

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.

"28" 09 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В УПРУГИХ СИСТЕМАХ

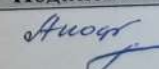
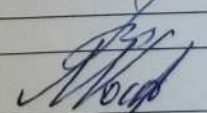
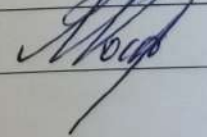
Направление подготовки бакалавриата  
01.03.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки бакалавриата  
Механика деформируемых тел и сред

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Анофрикова Н.С.		28.09.21
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		28.09.21
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		28.09.21
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Колебательные процессы в упругих системах» является: изучение основных понятий, гипотез и методов теории колебаний систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы, основных подходов к построению математических моделей различных упругих колебательных систем, применение изученных методов к моделированию колебательных процессов в элементах конструкций. Компетенции, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут понадобиться в научно-исследовательской и проектно-технологической деятельности выпускников бакалавриата.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Колебательные процессы в упругих системах» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к дисциплинам по выбору ООП бакалавриата по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемых тел и сред». На ее изучение отводится 144 часа (53 часа контактной работы (в том числе: лекции – 26 часов, практика – 26 часов, КСР – 1 час), 73 часа – СРС, 18 часов – контроль). Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в восьмом семестре заканчивается экзаменом.

Изложение основ данного курса опирается на следующие дисциплины обязательной части: «Теоретическая и прикладная механика», «Дифференциальные уравнения», «Математические модели в механике сплошной среды. Часть 1», а также на дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений: «Уравнения математической физики», «Сопротивление материалов», «Теория линейной упругости».

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

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	<b>1.1_Б.УК-1.</b> Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.	<b>Знать:</b> – постановку основных задач теории колебаний систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы; – основные этапы построения и исследования

		<p>моделей, описывающих колебания упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать задачи, выделяя ее базовые составляющие;</li> <li>– осуществлять декомпозицию задачи.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа задачи с выделением ее базовых составляющих.</li> </ul>
	<p><b>2.1_Б.УК-1.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные источники информации по теории колебаний упругих систем и ее применению к задачам механики;</li> <li>– способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории колебаний упругих систем и ее применению к задачам механики.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками критического анализа информации по применению теории колебаний упругих систем к задачам механики.</li> </ul>
	<p><b>3.1_Б.УК-1.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные аналитические методы решения задач систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оценить достоинства и недостатки различных вариантов решения задач при применении теории колебаний к моделированию</li> </ul>

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

		<p>– определить практические последствия решения задач в области применения теории колебаний к моделированию процессов в упругих системах;</p> <p>– оценить практические последствия решения задач в области применения теории колебаний к моделированию процессов в упругих системах.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками определения и оценивания практических последствий применения решений задач теории колебаний упругих систем при моделировании процессов в упругих системах.</p>
<p><b>УК-2.</b> Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p><b>1.1_Б.УК-2.</b> Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о колебаниях упругих систем;</p> <p>– основные математические модели теории колебаний упругих систем, применяемые в задачах механики, и методы их исследования.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– сформулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели;</p> <p>– определить ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками формулировки совокупности взаимосвязанных задач для достижения поставленной цели;</p> <p>– навыками определения ожидаемых результатов</p>

		<p>решения поставленных задач.</p>
	<p><b>2.1_Б.УК-2.</b> Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные аналитические методы решения задач теории колебаний упругих систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы;</li> <li>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о колебаниях упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– спроектировать решение конкретной задачи о колебаниях упругой системы с помощью методов теории колебаний, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проектирования решения задачи о колебаниях упругих систем и выбора оптимального метода решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</li> </ul>
	<p><b>3.1_Б.УК-2.</b> Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановку и методы решения основных задач теории колебаний упругих систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– правильно распределить время, выделенное на решение поставленной задачи;</li> <li>– решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</li> </ul>

		<p><b>Владеть:</b> – навыками постановки и решения задач в области применения теории колебаний к моделированию процессов в упругих системах за установленное время.</p>
	<p><b>4.1_Б.УК-2.</b> Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о колебаниях упругих систем; – основные математические модели теории колебаний упругих систем, применяемые в задачах механики, и методы их исследования.</p> <p><b>Уметь:</b> – публично представлять результаты решения конкретной задачи.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками публичного представления результатов решения конкретной задачи о колебаниях упругих систем.</p>
<p><b>УК-6.</b> Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.</p>	<p><b>1.1_Б.УК-6.</b> Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>	<p><b>Знать:</b> – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p><b>Уметь:</b> – применять имеющиеся ресурсы (личностные, ситуативные, временные и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками использования имеющихся ресурсов (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>

	<p><b>2.1_Б.УК-6.</b> Понимает важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> – планировать цели деятельности с учетом условий, имеющихся средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками планирования целей деятельности при решении задач о колебаниях биомеханических систем с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p><b>3.1_Б.УК-6.</b> Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> – реализовывать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками реализации намеченных целей деятельности при решении задач о колебаниях упругих систем с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p><b>4.1_Б.УК-6.</b> Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> – критически оценить эффективность использования времени и других ресурсов при</p>



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

		<p>физико-механическим характеристикам заданного элемента конструкции.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками первичного сбора и обработки исходных данных по геометрии и физико-механическим характеристикам заданного упругого элемента конструкции при моделировании колебательных процессов.</p>
	<p><b>3.1_Б.ПК-1.</b> Способен сформулировать и обосновать математическую модель, описывающую деформацию заданного элемента под действием заданных нагрузок.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные математические модели теории колебаний упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b> – построить математическую модель, описывающую колебательный процесс в упругом элементе конструкции.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками формулировки и обоснования применения построенной математической модели, описывающей колебательный процесс в упругом элементе конструкции.</p>
	<p><b>5.1_Б.ПК-1.</b> Способен оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета и экономии вычислительных ресурсов.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные математические модели теории колебаний упругих систем и области их применения.</p> <p><b>Уметь:</b> – оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета при решении поставленной задачи.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками оценки эффективности применения различных моделей колебательных процессов в</p>

		упругих системах к точности расчета для конкретных элементов конструкций.
<p><b>ПК-2.</b> Способен к проведению расчетов поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях с использованием прикладных приближенных теорий и метода конечных элементов.</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-2.</b> Знает основные методы решения задач прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также основы теории метода конечных элементов.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные методы решения задач теории колебаний упругих систем.</p> <p><b>Уметь:</b> – подобрать правильный метод решения задачи о колебаниях упругих элементов конструкций в зависимости от построенной математической модели.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками подбора методов решения задачи о колебаниях упругих элементов конструкций в зависимости от построенной математической модели.</p>
	<p><b>2.1_Б.ПК-2.</b> Способен получить и реализовать решение задачи о деформировании элемента конструкции под действием заданной нагрузки в случаях, когда задача допускает аналитическое решение.</p>	<p><b>Знать:</b> – аналитические методы решения задач теории колебаний упругих систем и ограничения по их применению.</p> <p><b>Уметь:</b> – получить решение поставленной задачи выбранным аналитическим методом.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками применения точных и приближенных аналитических методов решения задач к исследованию колебательных процессов в упругих элементах конструкций.</p>
	<p><b>5.1_Б.ПК-2.</b> Может провести верификацию полученных результатов и самостоятельно сформулировать выводы на основе анализа проведенных расчетов.</p>	<p><b>Знать:</b> – приемы верификации полученных результатов.</p> <p><b>Уметь:</b> – провести верификацию и сформулировать выводы на</p>

		<p>основе анализа полученных результатов.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками верификации полученных результатов и самостоятельной формулировки выводов на основе анализа проведенных расчетов.</li> </ul>
<p><b>ПК-4.</b> Способен проводить экспериментальные исследования в области механики деформируемых тел (сред) и анализировать их результаты</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-4.</b> Знает основные методы экспериментальных исследований в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные методы экспериментальных исследований, используемые при решении задач о колебаниях упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить первичный сбор и анализ данных о методах экспериментальных исследований, применяемых при решении конкретной задачи;</li> <li>– оценивать достоинства и недостатки применяемых методов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками сбора и анализа данных о методах экспериментальных исследований, применяемых при решении задач о колебаниях упругих систем.</li> </ul>
	<p><b>5.1_Б.ПК-4.</b> Способен самостоятельно обнаружить закономерности в результатах проведенных экспериментальных исследований, сопоставить их с результатами других исследователей и теоретическими предсказаниями.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные методы экспериментальных исследований, используемые при решении задач о колебаниях упругих систем.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обнаружить закономерности в результатах экспериментальных исследований,</li> <li>– сопоставлять результаты полученных решений с результатами, других</li> </ul>

		исследователей. <b>Владеть:</b> – навыками установления закономерностей в полученных решениях, – сопоставления полученных результатов с результатами других исследователей.
--	--	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							
				лекции	Практические занятия		КСР	СР	контроль	всего	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка					
1	Введение в теорию колебаний	8	1	2	-	-	-	4	-	6	У
2	Колебания систем с конечным числом степеней свободы	8	2-4	6	6	-	-	28	-	40	У
2.1	Линейные колебания системы с одной степенью свободы	8	2	2	2	-	-	8	-	12	У
2.2	Нелинейные колебания системы с одной степенью свободы	8	3	2	2	-	-	10	-	14	У

2.3	Малые гармонические колебания систем несколькими степенями свободы	8	4	2	2	-	-	10	-	14	У п р п з
3	<b>Колебания систем бесконечным числом степеней свободы (колебания упругих стержней)</b>	<b>8</b>	<b>5-10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	-	-	<b>28</b>	-	<b>56</b>	У о п р п з к р
3.1	Основные понятия и гипотезы	8	5	2	-	-	-	4	-	6	У п р п з
3.2	Продольные колебания стержней	8	6-7	4	8	-	-	8	-	20	У п р п з
3.3	Крутильные колебания стержней	8	8	2	2	-	-	8	-	12	У п р п з
3.4	Поперечные колебания стержней (колебания изгиба)	8	9-10	4	6	-	-	8	-	18	У п р п з
4	<b>Колебания тонких пластинок</b>	<b>8</b>	<b>11-13</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	-	<b>1</b>	<b>13</b>	-	<b>24</b>	У о п р п з
5	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>8</b>		-	-	-	-	-	<b>18</b>	<b>18</b>	Э
6	<b>Общая трудоемкость дисциплины – 144 часа</b>	<b>8</b>		<b>26</b>	<b>26</b>	-	<b>1</b>	<b>73</b>	<b>18</b>	<b>144</b>	

### Содержание дисциплины

## 1. Введение в теорию колебаний

Краткий исторический очерк развития теории колебаний. Общие задачи и содержание теории. Основные понятия теории колебаний.

### 2. Колебания систем с конечным числом степеней свободы

#### 2.1. Линейные колебания системы с одной степенью свободы

Свободные колебания систем с одной степенью свободы без учета сопротивления среды. Свободные колебания системы с одной степенью свободы с учетом сопротивления среды. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без учета сопротивления среды. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с учетом сопротивления среды.

#### 2.2. Нелинейные колебания систем с одной степенью свободы

Виды нелинейных колебаний в зависимости от вида восстанавливающей функции. Псевдогармонические колебания. Квазигармонические колебания.

#### 2.3. Малые гармонические колебания механической системы со многими степенями свободы

Понятие обобщенных координат. Понятие связей механической системы. Понятие о голономных связях. Уравнения Лагранжа второго рода. Кинетическая и потенциальная энергия системы. Понятие обобщенной силы. Малые гармонические колебания механической системы со многими степенями свободы. Уравнения амплитуд. Уравнение частот. Определение частоты основного тона. Понятие главных обобщенных координат. Выражения для потенциальной и кинетической энергии системы в главных координатах. Пример построения математической модели, описывающей малые гармонические колебания системы со многими степенями свободы. Понятие формы колебания. Определение узлового сечения.

### 3. Колебания систем с бесконечным числом степеней свободы (колебания упругих стержней)

#### 3.1. Основные понятия и гипотезы

Основные понятия, допущения и гипотезы. Основные виды колебаний стержней.

#### 3.2. Продольные колебания стержней

Вывод уравнения свободных колебаний упругого стержня с прямолинейной осью. Основные и не основные виды граничных условий. Постановка задач о свободных продольных колебаниях упругих стержней. Определение собственных частот и собственных функций для основных видов граничных условий. Примеры исследования свободных продольных

колебаний упругих стержней в случае граничных условий основного вида. Свободные колебания стержня с грузом на конце.

Вынужденные продольные колебания стержней. Постановка задачи. Два метода решения задачи. Вынужденные колебания стержня постоянного сечения под действием сосредоточенной переменной растягивающей силы.

### 3.3. Крутильные колебания стержней

Вывод уравнения крутильных колебаний. Граничные и начальные условия. Примеры определения собственных частот в случае крутильных колебаний стержней.

### 3.4. Поперечные колебания стержней (колебания изгиба)

Вывод уравнения поперечных колебаний. Граничные и начальные условия. Постановка задач о свободных поперечных колебаниях упругих стержней. Теорема (об ортогональности собственных функций). Определение собственных частот и собственных функций для основных случаев закрепления концов стержня: 1) оба конца оперты; 2) концы стержня жестко закреплены; 3) оба конца свободны; 4) один конец стержня жестко заделан, а второй свободен. Влияние растягивающих или сжимающих сил на собственные частоты поперечных колебаний стержней.

Вынужденные поперечные колебания упругих стержней. Два метода исследования вынужденных поперечных колебаний.

Приближенные методы определения частот собственных колебаний стержня. Метод Рэлея. Метод Ритца. Теорема о минимуме собственной частоты. Метод наложения (метод переноса масс). Примеры применения приближенных методов к решению задач о поперечных колебаниях упругих стержней.

## 4. Колебания тонких пластинок

Основные допущения и формулы. Дифференциальные уравнения и граничные условия при анализе колебаний тонких прямоугольных пластин. Свободные колебания тонких прямоугольных пластин. Колебания тонких прямоугольных пластин с шарнирно закрепленным контуром. Колебания тонких пластин, две противоположные кромки которых свободно оперты по контуру. Приближенное определение первой частоты колебаний тонких прямоугольных пластин. Приближенный способ определения частот свободных колебаний прямоугольных тонких пластин. Колебания круглой тонкой пластины.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

**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 «Колебательные процессы в упругих 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 математической модели, описывающей колебания упругой системы с бесконечным числом степеней свободы». Примерные варианты контрольной работы содержатся в фонде оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Колебательные процессы в упругих системах» проводится в форме экзамена.

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

1. Понятие о статических и динамических нагрузках. Предмет теории колебаний. Понятие колебательной системы.

2. Определение колебаний. Понятие свободных и вынужденных колебаний. Понятие о числе степеней свободы колебательной системы.

3. Понятие восстанавливающей силы, квазиупругой восстанавливающей силы. Понятие о линейных колебаниях. Понятие о гармонических колебаниях.

4. Примеры и математические модели свободных колебаний систем с одной степенью свободы без учета сопротивления среды. Понятие амплитуды колебания, начальной фазы колебания, циклической частоты колебания (собственной частоты колебания), периода колебания.

5. Свободные колебания с учетом сопротивления среды. Понятие коэффициента сопротивления, циклической частоты затухающих колебаний. Соотношение между частотой собственных колебаний и циклической частотой затухающих колебаний, периодом колебаний с учетом сопротивления среды и периодом колебаний без учета сопротивления среды.

6. Вынужденные колебания без учета сопротивления среды. Понятие биения. Понятие резонанса. Условие возникновения резонанса.

7. Вынужденные колебания с учетом сопротивления среды.

8. Понятие нелинейных колебаний. Виды нелинейных колебаний. Общий вид уравнений нелинейных колебаний.

9. Псевдогармонические колебания. Пример псевдогармонических колебаний.

10. Квазигармонические колебания. Пример квазигармонических колебаний.

11. Понятие обобщенных координат. Понятие связей механической системы. Понятие о голономных связях. Уравнения Лагранжа второго рода. Кинетическая и потенциальная энергия системы. Понятие обобщенной силы.

12. Малые гармонические колебания механической системы со многими степенями свободы. Уравнения амплитуд. Уравнение частот. Определение частоты основного тона.

13. Понятие главных обобщенных координат. Выражения для потенциальной и кинетической энергии системы в главных координатах.

14. Пример построения математической модели, описывающей малые гармонические колебания системы со многими степенями свободы. Понятие формы колебания. Определение узлового сечения.

15. Основные понятия, гипотезы и допущения теории колебаний упругих стержней. Основные виды колебаний упругих стержней.

16. Свободные продольные колебания стержня с прямолинейной осью: построение математической модели, метод исследования.

17. Построение и исследование математической модели, описывающей свободные продольные колебания стержня, у которого один конец жестко закреплен.

18. Построение и исследование математической модели, описывающей свободные продольные колебания однородного стержня, у которого оба конца жестко закреплены.

19. Построение и исследование математической модели, описывающей свободные продольные колебания однородного стержня, у которого оба конца свободны.

20. Построение и исследование математической модели, описывающей свободные колебания стержня, у которого один конец защемлен, а другой свободен.

21. Построение и исследование математической модели, описывающей свободные колебания стержня с грузом на конце.

22. Вынужденные продольные колебания стержней. Постановка задачи. Два метода решения задачи.

23. Построение и исследование математической модели, описывающей вынужденные колебания стержня постоянного сечения под действием сосредоточенной переменной растягивающей силы.

24. Крутильные колебания стержней. Вывод уравнений. Граничные и начальные условия.

25. Построение и исследование математической модели, описывающей крутильные колебания вала с дисками (с учетом массы вала).

26. Поперечные колебания стержней (колебания изгиба). Вывод уравнения поперечных колебаний. Граничные и начальные условия.

27. Построение и исследование математической модели, описывающей свободные поперечные колебания однородного стержня постоянного сечения.

28. Теорема (об ортогональности собственных функций).

29. Определение собственных частот и собственных функций для случая, когда оба конца стержня оперты.

30. Определение собственных частот и собственных функций для случая, когда концы стержня жестко закреплены.

31. Определение собственных частот и собственных функций для случая, когда оба конца стержня свободны.

32. Определение собственных частот и собственных функций для случая, когда один конец стержня жестко заделан, а второй свободен.

33. Влияние растягивающих или сжимающих сил на собственные частоты поперечных колебаний стержней. Пример (балка с шарнирно закрепленными концами). Понятие критической нагрузки.

34. Вынужденные поперечные колебания стержня. Построение математической модели. Два метода исследования вынужденных поперечных колебаний упругих стержней.

35. Пример (вынужденные колебания балки под действием равномерно распределенной нагрузки).

36. Пример (определение прогиба балки под действием переменной сосредоточенной силы).

37. Приближенные методы определения частот собственных колебаний стержня. Метод Рэлея. Пример (определение частоты основного тона балки с опертыми концами).

38. Приближенные методы определения частот собственных колебаний стержня. Метод Ритца. Теорема о минимуме собственной частоты. Пример (определение частоты основного тона для клинообразной консоли).

39. Приближенные методы определения частот собственных колебаний стержня. Метод наложения (метод переноса масс). Пример (определение частоты основного тона для балки переменного сечения).

40. Основные допущения и формулы теории колебания упругих пластинок.

41. Дифференциальные уравнения и граничные условия при анализе колебаний тонких прямоугольных пластин.

42. Свободные колебания тонких прямоугольных пластин.

43. Колебания тонких прямоугольных пластин с шарнирно закрепленным контуром.

44. Колебания тонких пластин, две противоположные кромки которых свободно оперты по контуру.

45. Приближенное определение первой частоты колебаний тонких прямоугольных пластин.

46. Приближенный способ определения частот свободных колебаний прямоугольных тонких пластин.

47. Колебания круглой тонкой пластины.

## 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
8	10	0	20	20	0	25	25

### Программа оценивания учебной деятельности студента

8 семестр

#### *Лекции – от 0 до 10 баллов*

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

*Посещаемость – от 0 до 4 баллов:*

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

1 балл – присутствовал на 3-5 лекциях;

2 балла – присутствовал на 6-8 лекциях;

3 балла – присутствовал на 9-11 лекциях;

4 балла – присутствовал на 12-13 лекциях.

*Активность (участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др.) – от 0 до 6 баллов:*

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

1 балл – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 1-3 лекциях;

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

- 3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 6-7 лекциях;
- 4 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 8-9 лекциях;
- 5 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 10-11 лекциях;
- 6 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 12-13 лекциях.

***Лабораторные занятия – 0 баллов***

*Не предусмотрены.*

***Практические занятия – от 0 до 20 баллов***

*Посещаемость – от 0 до 8 баллов:*

- 0 баллов – не посещал практические занятия или присутствовал на 1-2 практических занятиях;
- 2 балла – присутствовал на 3-5 практических занятиях;
- 4 балла – присутствовал на 6-8 практических занятиях;
- 6 баллов – присутствовал на 9-11 практических занятиях;
- 8 баллов – присутствовал на 12-13 практических занятиях.

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

- 0 баллов – не проявлял активности на практических занятиях;
- 3 балла – проявил активность на 1-3 практических занятиях;
- 6 баллов – проявил активность на 4-6 практических занятиях;
- 9 баллов – проявил активность на 7-9 практических занятиях;
- 12 баллов – проявил активность на 10-13 практических занятиях.

***Самостоятельная работа – от 0 до 20 баллов***

- 0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;
- 5 баллов – выполнено от 5% до 25% домашних заданий;
- 10 баллов – выполнено от 26% до 50% домашних заданий;
- 15 баллов – выполнено от 51% до 75% домашних заданий;
- 20 баллов – выполнено от 76% до 100% домашних заданий.

***Автоматизированное тестирование – 0 баллов***

*Не предусмотрено.*

***Другие виды учебной деятельности – от 0 до 25 баллов***

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

- правильность постановки задачи – от 0 до 5 баллов;
- правильность решения – 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 8 семестр по дисциплине «Колебательные процессы в упругих системах» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Колебательные процессы в упругих 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

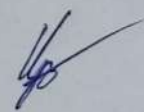
а) литература:

1. Анофрикова Н.С. Колебания упругих стержней. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов механико-математического факультета Саратовского государственного университета / Н. С. Анофрикова; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - Саратов: [б. и.], 2014. - 45 с. <http://library.sgu.ru> ID 1111. ✓

2. Алдошин Г.Т. Теория линейных и нелинейных колебаний [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. Т. Алдошин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 320 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4640> – ЭБС «ЛАНЬ». ✓

3. Гаврилов А.А. Колебания тонкостенных металлоконструкций: монография / А.А. Гаврилов. - Оренбург; ОГУ, 2017. – 162 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/159700> – ЭБС «ЛАНЬ». ✓

4. Бабаков И.М. Теория колебаний: учеб. пособие / И. М. Бабаков. - 4-е изд., испр. -М. Дрофа, 2004. ✓





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

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

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

- специализированные классы, предназначенные для проведения практических занятий;

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

- электронная библиотека;

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

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

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

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