

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
НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ВОЛНЫ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ

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	Вильде М.В.		28.09.2021
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		28.09.2021
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		28.09.2021
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Нестационарные волны в элементах конструкций» является ознакомление студентов с закономерностями распространения нестационарных упругих волн, возникающих в элементах конструкций при приложении динамических нагрузок, и с современными математическими методами решения динамических задач теории упругости для тонкостенных упругих тел.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Нестационарные волны в элементах конструкций» 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 (51 час аудиторной работы, 1 час КСР, 38 часов СРС, 54 часа – контроль). В соответствии с учебным планом, занятия проводятся в седьмом семестре. Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в седьмом семестре заканчивается экзаменом.

Дисциплина «Нестационарные волны в элементах конструкций» связана с дисциплинами: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Комплексный анализ», «Аналитическая геометрия», «Уравнения математической физики», «Плоская задача теории упругости», в результате изучения которых студент должен знать теоретические основы дифференциального и интегрального исчисления, методов алгебры, дифференциальных уравнений, уравнений математической физики. Студент должен уметь дифференцировать, интегрировать, решать системы линейных и нелинейных уравнений, аналитически решать дифференциальные уравнения и задачи математической физики.

Знания и умения, полученные студентами при изучении дисциплины «Нестационарные волны в элементах конструкций», используются в дисциплинах: «Теория изгиба анизотропных пластин», «Колебательные процессы в упругих системах», «Пакеты прикладных программ», а также при прохождении учебных практик и выполнении выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для	1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет	Знать: – постановку основных задач теории распространения нестационарных волн в

<p>решения поставленных задач.</p>	<p>декомпозицию задачи.</p>	<p>элементах конструкций; – основные этапы построения и исследования моделей, описывающих распространение нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – анализировать задачи, выделяя ее базовые составляющие; – осуществлять декомпозицию задачи.</p> <p>Владеть: – навыками анализа задачи с выделением ее базовых составляющих.</p>
	<p>2.1_Б.УК-1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p>Знать: – основные источники информации по теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций; – способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>Владеть: – навыками критического анализа информации по применению теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций к практическим задачам.</p>
	<p>3.1_Б.УК-1. Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и</p>	<p>Знать: – основные аналитические методы решения задач о распространении нестационарных волн в</p>

	недостатки.	<p>элементах конструкций.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оценить достоинства и недостатки различных вариантов решения задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками выбора оптимального решения для поставленной задачи.
	<p>4.1_Б.УК-1. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные положения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций и их обоснование. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки в области применения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций; – отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками формирования собственных суждений и оценок в области применения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций; – навыками грамотного, логичного и аргументированного изложения своей позиции по вопросам применения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций.
	<p>5.1_Б.УК-1. Определяет и оценивает практические</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные математические модели теории

	<p>последствия возможных решений задачи.</p>	<p>распространения нестационарных волн в элементах конструкций и методы их исследования.</p> <p>Уметь: – определить практические последствия решения задач в области применения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций; – оценить практические последствия решения задач в области применения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Владеть: – навыками определения и оценивания практических последствий применения решений задач распространения нестационарных волн в элементах конструкций к моделированию поведения реальных объектов.</p>
<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>1.1_Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p>Знать: – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций; – основные математические модели теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций и методы их исследования.</p> <p>Уметь: – сформулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели; – определить ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>Владеть:</p>

		<p>– навыками формулировки совокупности взаимосвязанных задач для достижения поставленной цели;</p> <p>– навыками определения ожидаемых результатов решения поставленных задач.</p>
	<p>2.1_Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>Знать:</p> <p>– основные аналитические методы решения задач распространении нестационарных волн в элементах конструкций;</p> <p>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь:</p> <p>– спроектировать решение конкретной задачи о распространении нестационарных волн в элементах конструкций, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками проектирования решения задачи о распространении нестационарных волн в элементах конструкций и выбора оптимального метода решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p>
	<p>3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>	<p>Знать:</p> <p>– постановку и методы решения основных задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь:</p> <p>– правильно распределить</p>

		<p>время, выделенное на решение поставленной задачи;</p> <p>– решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками постановки и решения задач в области применения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций за установленное время.</p>
	<p>4.1_Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p>Знать:</p> <p>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций;</p> <p>– основные математические модели теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций и методы их исследования.</p> <p>Уметь:</p> <p>– публично представлять результаты решения конкретной задачи.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками публичного представления результатов решения конкретной задачи о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p>
<p>УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.</p>	<p>1.1_Б.УК-6. Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>	<p>Знать:</p> <p>– свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь:</p> <p>– применять имеющиеся ресурсы (личностные, ситуативные, временные и т.д.) для успешного выполнения порученной</p>

		<p>работы.</p> <p>Владеть: – навыками использования имеющихся ресурсов (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>
	<p>2.1_Б.УК-6. Понимает важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – планировать цели деятельности с учетом условий, имеющихся средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками планирования целей деятельности при решении задач о распространении нестационарных волн с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p>3.1_Б.УК-6. Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – реализовывать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками реализации намеченных целей деятельности при решении задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций с учетом условий, средств, личностных возможностей,</p>

		временной перспективы развития деятельности.
	<p>4.1_Б.УК-6. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – критически оценить эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p> <p>Владеть: – навыками корректировки плана в зависимости от эффективности использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>
	<p>5.1_Б.УК-6. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p>	<p>Знать: – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь: – видеть предоставленные возможности.</p> <p>Владеть: – способностью к использованию предоставляемых возможностей для приобретения новых знаний и навыков.</p>
<p>ПК-1. Способен составлять математические модели для расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.</p>	<p>1.1_Б.ПК-1. Демонстрирует знание классических уравнений механики и математической физики, основных инженерных теорий деформирования стержней, пластин и оболочек.</p>	<p>Знать: – классические уравнения механики и математической физики, основные положения, уравнения и методы теории распространения нестационарных волн в</p>

		<p>элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – подобрать и сформулировать в соответствии с поставленной задачей классические уравнения механики и математической физики, основные положения и уравнения теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Владеть: – научной терминологией и математическими методами, необходимыми для постановки задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-1. Способен осуществить сбор и обработку исходных данных по геометрии и физико- механическим характеристикам заданного элемента конструкции.</p>	<p>Знать: – основные способы сбора и обработки информации.</p> <p>Уметь: – осуществлять сбор и обработку данных о геометрии и физико- механических характеристиках элементов конструкций, подверженных нестационарным динамическим нагрузкам.</p> <p>Владеть: – навыками получения путем непосредственного измерения либо использования информационных ресурсов данных о геометрических и физико-механических характеристик, необходимых для расчета распространения нестационарных волн в элементах конструкций, и методами их обработки.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-1. Способен сформулировать и</p>	<p>Знать: – основные модели распространения</p>

	<p>обосновать математическую модель, описывающую деформацию заданного элемента под действием заданных нагрузок.</p>	<p>нестационарных волн в элементах конструкций и области их применения.</p> <p>Уметь: – выбрать, сформулировать и обосновать математическую модель распространения нестационарных волн в элементах конструкций в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и обобщения существующего опыта решения задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций, научной терминологией и математическими методами, необходимыми для составления и обоснования модели распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p>
	<p>4.1_Б.ПК-1. Способен составить конечно-элементную модель на основании данных о геометрии, физико-механических свойствах и нагружении элемента конструкции.</p>	<p>Знать: – основные положения метода конечных элементов и принципы работы современных программных пакетов, особенности применения метода конечных элементов при расчете распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – сформулировать математическую постановку задачи о распространения нестационарных волн в элементах конструкций в терминах метода конечных элементов.</p> <p>Владеть: – навыками представления постановки задачи о распространении</p>

		<p>нестационарных волн в элементах конструкций в различных формах, в том числе и в форме, подходящей для конечно-элементной реализации.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-1. Способен оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета и экономии вычислительных ресурсов.</p>	<p>Знать: – основные гипотезы теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций и пределы их применимости, асимптотические методы теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций, методы построения уточненных теорий распространения волн.</p> <p>Уметь: – определить порядок погрешностей расчета, связанных с погрешностями применяемой модели и вычислительными погрешностями.</p> <p>Владеть: – навыками определения пределов применимости и погрешности моделей распространения нестационарных волн в элементах конструкций, оценки вычислительных погрешностей и степени затраты вычислительных ресурсов при использовании известных методов решения задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p>
<p>ПК-2. Способен к проведению расчетов поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях с использованием прикладных приближенных теорий и метода конечных элементов.</p>	<p>1.1_Б.ПК-2. Знает основные методы решения задач прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также основы теории метода конечных элементов.</p>	<p>Знать: – методы аналитического и численного решения задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций, математические методы, необходимые для решения таких задач.</p> <p>Уметь:</p>

		<p>– выбрать метод решения задачи о распространении нестационарных волн в элементах конструкций в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками оценки применимости того или иного метода решения задачи о распространении нестационарных волн в элементах конструкций для решения поставленной практической задачи.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-2. Способен получить и реализовать решение задачи о деформировании элемента конструкции под действием заданной нагрузки в случаях, когда задача допускает аналитическое решение.</p>	<p>Знать:</p> <p>– основные задачи теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций, допускающие аналитическое решение, постановки и методы решения таких задач.</p> <p>Уметь:</p> <p>– получить аналитическое решение задачи о распространении нестационарных волн в элементах конструкций и реализовать его с использованием современных программных пакетов.</p> <p>Владеть:</p> <p>– методами математического анализа и теории дифференциальных уравнений в частных производных в применении к задачам о распространении нестационарных волн в элементах конструкций, современной вычислительной техникой.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-2. Способен построить и реализовать конечно-элементную расчетную схему с применением современных</p>	<p>Знать:</p> <p>– области и пределы применимости одномерных и двумерных теорий распространения</p>

	<p>программных комплексов.</p>	<p>нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – оценить возможность применения одномерной либо двумерной теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций и замены трехмерной сетки конечных элементов на двумерную или одномерную с применением оболочечных или балочных элементов.</p> <p>Владеть: – навыками аналитического решения задач теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций и тестирования конечно-элементной расчетной схемы путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p>4.1_Б.ПК-2. Способен подобрать и обосновать разбиение конструкции на конечные элементы, проанализировать влияние размеров сетки на точность расчетов.</p>	<p>Знать: – основные выводы общей теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций о характере изменчивости напряженно-деформированного состояния в зависимости от формы тела и приложенных нагрузок, случаи появления быстро изменяющихся напряженных состояний, теории погранслоев в окрестности квазифронта и фронтов волн расширения и сдвига.</p> <p>Уметь: – качественно описать поведение напряженно-деформированного состояния элемента конструкции заданной формы под действием</p>

		<p>заданной нестационарной динамической нагрузки.</p> <p>Владеть: – навыками аналитического решения задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций и определения погрешности конечно-элементной расчетной схемы, в том числе влияния размеров сетки, путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-2. Может провести верификацию полученных результатов и самостоятельно сформулировать выводы на основе анализа проведенных расчетов.</p>	<p>Знать: – научную литературу в области теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций, общие закономерности поведения напряженно-деформированного состояния стержня, пластины или оболочки при действии нестационарной нагрузки.</p> <p>Уметь: – оценить достоверность полученного решения путем сравнения с решениями аналогичных задач, полученными другими исследователями, сравнения решений одной и той же задачи, полученных разными методами, сопоставления полученного решения с общими физическими закономерностями и имеющимся практическим опытом.</p> <p>Владеть: – навыками выявления качественных характеристик поведения нестационарного напряженно-</p>

		деформированного состояния элемента конструкции по количественным данным расчетов, формулировки выводов по полученным результатам, необходимой для этого научной и технической терминологией.
<p>ПК-5. Способен подготовить планы исследований в области механики деформируемых тел (сред) и рекомендации по практическому применению научных результатов</p>	<p>1.1_Б.ПК-5. Обладает навыками поиска, анализа и обобщения научно-технической информации в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p>Знать: – основные методы и способы сбора, обработки, анализа и обобщения информации в области задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – находить и систематизировать источники для сбора информации в области задач о распространении нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и обобщения имеющейся научно-технической информации о процессах распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-5. Может разработать план научно-исследовательской деятельности в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и международного опыта.</p>	<p>Знать: – цели, задачи и этапы научно-исследовательской деятельности в области исследования процессов распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p> <p>Уметь: – сформулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности для случая конкретной практической задачи, составить примерный план.</p> <p>Владеть:</p>

		<p>– научно-технической терминологией, необходимой для грамотного составления планов научно-исследовательской деятельности в области задач о распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-5. Способен определить возможность применения известных результатов научных исследований для заданной практической цели и сформулировать рекомендации по внедрению.</p>	<p>Знать: – основные положения и пределы применимости одномерных и двумерных теорий распространения нестационарных волн в элементах конструкций, основные методы расчета на прочность по данным о напряженном состоянии элемента конструкции.</p> <p>Уметь: – оценить возможность применения результатов научных исследований для заданной практической цели с точки зрения применимости используемой теории, точности метода расчета и других параметров.</p> <p>Владеть: – навыками определения соответствия между требованиями практики и возможностями теории распространения нестационарных волн в элементах конструкций.</p>

4. Структура и содержание дисциплины «Нестационарные волны в элементах конструкций»

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)							Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия		КСР	СРС	Контроль	Всего	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка					
1	Основные закономерности распространения и отражения упругих волн	7	1	2	2	-	-	1	-	5	Устный опрос
2	Методы решения задач о распространении нестационарных упругих волн в стержнях	7	2-6	10	10	-	-	5	-	25	Устный опрос, проверка решения практических задач
3	Распространение гармонических волн в слое конечной толщины	7	7-8	4	4	-	-	4	-	12	Контрольная работа
4	Задача о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины. Применение интегральных преобразований Лапласа и Фурье	7	9-12	8	8	-	-	5	-	21	Устный опрос, проверка решения практических задач
5	Применение метода расчленения НДС к задачам о распространении нестационарных волн в оболочках	7	13-17	10	10	-	1	6	-	27	Контрольная работа
6	Промежуточная аттестация	7	-	-	-	-	-	-	54	54	Экзамен
7	Общая трудоемкость дисциплины – 144 часа	7		34	34	-	1	21	54	144	

Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные закономерности распространения и отражения упругих волн.

Волны расширения и сдвига в неограниченной упругой среде. Отражение упругих волн от жестко заземленной границы полупространства. Отражение упругих волн от свободной границы полупространства.

Уравнение распространения продольных волн в стержнях. Отражение продольных волн в стержнях от закрепленного торца. Отражение продольных волн в стержнях от свободного торца. Прохождение продольной волны через границу раздела свойств материала.

Раздел 2. Методы решения задач о распространении нестационарных упругих волн в стержнях.

Постановка задачи о деформировании стержня конечной длины при ударном нагружении. Интегральное преобразование Лапласа. Основные теоремы теории интегрального преобразования Лапласа. Решение задачи в изображениях. Обращение изображения методом разложения подынтегральной функции в ряд.

Вывод уточненного уравнения продольных колебаний. Решение уточненного уравнения продольных колебаний в окрестности квазифронта.

Классическое уравнение динамического изгиба. Уточнение уравнения динамического изгиба путем учета поперечных сдвигов и инерции вращения нормального элемента. Решение задачи о динамическом изгибе полубесконечного стержня на основе классической теории с использованием преобразования Лапласа. Недостатки классических уравнений. Решение задачи о динамическом изгибе полубесконечного стержня на основе уточненной теории с использованием преобразования Лапласа.

Раздел 3. Распространение гармонических волн в слое конечной толщины.

Гармонические волны. Моды. Круговая частота, длина волны, волновое число, период колебаний, фаза колебаний. Фазовая и групповая скорости. Дисперсия. Дисперсионные уравнения и дисперсионные кривые.

Вывод дисперсионных уравнений Рэлея–Лэмба. Свойства корней уравнений Рэлея–Лэмба. Асимптотики корней.

Раздел 4. Задача о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины (трехмерная теория упругости). Применение интегральных преобразований Лапласа и Фурье.

Постановка задачи о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины в рамках трехмерной теории упругости. Применение интегральных преобразований Лапласа и Фурье. Решение задачи о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины в изображениях. Получение выражения для изображения продольного усилия.

Разложение по модам решения задачи о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины. Метод

стационарной фазы. Оценка интегралов в разложении решения. Качественный анализ полученного решения.

Раздел 5. Применение метода расчленения НДС к задачам о распространении нестационарных волн в оболочках.

Расчленение волнового напряженно-деформированного состояния. Уравнения безмоментной составляющей. Уравнения моментной составляющей. Динамический погранслои (плоский и антиплоский). Алгоритмы построения НДС при различных видах торцевых воздействий.

Действие нормального усилия. Действие сдвигающего усилия. Действие изгибающего момента. Асимптотические методы определения безмоментной и моментной составляющих, а также динамического погранслоя. Области согласования.

Темы практических занятий по дисциплине «Нестационарные волны в элементах конструкций»

1. Отражение упругих волн от границы полупространства.
2. Распространение продольных волн в стержнях.
3. Интегральное преобразование Лапласа. Основные теоремы теории интегрального преобразования Лапласа.
4. Методы обращения изображений при применении преобразования Лапласа.
5. Решение задач о динамическом изгибе стержней.
6. Дисперсионные уравнения Рэлея–Лэмба. Асимптотический анализ корней.
7. Метод стационарной фазы. Разложение по модам.
8. Распространение нестационарных волн в оболочках.

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 «Нестационарные волны в элементах конструкций»

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения научно-технической информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

Самостоятельная аудиторная работа студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; выполнения контрольных работ; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

Текущий контроль усвоения дисциплины «Нестационарные волны в элементах конструкций» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольных работ на темы «Распространение и отражение упругих волн» и «Преобразование Лапласа и его применение при решении задач о распространении нестационарных волн».

Примеры типовых заданий для контрольной работы на тему:
«Распространение и отражение упругих волн»

Задача 1

Вывести дисперсионное уравнение для гармонических волн в балке Тимошенко и исследовать его.

Задача 2

Изучить отражение плоских продольной и поперечной волн от границы полупространства, если на границе ставятся условия скользящей заделки:

$$\text{при } z = 0: \sigma_{xz} = 0, w = 0.$$

Примеры типовых заданий для контрольной работы на тему:
«Преобразование Лапласа и его применение при решении задач о распространении нестационарных волн»

Задача 1

Получить решение в оригиналах задачи о динамическом изгибе стержня по классической теории изгиба стержней в случае следующих граничных условий:

$$\text{при } x = 0: \frac{\partial w}{\partial x} = 0, Q = Q_0 H(t).$$

Задача 2

Получить решение в изображениях задачи о динамическом изгибе стержня по теории Тимошенко в случае следующих граничных условий:

$$\text{при } x = 0: M = 0, Q = Q_0 H(t).$$

Используя метод прифронтной асимптотики, получить решение в окрестности фронтов волн. Исследовать, на фронте какой из двух волн распространяется разрыв деформаций.

Задача 3

Решить, применяя преобразование Лапласа, задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Нестационарные волны в элементах конструкций» проводится в форме экзамена в седьмом семестре.

Список вопросов к устному экзамену

1. Волны расширения и сдвига в неограниченной упругой среде.
2. Отражение упругих волн от жестко заземленной границы полупространства.
3. Отражение упругих волн от свободной границы полупространства.
4. Уравнение распространения продольных волн в стержнях.
5. Отражение продольных волн в стержнях от закрепленного торца.
6. Отражение продольных волн в стержнях от свободного торца.
7. Прохождение продольной волны через границу раздела свойств материала.
8. Постановка задачи о деформировании стержня конечной длины при ударном нагружении.
9. Интегральное преобразование Лапласа.
10. Основные теоремы теории интегрального преобразования Лапласа.
11. Решение задачи в изображениях.
12. Обращение изображения методом разложения подынтегральной функции в ряд.
13. Вывод уточненного уравнения продольных колебаний.
14. Решение уточненного уравнения продольных колебаний в окрестности квазифронта.
15. Классическое уравнение динамического изгиба.
16. Уточнение уравнения динамического изгиба путем учета поперечных сдвигов и инерции вращения нормального элемента.
17. Решение задачи о динамическом изгибе полубесконечного стержня на основе классической теории с использованием преобразования Лапласа.
18. Недостатки классических уравнений.
19. Решение задачи о динамическом изгибе полубесконечного стержня на основе уточненной теории с использованием преобразования Лапласа.

20. Гармонические волны.
21. Моды.
22. Круговая частота, длина волны, волновое число, период колебаний, фаза колебаний.
23. Фазовая и групповая скорости.
24. Дисперсия.
25. Дисперсионные уравнения и дисперсионные кривые.
26. Вывод дисперсионных уравнений Рэлея–Лэмба.
27. Свойства корней уравнений Рэлея–Лэмба.
28. Асимптотики корней.
29. Постановка задачи о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины в рамках трехмерной теории упругости.
30. Применение интегральных преобразований Лапласа и Фурье.
31. Решение задачи о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины в изображениях.
32. Получение выражения для изображения продольного усилия.
33. Разложение по модам решения задачи о действии ударного продольного усилия на торец полубесконечной пластины.
34. Метод стационарной фазы.
35. Оценка интегралов в разложении решения.
36. Качественный анализ полученного решения.
37. Расчленение волнового напряженно-деформированного состояния.
38. Уравнения безмоментной составляющей.
39. Уравнения моментной составляющей.
40. Динамический погранслои (плоский и антиплоский).
41. Алгоритмы построения НДС при различных видах торцевых воздействий.
42. Действие нормального усилия.
43. Действие сдвигающего усилия.
44. Действие изгибающего момента.
45. Асимптотические методы определения безмоментной и моментной составляющих, а также динамического погранслоя.
46. Области согласования.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	10	0	15	16	0	34	25	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции – от 0 до 10 баллов

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

Посещаемость – от 0 до 4 баллов:

0 баллов – присутствовал на 1-3 лекциях;

1 балл – присутствовал на 4-7 лекциях;

2 балла – присутствовал на 8-11 лекциях;

3 балла – присутствовал на 12-16 лекциях;

4 балла – присутствовал на 17-18 лекциях.

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

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

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

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

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

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

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

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

Лабораторные занятия – 0 баллов

Не предусмотрены.

Практические занятия – от 0 до 15 баллов

Посещаемость – от 0 до 7 баллов:

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

2 балла – присутствовал на 3-5 практических занятиях;

4 балла – присутствовал на 6-10 практических занятиях;

6 баллов – присутствовал на 11-16 практических занятиях;

7 баллов – присутствовал на 17-18 практических занятиях.

Активность (самостоятельность при решении задач, правильность решения задач, участие в обсуждении решений, поиск и устранение ошибок в решениях, допущенных другими участниками образовательного процесса) – от 0 до 8 баллов:

0 баллов – не проявлял активности на практических занятиях;

2 балла – проявил активность на 1-4 практических занятиях;

4 балла – проявил активность на 5-9 практических занятиях;

6 баллов – проявил активность на 10-16 практических занятиях;

8 баллов – проявил активность на 17-18 практических занятиях.

Самостоятельная работа – от 0 до 15 баллов

0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;

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

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

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

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

Автоматизированное тестирование – 0 баллов

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности – от 0 до 34 баллов

Контрольная работа оценивается от 0 до 17 баллов, в том числе:

- правильность и степень самостоятельности постановки задачи – от 0 до 5 баллов;

- правильность и степень самостоятельности решения – от 0 до 7 баллов;

- правильность и степень самостоятельности 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 7 семестр по дисциплине «Нестационарные волны в элементах конструкций» составляет **100** баллов.

Таблица 2. Перерасчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Нестационарные волны в элементах конструкций» в оценку

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

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Нестационарные волны в элементах конструкций»

а) литература:

1. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры [Электронный ресурс] / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496 с.: ил. - ISBN 978-5-9221-0205-6.

<http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-9221-0205-6>

2. Дубнищев Ю.Н. Колебания и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие / Дубнищев Ю.Н. - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. - 328 с. - ISBN 5-94087-106-2: Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

3. Коссович Л.Ю. Асимптотические методы в динамике оболочек при ударных воздействиях. Известия Саратовского университета. 2008. Сер. Математика. Механика. Информатика. Вып. 2. С. 12-33.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)

2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)

3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Нестационарные волны в элементах конструкций»

а) литература:

1. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 496 с.: ил. - ISBN 978-5-9221-0205-6. ✓
2. Дубнищев Ю.Н. Колебания и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие / Дубнищев Ю.Н. - Новосибирск: Сибирское университетское издательство. - 328 с. - ISBN 5-94087-106-2; Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks 2017. ✓
3. Коссович Л.Ю. Асимптотические методы в динамике оболочек при ударных воздействиях. Известия Саратовского университета. 2008. Сер. Математика. Механика. Информатика. Вып. 2. С. 12-33. ✓

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)
2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)
3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).