


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета


(подпись) Юнаев Л. П.
ФИО
«31» 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕРМОУПРУГОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ 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	34	0	17	17	74	0	0	74	зач.
4	8	3	108	26	0	13	13	82	0	0	82	экз.
ВСЕГО		6	216	60	0	30	30	156	0	0	156	

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: 2022

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Мелихов Кирилл Владиславович, старший преподаватель



Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

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




Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ 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-3.2 — Способность проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-3.2

знания:

на уровне представления знать типовые постановки задач термоупругости, особенности прочностных расчетов в условиях термосилового 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 термопрочности 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 термопрочности типовых конструкций;

анализа результатов расчетов термопрочности 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, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АГРЕГАТЫ СТАРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПУСКА**.

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
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших
- ПСК-3.1 — Способность проводить эксплуатацию комплексов и систем заправки ракет-носителей, разгонных блоков и космических аппаратов компонентами ракетного топлива
- ПСК-3.2 — Способность проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-3.2
4	7	Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термopрочности. Источники температурного нагружения технических систем. Виды напряженно-деформированного состояния. Классификация задач термоупругости. Поведение материалов при повышенных температурах. Методы решения задач термopрочности и термоупругости систем.	19	3	0	3	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.	89	31	17	14	58	25
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	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.	47	13	6	7	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.	61	13	7	6	48	20
Всего за 8 семестр			108	26	13	13	82	50
Всего по дисциплине			216	60	30	30	156	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термopрочности.	Источники температурного нагружения технических систем. Виды напряженно-деформированного состояния. Классификация задач термоупругости. Поведение материалов при повышенных температурах. Методы решения задач термopрочности и термоупругости систем	3
2	Раздел 2. Термopрочность и термоупругость стержневых и балочных 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	2
3		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	2
4		Вывод уравнений равновесия балок в усилиях и моментах. Вывод уравнения упругой линии балки при термо-механическом нагружении. Виды граничных условий и их математическая формулировка. Общая методика решения уравнения упругой линии балки	3

5		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	3
6		Особенности метода конечных элементов для решения задач термоупругости. Построение конечно-элементного решения для стержня	2
7		Построение конечно-элементного решения задачи температурного изгиба балок	2
Всего за 7 семестр			17
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 в перемещениях.	2
9		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	2
10		Основные виды теплопередачи. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Представление температуры в виде ряда по поперечной координате. Осредненные уравнения теплопроводности для стержней, балок и прямоугольных пластин	1
11		Аналитическое решение уравнений термоупругости и теплопроводности шарнирно-опертой прямоугольной пластины. Решение аналогичной задачи методом Бубнова-Галеркина. Сопоставление полученных решений	2
12	Раздел 4. Динамические задачи термоупругости.	Аналитическое решение осредненных уравнений нестационарной теплопроводности для прямоугольной пластины. Аналитическое решение задачи динамического изгиба шарнирно-опертой пластины	2
13		Приведение динамического уравнения термоупругости пластин к системе с одной степенью свободы методом Бубнова-Галеркина. Решение методом конечных разностей	2
14		Динамические уравнения термоупругости в декартовых координатах. Нестационарные уравнения теплопроводности. Вывод уравнений динамики термоупругих балок и прямоугольных пластин. Осредненные уравнения теплопроводности для нестационарного случая	1
15		Аналитическое решение динамических уравнений термоупругости балок и прямо-угольных пластин для случая шарнирного опирания. Приближенное решение методом Бубнова-Галеркина	1
Всего за 8 семестр			13

3.3. 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

3.4. 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 термopочности.	Изучение литературы	16
2	Раздел 2. Термopочность и термоупругость стержневых и балочных систем.	Изучение литературы	22
3		Подготовка к лабораторной работе 1	16
4		Подготовка к лабораторной работе 2	20
Всего за 7 семестр			74
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			ЛР		ДР	Вопр. Зач, зач.
8						ДР	ЛР			ДР	ЛР			ЛР		ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

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

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

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

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- 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: СибГУ 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. Практические занятия:

1. Проектор.

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 ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-3.2 Способность проводить расчетную и экспериментальную отработку динамики и прочности конструкций изделий ракетно-космической техники.

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 зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**30 ч.**), лабораторный практикум (**30 ч.**), самостоятельная работа студента (**156 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 60 ч. аудиторных занятий, и 156 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. Родионов. . Расчёты параметров теплообмена и температурных полей: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1988 (1,2) Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (1)	16
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Термopрочность и термоупругость стержневых и балочных систем.		
Изучение литературы	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)	22
Подготовка к лабораторной работе 1	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (4, 5) В. И. Погорелов. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев: Москва: Юрайт, 2019 (1, 4)	16
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)	20
Итого по разделу 2		58
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

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

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 зачету

Источники температурного нагружения технических систем.

Виды напряженно-деформированного состояния.

Классификация задач термоупругости.

Поведение материалов при повышенных температурах.

Методы решения задач термпрочности и термоупругости систем.

Коэффициент температурного расширения. Температурные напряжения в стержнях. Уравнение равновесия стержня под действием температурного нагружения. Термпрочность 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 термпрочности и термоупругости систем.

Коэффициент температурного расширения. Температурные напряжения в стержнях. Уравнение равновесия стержня под действием температурного нагружения. Термпрочность 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.

Зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

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

Зачет по дисциплине проходит в форме устного собеседования и ответов на вопросы к зачету, которые задает преподаватель. Преподаватель задает четыре вопроса. Правильный ответ на два и более вопроса является основанием для получения студентом зачета по дисциплине.

Также зачет по дисциплине может проходить в виде тестирования на сайте moodle.voenmeh.ru. Студент должен будет ответить на шесть вопросов.

Критерии пересчета результатов теста в баллы: один правильный ответ – один балл. Набор студентом половины и более баллов от максимально возможного числа является основанием для получения студентом зачета по дисциплине.

Экзамен

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

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.

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-3.2	
4	7	Раздел 1. Введение. Задачи и методы термоупругости и термпрочности.	19	3	0	3	16	25	Вопросы к зачету, Контрольная работа
4	7	Раздел 2. Термпрочность и термоупругость стержневых и балочных систем.	89	31	17	14	58	25	Вопросы к зачету, Лабораторная работа, Контрольная работа
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	50	
4	8	Раздел 3. Основные соотношения термоупругости. Теория температурного изгиба пластин.	47	13	6	7	34	30	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа, Контрольная работа
4	8	Раздел 4. Динамические задачи термоупругости.	61	13	7	6	48	20	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа, Контрольная работа
Всего за 8 семестр			108	26	13	13	82	50	
Всего по дисциплине			216	60	30	30	156	100	