

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование, производство и эксплуатация стартовых систем
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	диф. зач.
4	8	3	108	26	13	13	0	82	0	0	82	экз.
ВСЕГО		6	216	77	47	30	0	139	0	0	139	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ _____

Мелихов Кирилл Владиславович, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс _____

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-7.4 — способность применять методики расчета элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ на прочность, устойчивость, жесткость, а также проводить динамические расчеты элементов, узлов и агрегатов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-7.4

знания:

на уровне представления знать типовые постановки задач термоупругости, особенности прочностных расчетов в условиях термостатического нагружения;

на уровне воспроизведения знать простейшие методы расчета напряженно-деформированного состояния типовых элементов конструкции при термо-механических воздействиях;

на уровне понимания знать основные уравнения термоупругости, аналитические и численные методы их решения;

умения:

теоретические: использовать изученные методы для решения прикладных задач термпрочности и термоупругости;

практические: определять напряжения, деформации и перемещения элементов конструкции при действии стационарных и нестационарных температурных нагрузок, оценивать прочность конструкции при воздействии данных факторов;

навыки:

проведения прикладных расчетов термпрочности типовых конструкций;

анализа результатов расчетов термпрочности и термоупругости.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕРМОДИНАМИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-7.4
4	7	Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термopрочности. Источники температурного нагружения технических си-стем. Виды напряженно-деформированного состояния. Классификация задач термоупругости. Поведение материалов при повышенных температурах. Методы решения задач термopрочности и термоупругости систем.	33	17	17	0	16	25
4	7	Раздел 2. Термopрочность и термоупругость стержневых и балочных систем. Температурные напряжения в стержнях. Уравнение равновесия стержня под действием температурного нагружения Теория температурного изгиба балок. Основные допущения, уравнения равновесия. Уравнение упругой линии, граничные условия Аналитическое решение уравнения упругой линии балки под воздействием температурного нагружения. Решение уравнения упругой линии балки для температурного нагружения методом Бубнова-Галеркина. Особенности метода конечных элементов для решения задач термоупругости. Конечно-элементное решение задачи термоупругости для стержней и балок.	75	34	17	17	41	25
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	50
4	8	Раздел 3. Основные соотношения термоупругости. Теория температурного изгиба пластин. Закон Дюамеля-Неймана для трехмерного напряженного состояния. Соотношения между напряжениями и деформациями в декартовой системе координат. Уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях Основные допущения теории температурного изгиба пластин, уравнения в усилиях и моментах, разрешающие уравнения в перемещениях 3.3 Основные виды теплопередачи. Уравнение теплопроводности 3.4 Осредненные уравнения теплопроводности стержней, балок и прямоугольных пластин.	46	12	6	6	34	30
4	8	Раздел 4. Динамические задачи термоупругости. Динамические уравнения термоупругости в декартовых координатах. Нестационарные уравнения теплопроводности. Уравнения динамики термоупругих стержней, балок и прямоугольных пластин. Осредненные уравнения теплопроводности для нестационарного случая Аналитическое решение динамических уравнений термоупругости балок и прямоугольных пластин для случая шарнирного опирания. Приближенное решение методом Бубнова-Галеркина.	62	14	7	7	48	20
Всего за 8 семестр			108	26	13	13	82	50
Всего по дисциплине			216	77	47	30	139	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Термопрочность и термоупругость стержневых и балочных систем.	Расчет напряжений в статически определимой балке под действием линейно изменяющегося по длине и толщине поля температур	6
2		Расчет прочности неравномерно нагретого по длине составного стержня методом конечных элементов	11
Всего за 7 семестр			17
3	Раздел 3. Основные соотношения термоупругости. Теория температурного изгиба пластин.	Решение стационарных уравнений теплопроводности и термоупругости для неоднородной пластины методом Бубнова-Галеркина	6
4	Раздел 4. Динамические задачи термоупругости.	Решение нестационарных уравнений теплопроводности и динамических уравнений термоупругости для неоднородной балки методом Бубнова-Галеркина	7
Всего за 8 семестр			13

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термopрочности.	Изучение литературы	16
2	Раздел 2. Термopрочность и термоупругость стержневых и балочных систем.	Изучение литературы	16
3		Подготовка к лабораторной работе 1	10
4		Подготовка к лабораторной работе 2	15

Всего за 7 семестр			57
5	Раздел 3. Основные соотношения термоупругости. Теория температурного изгиба пластин.	Изучение литературы	20
6		Подготовка к лабораторной работе 3	14
7	Раздел 4. Динамические задачи термоупругости.	Изучение литературы	24
8		Подготовка к лабораторной работе 4	24
Всего за 8 семестр			82

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7						ДР	ЛР			ДР	ЛР		Контр.Р.	Контр.Р.		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.
8						ДР	ЛР			ДР	ЛР		Вопр. Экз				

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Нестеров, С. В. Габидулин. . Расчёт балок и пластин методом Бубнова–Галеркина. Красноярск: СибГТУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2019, эл. рес.
2. В. И. Погорелов. . Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
4. В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018, эл. рес.
5. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
6. Г. В. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988, 125 экз.
7. Е. Г. Бородина, А. Н. Старухин. . Колебания и волны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/book/209822> — ЭБС Лань;
2. <https://www.youtube.com/watch?v=5OjXEWL9DIU>.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Проектор.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика**. Дисциплина реализуется на факультете **А Ракетно-космической техники** БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:
ПСК-7.4 способность применять методики расчета элементов и узлов стартовых систем, комплексов и изделий РКТ на прочность, устойчивость, жесткость, а также проводить динамические расчеты элементов, узлов и агрегатов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами расчета тепловых полей и температурных деформаций для различных элементов конструкции: балок, пластин и оболочек, массивных тел.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**47 ч.**), лабораторный практикум (**30 ч.**), самостоятельная работа студента (**139 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 77 ч. аудиторных занятий, и 139 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термopрочности.		
Изучение литературы	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (1) Г. В. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (1,2)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Термopрочность и термоупругость стержневых и балочных систем.		
Изучение литературы	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (4, 5)	16
Подготовка к лабораторной работе 1	В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (1, 4) Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (3, 4) Г. В. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (2, 3)	10
Подготовка к лабораторной работе 2	В. А. Нестеров, С. В. Габидулин. . Расчёт балок и пластин методом Бубнова–Галеркина: Красноярск: СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2019 (2,3)	15
Итого по разделу 2		41
Раздел 3. Основные соотношения термоупругости. Теория температурного изгиба пластин.		
Изучение литературы	В. И. Погорелов. . Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2020 (5, 6)	20
Подготовка к лабораторной работе 3	В. А. Нестеров, С. В. Габидулин. . Расчёт балок и пластин методом Бубнова–Галеркина: Красноярск: СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2019 (4, 5)	14
Итого по разделу 3		34
Раздел 4. Динамические задачи термоупругости.		
Изучение литературы	Е. Г. Бородина, А. Н. Старухин. . Колебания и волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1, 3, 4)	24
Подготовка к лабораторной работе 4		24
Итого по разделу 4		48

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Контрольная работа

Контрольная работа включает в себя решение трех задач по пройденному материалу. Критерием сдачи контрольной работы является правильное решение не менее двух задач.

Примеры задач входят в состав УМК дисциплины.

Вопросы к дифференцированному зачету

Источники температурного нагружения технических систем.

Виды напряженно-деформированного состояния.

Классификация задач термоупругости.

Поведение материалов при повышенных температурах.

Методы решения задач термopрочности и термоупругости систем.

Коэффициент температурного расширения. Температурные напряжения в стержнях. Уравнение равновесия стержня под действием температурного нагружения. Термopрочность стержня при различных условиях закрепления (жесткое, упругое). Случай неравномерного по длине нагрева.

Основные допущения теории температурного изгиба балок. Напряжения и деформации балок при изгибе.

Усилия и моменты в балках, обусловленные нагревом.

Определение напряжений в балках при температурном изгибе по известным усилиям и моментам.

Вывод уравнений равновесия балок в усилиях и моментах. Вывод уравнения упругой линии балки при термомеханическом нагружении.

Виды граничных условий и их математическая формулировка. Общая методика решения уравнения упругой линии балки.

Решение уравнения упругой линии балки методом разложения в тригонометрический ряд Фурье.

Метод взвешенных невязок. Приближенное решение уравнения упругой линии методом Бубнова-Галеркина.

Аппроксимация решения тригонометрическими функциями и полиномами.

Особенности метода конечных элементов для решения задач термоупругости. Построение конечно-элементного решения для стержня.

Построение конечно-элементного решения задачи температурного изгиба балок.

Лабораторная работа

Допуск к выполнению ЛР происходит, при условии наличия у студента печатной версии титульного листа отчета по лабораторной работе, в форме устного собеседования по тематике лабораторной работы.

Ответы на более 50% вопросов является допуском к лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном для отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Ответы на более 50% вопросов является защитой лабораторной работы.

Контрольные вопросы по теме лабораторных работ представлены в УМК дисциплины.

Вопросы к экзамену

Источники температурного нагружения технических систем.

Виды напряженно-деформированного состояния.

Классификация задач термоупругости.

Поведение материалов при повышенных температурах.

Методы решения задач термopрочности и термоупругости систем.

Коэффициент температурного расширения. Температурные напряжения в стержнях. Уравнение равновесия стержня под действием температурного нагружения. Термopрочность стержня при различных условиях закрепления (жесткое, упругое). Случай неравномерного по длине нагрева.

Основные допущения теории температурного изгиба балок. Напряжения и деформации балок при изгибе.

Усилия и моменты в балках, обусловленные нагревом.

Определение напряжений в балках при температурном изгибе по известным усилиям и моментам.

Вывод уравнений равновесия балок в усилиях и моментах. Вывод уравнения упругой линии балки при термомеханическом нагружении.

Виды граничных условий и их математическая формулировка. Общая методика решения уравнения упругой линии балки.

Решение уравнения упругой линии балки методом разложения в тригонометрический ряд Фурье.

Метод взвешенных невязок. Приближенное решение уравнения упругой линии методом Бубнова-Галеркина.

Аппроксимация решения тригонометрическими функциями и полиномами.

Особенности метода конечных элементов для решения задач термоупругости. Построение конечно-элементного решения для стержня.

Построение конечно-элементного решения задачи температурного изгиба балок.

Закон Дюамеля-Неймана для трехмерного напряженного состояния.

Соотношения между напряжениями и деформациями в декартовой системе координат.

Уравнения равновесия в напряжениях и в перемещениях.

Допущения теории температурного изгиба пластин.

Уравнения равновесия прямоугольных пластин в усилиях и моментах.

Разрешающее уравнение теории термоупругих пластин в перемещениях. Граничные условия.

Решение задачи для шарнирно-опертой пластины в рядах Фурье.

Основные виды теплопередачи. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности.

Представление температуры в виде ряда по поперечной координате. Осредненные уравнения теплопроводности для стержней, балок и прямоугольных пластин

Динамические уравнения термоупругости в декартовых координатах. Нестационарные уравнения теплопроводности. Вывод уравнений динамики термоупругих балок и прямоугольных пластин. Осредненные уравнения теплопроводности для нестационарного случая

Аналитическое решение динамических уравнений термоупругости балок и прямоугольных пластин для случая шарнирного опирания. Приближенное решение методом Бубнова-Галеркина.

Экзамен

Допуск к сдаче экзамена оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Экзамен по дисциплине проходит в форме устного собеседования и ответов на вопросы к экзамену.

Преподаватель задает четыре вопроса.

Правильный ответ на два вопроса является основанием для получения студентом оценки "удовлетворительно" по дисциплине.

Правильный ответ на три вопроса является основанием для получения студентом оценки "хорошо" по дисциплине.

Правильный ответ на четыре вопроса является основанием для получения студентом оценки "отлично" по дисциплине.

Дифференцированный зачет

Допуском к сдаче дифференцированного зачета является выполнение всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий рабочей программы дисциплины.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устного собеседования и ответов на вопросы к дифференцированному зачету. Преподаватель задает четыре вопроса.

Правильный ответ на два вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-удовлетворительно" по дисциплине.

Правильный ответ на три вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-хорошо" по дисциплине.

Правильный ответ на четыре вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-отлично" по дисциплине.

Перечень вопросов к дифференцированному зачету представлен в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-7.4	
4	7	Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термопрочности.	33	17	17	0	16	25	Контрольная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 2. Термопрочность и термоупругость стержневых и балочных систем.	75	34	17	17	41	25	Лабораторная работа, Контрольная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	50	
4	8	Раздел 3. Основные соотношения термоупругости. Теория температурного изгиба пластин.	46	12	6	6	34	30	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа, Контрольная работа
4	8	Раздел 4. Динамические задачи термоупругости.	62	14	7	7	48	20	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа, Контрольная работа
Всего за 8 семестр			108	26	13	13	82	50	
Всего по дисциплине			216	77	47	30	139	100	

Критерии оценивания

ПСК-7.4

Вопросы открытого типа:

№ 1

Какой формулой определяется круговая частота свободных незатухающих колебаний системы с одной степенью свободы, характеризующейся массой m и жесткостью k ?

№ 2

Период собственных незатухающих колебаний системы с одной степенью свободы равен 0,1 с. Чему равен период собственных **ЗАТУХАЮЩИХ** колебаний этой же системы (в секундах), если безразмерный коэффициент затухания равен $\zeta = 0,6$?

№ 3

Период собственных колебаний системы с одной степенью свободы равен 2π . Чему равна круговая частота свободных незатухающих колебаний для данной системы?

№ 4

Имеется система с одной степенью свободы (груз на пружине) без затухания. Масса груза $m = 5$ кг, жесткость пружины составляет

$k = 2000 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$. В начальный момент времени к системе приложен

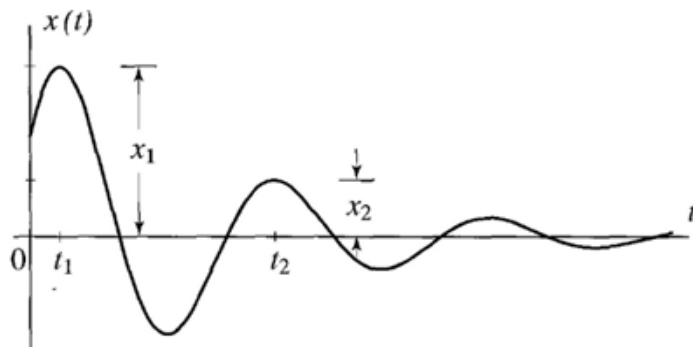
импульс $I = 15 \text{ кг} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}}$. Чему равно наибольшее ускорение (в $\frac{\text{М}}{\text{с}^2}$,

возникающее в системе в результате удара?

№ 5 Какой формулой определяется отклик для свободных затухающих колебаний системы с одной степенью свободы?

№ 6 Какой формулой определяется отклик для свободных незатухающих колебаний системы с одной степенью свободы?

№ 7 Наблюдаются затухающие свободные колебания в соответствии с графиком. Чему равен логарифмический декремент затухания?



№ 8

При каких значениях отношения частоты воздействия Ω к частоте собственных колебаний ω коэффициент динамичности при гармонических колебаниях становится меньше единицы (виброизоляция)?

№ 9 Равенство нулю определителя матрицы, представляющей собой систему линейных алгебраических уравнений, означает, что _____

№ 10 Форма колебаний механической системы определяет _____
Вопросы закрытого типа:

№ 1

Какая формула связывает период колебаний T с круговой частотой ω ?

$$T = \frac{1}{2\pi\omega}$$

$$T = \frac{1}{\omega}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = \sqrt{\frac{\omega}{\pi}}$$

№ 2 Какой закон может использоваться для составления уравнений вращательного движения системы?

Закон сохранения энергии

Закон сохранения импульса

Закон сохранения момента импульса

Закон сохранения массы

№ 3 Какой кинематической характеристике пропорционально усилие от вязкого сопротивления динамической системы?

Скорости

Ускорению

Перемещению

Угловому отклонению

№ 4

Безразмерный коэффициент затухания для поступательного движения выражается через массу m , коэффициент вязкости C и круговую частоту свободных колебаний ω по формуле:

$$\zeta = \frac{2m}{C\omega}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{C}{m\omega}}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{m\omega}{C}}$$

$$\zeta = \frac{C}{2m\omega}$$

№ 5

Какому процессу соответствует значение коэффициента демпфирования $\zeta > 1$?

Колебательный процесс
Граница апериодичности
Апериодический отклик
Свободные незатухающие колебания

№ 6 Затухание линейной системы определяется:

косинусом

синусом

экспонентой

линейной функцией

№ 7 Сохранение какой механической величины выражается вторым законом Ньютона?

энергии

импульса

момента импульса

массы

№ 8 Учитывается ли отклик на собственной частоте (свободные колебания) при рассмотрении установившихся вынужденных колебаний при периодическом воздействии?

Нет, не учитывается

Да, должен учитываться

Не имеет значения

№ 9 Количество степеней свободы механической системы это:

Количество мест крепления системы к основанию

Количество переменных, определяющееся выбором системы координат

Максимально возможное количество переменных для описания движения системы

Количество независимых переменных, минимально необходимое для описания движения системы

№ 10 Матрица жесткости для механических систем, содержащих твердые тела с упругими связями, обладает следующими свойствами:

Является симметричной с положительными диагональными элементами

Имеет отрицательные диагональные элементы, при этом свойством симметричности не обладает

Является симметричной с отрицательными диагональными элементами

Является антисимметричной с отрицательными диагональными элементами

Является антисимметричной с положительными диагональными элементами

Имеет положительные диагональные элементы, при этом свойством симметричности не обладает