласа по переменной времени и метода контурного интегрирования. Анализ полученного решения.

3.2. Метод расчленения напряженно-деформированного состояния на составляющие

Идея метода расчленения напряженно-деформированного состояния на составляющие. Четыре зоны применимости различных видов асимптотик: зона квазиупругого решения, погранслоем в окрестности квазифронта, зона малоамплитудного решения, погранслоем в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью.

3.3. Погранслоем в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью

Асимптотика точного решения в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью. Вывод уравнения погранслоя в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью. Характеристические переменные. Решение уравнения погранслоя в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью. Сравнение результатов.

3.4. Погранслоем в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью

Асимптотика точного решения в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью. Вывод уравнения погранслоя в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью. Понятие о дробной производной. Характеристические переменные. Решение уравнения погранслоя в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью. Сравнение результатов.

#### **4. Нестационарные волны в вязкоупругих тонкостенных оболочках**

4.1. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих оболочках

Понятие о тонкостенных оболочках. Уравнения теории вязкоупругости в триортогональной криволинейной системе координат. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих оболочках вращения при ударных продольных воздействиях. Виды ударных продольных воздействий (продольное воздействие тангенциального типа, продольное воздействие изгибающего типа) и математическая запись соответствующих граничных условий. Расчленение нестационарного напряженно-деформированного состояния на составляющие с различными показателями изменчивости.

4.2. Низкочастотные длинноволновые тангенциальные приближения трехмерных уравнений

Выбор безразмерных переменных и безразмерных параметров. Введение асимптотик для компонент напряженно-деформированного состояния. Разделение уравнений на четные и нечетные части относительно нормальной координаты. Асимптотическое интегрирование безразмерных

уравнений и установление зависимостей неизвестных величин от нормальной координаты. Установление связи между безразмерными величинами. Запись двумерных уравнений в перемещениях и усилиях.

#### 4.3. Низкочастотные длинноволновые поперечные приближения трехмерных уравнений

Выбор безразмерных переменных и параметров. Введение асимптотик для компонент напряженно-деформированного состояния. Разделение уравнений на четные и нечетные части относительно нормальной координаты. Асимптотическое интегрирование безразмерных уравнений и установление зависимостей неизвестных величин от нормальной координаты. Установление связи между безразмерными величинами. Запись двумерных уравнений в перемещениях, усилиях и моментах.

#### 4.4. Уравнения погранслоя в окрестности квазифронта

Введение безразмерных переменных и представление искомых функций в виде тригонометрических рядов по окружной координате. Характеристические переменные. Выбор асимптотики напряженно-деформированного состояния. Разделение уравнений на четные и нечетные относительно нормальной координаты части. Установление зависимости неизвестных величин от нормальной координаты путем интегрирования безразмерных уравнений. Связь между безразмерными величинами. Запись двумерных уравнений для асимптотически главных компонент напряженно-деформированного состояния в перемещениях и усилиях.

#### 4.5. Уравнения погранслоя в окрестности фронта волны расширения

Введение безразмерных переменных и представление искомых функций в виде тригонометрических рядов по окружной координате. Характеристические переменные. Выбор асимптотики напряженно-деформированного состояния. Вывод уравнений погранслоя в окрестности фронта волны расширения.

#### 4.6. Нестационарные волны при ударных продольных воздействиях тангенциального типа

Схема расчленения нестационарного напряженно-деформированного состояния на составляющие в случае продольного воздействия тангенциального типа. Построение решения для двумерной безмоментной составляющей в случае цилиндрической оболочки с помощью метода интегрального преобразования Лапласа по переменной времени. Решение уравнений погранслоя в окрестности квазифронта с помощью интегрального преобразования Лапласа. Решение уравнений погранслоя в окрестности фронта волны расширения с помощью последовательного применения интегральных преобразований Лапласа по переменной времени и

интегрального синус- и косинус- преобразования Фурье по продольной координате.

#### 4.7. Нестационарные волны при ударных продольных воздействиях тангенциального типа

Схема расчленения нестационарного напряженно-деформированного состояния на составляющие в случае продольного воздействия изгибающего типа. Построение решения для двумерной изгибной составляющей в случае цилиндрической оболочки с помощью метода интегрального преобразования Лапласа по переменной времени. Решение уравнений погранслоя в окрестности фронта волны расширения с помощью последовательного применения интегральных преобразований Лапласа по переменной времени и интегрального синус- и косинус- преобразования Фурье по продольной координате.

### **5. Нестационарные волны в вязкоупругих тонких двухслойных пластинах**

#### 5.1. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в тонких вязкоупругих двухслойных пластинах

Понятие о тонких пластинах. Многослойные пластины. Виды ударных нагрузок на торец тонкой пластины и математическая запись соответствующих граничных условий. Граничные условия на стыке слоев. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих тонких двухслойных пластинах. Метод расчленения напряженно-деформированного состояния на составляющие.

#### 5.2. Тангенциальные длинноволновые низкочастотные приближения трехмерных уравнений

Выбор безразмерных переменных. Введение асимптотик для компонент напряженно-деформированного состояния. Асимптотическое интегрирование безразмерных уравнений и установление зависимостей неизвестных величин от нормальной координаты. Установление связи между безразмерными величинами. Запись двумерных уравнений в перемещениях и усилиях. Определение двумерной тангенциальной составляющей в задаче о действии ударной нагрузки тангенциального типа на торец вязкоупругой двухслойной пластины.

#### 5.3. Поперечные длинноволновые низкочастотные приближения трехмерных уравнений

Выбор безразмерных переменных. Введение асимптотик для компонент напряженно-деформированного состояния. Асимптотическое интегрирование безразмерных уравнений и установление зависимостей неизвестных величин от нормальной координаты. Установление связи между

безразмерными величинами. Запись двумерных уравнений в перемещениях, усилиях и моментах. Определение двумерной изгибной составляющей в задаче о действии ударной нагрузки изгибающего типа на торец вязкоупругой двухслойной пластины.

### **Практические занятия по дисциплине «Нестационарные волны в вязкоупругих системах»**

Тема 1. Дифференциальная и интегральная форма определяющих соотношений вязкоупругости (2 часа).

Тема 2. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругом стержне, точный метод решения (2 часа).

Тема 3. Вывод и решение уравнения погранслоя в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью (2 часа).

Тема 4. Вывод уравнения погранслоя в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью (1 час).

Тема 5. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих тонкостенных оболочках (1 час).

Тема 6. Низкочастотные длинноволновые тангенциальные приближения трехмерных уравнений теории вязкоупругости для случая тонкостенной оболочки (2 часа).

Тема 7. Вывод уравнения погранслоя в окрестности квазифронта в вязкоупругой оболочке (2 часа).

Тема 8. Построение решений двумерных уравнений в случае ударном продольном воздействии тангенциального типа (1 час).

Контрольная работа (2 часа).

Тема 9. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих двухслойных пластинах (1 час).

Тема 10. Вывод уравнений для двумерной тангенциальной составляющей в задаче о действии ударной нагрузки тангенциального типа на торец вязкоупругой двухслойной пластины (2 часа).

### **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 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 выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В рамках изучения дисциплины «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» обучающиеся формируют первичные профессиональные умения и навыки по применению математических методов к построению и исследованию математических моделей, описывающих распространение нестационарных волн в вязкоупругих стержнях, тонкостенных оболочках и тонких двухслойных пластинах, которые могут встретиться в будущей профессиональной деятельности.

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 «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольной работы по теме «Построение и исследование математических моделей, описывающих распространение

нестационарных волн в вязкоупругих тонкостенных оболочках». Примерные варианты контрольной работы содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» проводится в форме экзамена.

***Список вопросов к устному экзамену***

1. Основные понятия динамики тонкостенных конструкций. Основные виды асимптотических методов, применяемых при решении нестационарных задач. Роль асимптотических методов в исследовании нестационарных задач.
2. Основные понятия линейной теории вязкоупругости. Простейшие модели вязкоупругих тел: модель Максвелла, модель Фойгта, модель стандартного вязкоупругого тела. Дифференциальная форма соотношений между напряжением и деформацией для простейших моделей (одномерный случай). Общий вид уравнений состояния – дифференциальная форма.
3. Интегральная форма уравнений состояния в линейной теории вязкоупругости.
4. 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.
5. Связь между интегральной и дифференциальной формами соотношений вязкоупругости.
6. Связь между компонентами тензоров напряжений и деформаций для изотропной вязкоупругой среды.
7. Постановка и точный метод решения задачи о распространении нестационарных продольных волн в вязкоупругом стержне.
8. Метод расчленения напряженно-деформированного состояния на составляющие. Виды асимптотик.
9. Асимптотика точного решения в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью.
10. Вывод уравнения погранслоя в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью.
11. Решение уравнения погранслоя в окрестности фронта волны с мгновенной скоростью. Сравнение результатов с точным решением.
12. Асимптотика точного решения в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью.
13. Вывод уравнения погранслоя в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью.
14. Решение уравнения погранслоя в окрестности квазифронта волны с длительной скоростью. Сравнение результатов с точным решением.
15. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругих тонкостенных оболочках.
16. Расчленение нестационарного напряженно-деформированного состояния на составляющие с различными показателями изменчивости.

17. Алгоритм построения низкочастотных длинноволновых тангенциальных приближений трехмерных уравнений.

18. Алгоритм построения низкочастотных длинноволновых поперечных приближений трехмерных уравнений.

19. Алгоритм вывода уравнений погранслоя в окрестности квазифронта в случае тонкостенной вязкоупругой оболочки.

20. Алгоритм вывода уравнений погранслоя в окрестности фронта волны расширения в случае тонкостенной вязкоупругой оболочки.

21. Построение решения для двумерной безмоментной составляющей в случае цилиндрической оболочки с помощью метода интегрального преобразования Лапласа по переменной времени.

22. Решение уравнений погранслоя в окрестности квазифронта с помощью интегрального преобразования Лапласа.

23. Решение уравнений погранслоя в окрестности фронта волны расширения с помощью последовательного применения интегрального преобразований Лапласа по переменной времени и интегрального синус- и косинус- преобразования Фурье по продольной координате.

24. Построение решения для двумерной изгибной составляющей в случае цилиндрической оболочки с помощью метода интегрального преобразования Лапласа по переменной времени.

25. Решение уравнений погранслоя в окрестности фронта волны расширения с помощью последовательного применения интегрального преобразований Лапласа по переменной времени и интегрального синус- и косинус- преобразования Фурье по продольной координате.

26. Постановка задачи о распространении нестационарных волн в тонких вязкоупругих двухслойных пластинах. Виды ударных нагрузок на торец тонкой пластинки и математическая запись соответствующих граничных условий. Граничные условия на стыке слоев.

27. Алгоритм построения тангенциальных длинноволновых низкочастотных приближений трехмерных уравнений.

28. Алгоритм построения поперечных длинноволновых низкочастотных приближений трехмерных уравнений.

## 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 приближенных уравнений – 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 «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Нестационарные волны в вязкоупругих системах» 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. Коссович, Л.Ю. Асимптотические методы в динамике оболочек при ударных воздействиях [Текст] / Л.Ю. Коссович // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер.: Математика. Механика. Информатика. – 2008. – Т. 8. – Вып. 2. – С. 12-33. – ISSN 1814-733X, ISSN 1816-9791. ✓

2. Волны в сплошных средах : учеб. пособие / А. Г. Горшков [и др.]. - ✓ 10  
Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 467, [5] с.





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

Для проведения занятий по дисциплине «Нестационарные волны в вязкоупругих системах», 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. Бленд, Д. Теория линейной вязко-упругости [Текст] / Д. Бленд. – М.: Мир, 1965. – 200 с.
2. Кристенсен, Р. Введение в теорию вязкоупругости [Текст] / Р. Кристенсен. – М.: Мир, 1974. – 340 с.
3. Работнов, Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела [Текст] / Ю.Н. Работнов. – Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. испр. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. – 712 с.
4. Работнов, Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел [Текст] / Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
5. Ржаницын, А.Р. Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени [Текст] / А.Р. Ржаницын. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 252 с.
6. Анофрикова, Н.С. Низкочастотные длинноволновые приближения трехмерных динамических уравнений для случая двухслойной вязкоупругой пластины [Электронный ресурс] / Н.С. Анофрикова, М.В. Вильде // Вест. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. - 2012. - №4(29). С. 115-121. ISSN 1991-8615. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18764241>
7. Анофрикова, Н.С. Нестационарные продольные двумерные волны в вязкоупругой двухслойной пластине [Электронный ресурс] / Н.С. Анофрикова, М.В. Вильде // Математика. Механика: Сб. науч. тр. - Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2012. - Вып.14.- С. 94-97. ISSN 1609-4751. <http://nto.immpu.sgu.ru/node/6754>
8. Анофрикова Н.С., Коссович Л.Ю., Черненко В.П. Асимптотические методы построения решений в окрестностях фронтов волн в вязкоупругом стержне при больших значениях времени // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2005. Т. 5. Вып.1. С.82-89.
9. Бажанова Н.С., Коссович Л.Ю., Сухоловская М.С. Нестационарные волны в вязкоупругих оболочках: модель Максвелла // Известия вузов Сев.-Кавк. регион. Естественные науки. - 2000. - №2. - С. 17-24.