Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.06.2025 14:40:13
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«27» февраля 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термоупругость

Направление подготовки/специальность

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль/специализация

Электроника и технологии сенсорики

Квалификация

Бакалавр

Формы обучения

Очная

Москва, 2025 г

Разработчик(и):

Старший преподаватель  /М.Н. Лукьянов/

Старший преподаватель  /М.Р. Рыбакова/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

1. **Цели и задачи дисциплины**

К основным целям освоения дисциплины «Термоупругость» следует отнести:

- овладение умениями и навыками применения основных методов аналитического определения напряжений и перемещений в конструкциях из упругого материала произвольной формы при заданных полях температуры; формирование способности самостоятельно вести научные исследования с использованием вычислительной техники и умения внедрять результаты научно-технических разработок в реальный сектор проектирования конструкций; развитие логического, алгоритмического мышления и инженерной интуиции.

2. **Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина «Термоупругость» относится к числу факультативных учебных дисциплин основной образовательной программы бакалавриата.

«Термоупругость» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части цикла (Б1.1):

– сопротивление материалов;

– теория упругости;

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК – 1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность	**Знать:** - термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры. **Уметь:** - ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях **Владеть:** - навыками решения плоских задач термоупругости.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 академических часа, из них 18 часов – лекционные занятия, 18 часов –

семинарские занятия, 36 часов – самостоятельная работа). Структура и содержание дисциплины по видам работы представлены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

6 семестр.

Раздел 1. Термодинамические основы термоупругости.

Основные положения термодинамики необратимых процессов в связи с термоупругим деформированием твердого тела. Понятие несвязанной задачи термоупругости. Начальные и граничные условия, распределение температуры по поверхности тела, плотность теплового потока, закон конвективного теплообмена между поверхностью тела и средой

Раздел 2. Основные понятия и положения классической термоупругости.

Задача термоупругости. Основные уравнения термоупругости. Соотношения Дюгамеля – Неймана. Эффект связанности. Несвязанная статическая задача. Постановка задачи термоупругости в перемещениях. Аналогия с силовыми воздействиями. Постановка задачи термоупругости в напряжениях

Раздел 3. Постановка задач термоупругости.

Уравнения равновесия, граничные условия, уравнения сплошности в напряжениях. Многосвязные тела. Условия однозначности перемещений

Раздел 4. Плоские задачи термоупругости.

Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Соотношения между напряжениями и деформациями. Решение плоской задачи термоупругости в перемещениях. Термоупругий потенциал перемеще4 5 ний. Решение плоской задачи термоупругости в напряжениях

Раздел 5. Температурные поля, не вызывающие напряжения.

Температурные поля, не вызывающие напряжений, закон теплопроводности Фурье

Раздел 6. Плоские задачи термоупругости в случае многосвязных тел.

Условия однозначности перемещений. О характере зависимости термоупругих напряжений и перемещений от физико-механических характеристик материала

Раздел 7. Примеры решения двумерных термоупругих задач.

Плоские задачи термоупругости для тел с трещинами. Некоторые плоские задачи неоднородной термоупругости.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины предусматривает проведение групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий.

Предполагаются следующие формы проведения занятий: решение тематических задач и вопросов по различным разделам курса дисциплины на семинарах, проведение текущего контроля знаний студентов посредством опросов и проверки решаемых задач.

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

Используются варианты контрольных вопросов и задач самостоятельной работы студентов на семинарах, а также для домашних заданий.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК – 1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции формируются поэтапно в ходе освоения дисциплин, практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине.

ПК – 1 Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность

Показатель	Критерий оценивания			
	2	3	4	5
Знать: - термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры	Обучающийся не знает термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры.	Обучающийся слабо знает термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры.	Обучающийся хорошо знает термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры; основные подходы к решению изобретательских задач, допускает неточности при анализе результатов.	Обучающийся отлично знает термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры; основные подходы к решению изобретательских задач, свободно использует их при решении задач.
Уметь: - ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях	Обучающийся не умеет ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях.	Обучающийся слабо умеет ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях.	Обучающийся хорошо умеет ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях.	Обучающийся отлично умеет ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях.
Владеть: - навыками решения плоских задач термоупругости.	Обучающийся не владеет навыками решения плоских задач термоупругости.	Обучающийся не вполне владеет навыками решения плоских задач термоупругости.	Обучающийся вполне владеет навыками решения плоских задач термоупругости.	Обучающийся отлично владеет навыками решения плоских задач термоупругости.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено»..

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Термоупругость».

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Бажанов, В. Л. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Бажанов. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 178 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04104-0.

URL: https://urait.ru/bcode/438738

б) Дополнительная литература

1. Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций : учебник для вузов / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 429 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8247-3.

URL: https://urait.ru/bcode/433489

в) Электронные образовательные ресурсы

Курс «Термоупругость»

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11403

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория для лекционных и практических занятий: столы учебные со скамьями, аудиторная доска, универсальный учебный комплекс по «Сопротивлению материалов» СМ-1. Рабочее место преподавателя: стол, стул.

Компьютерный класс: столы, стулья, маркерная доска, компьютеры с прикладным тематическим программным обеспечением, подвесной проектор с интерактивной доской. Рабочее место преподавателя: стол, стул, компьютер.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

2. Углубление и расширение теоретической подготовки;

3. Формирование умений использовать специальную литературу;

4. Развитие познавательных способностей студентов, самостоятельности, ответственности и организованности.

Изучение дисциплины неразрывно связано с самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических

занятиях и лабораторных работах. При этом студент сам планирует свою самостоятельную работу, что создает более благоприятную обстановку и положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины.

Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10 минут. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем- консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекции, практические занятия и консультирование. Преподаватель должен организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед занятиями преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам.

После каждого занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп

причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Зачет по дисциплине проводится в письменной форме с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных билетах. В билет вносится два теоретических вопроса из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель принимающий зачет лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Термоупругость» по направлению подготовки Бакалавров 15.03.03 «Прикладная механика

(Бакалавр)

п/п	Раздел	Се-ме-стр	Неде-ля се-местра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттеста-ции	
				л	п/с	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реф.	К/р	Э	З
семестр 2															
1	Термодинамические основы термоупругости	6		2	2		4								
2	Основные понятия и положения классической термоупругости	6		2	2		4								
3	Постановка задач термоупругости	6		2	2		4								
4	Плоские задачи термоупругости.	6		2	2		4								
5	Температурные поля, не вызывающие напряжения.	6		2	2		4								
6	Плоские задачи термоупругости в случае многосвязных тел.	6		4	4		8								
7	Примеры решения двумерных термоупругих задач.	3		4	4		8								
Всего за третий семестр				18	18		36								+

Приложение 2.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки:	15.03.03 «Прикладная механика»
Профили:	«Программирование и цифровые технологии в динамике и прочности»
Формы обучения:	очная
Виды профессиональной деятельности:	научно-исследовательская проектно-конструкторская.
Кафедра:	Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Термоупругость»

Москва, 2021 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Оптимальное проектирование
ФГОС ВО **15.03.03 «Прикладная механика»**
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **компетенции**:

КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства**
индекс	**формулировка**			
ПК – 1	Способен проводить расчет элементов конструкций и узлов ЛА на статическую прочность	**Знать:** - термодинамические основы термоупругости, интерпретирует характер действия термоупругих напряжений и перемещений, вызванных градиентами температуры. **Уметь:** - ставить начальные и граничные условия задач, использовать основные уравнения термоупругости в напряжениях и перемещениях **Владеть:** - навыками решения плоских задач термоупругости.	самостоятельная работа, практические занятия, опрос на практических занятиях	УО, ДС

Приложение 2
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине *Термоупругость*

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Доклад, сообщение (ДС)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
2	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

Приложение 2.

Фонды оценочных средств по дисциплине «Термоупругость» по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика».

Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина «Термоупругость»
Для 15.03.03 «Прикладная механика»

ЗАЧЕТНЫЙ БИЛЕТ № 3.

1. Основные уравнения теории упругости в индексных обозначениях.

2. Нестационарные задачи теплопроводности.

Утверждено на заседании кафедры « ____ » _____ 2021 г., протокол № ____

Зав. кафедрой _____ /А.А. Скворцов/

Вопросы к экзамену по дисциплине «Термоупругость».

1. Основные уравнения теории упругости в индексных обозначениях.
2. Работа деформации.
3. Основные понятия классической теории термоупругости.
4. Понятие об обратимых и необратимых процессах.
5. Несвязанная задача термоупругости.
6. Уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия.
7. Методы решения задач теплопроводности.
8. Стационарное температурное поле в многослойных конструкциях.
9. Примеры определения температурных полей в элементах конструкций и машин.
10. Температурные поля при переменном коэффициенте теплопроводности.
11. Нестационарные задачи теплопроводности.
12. Основные уравнения термоупругости.
13. Постановка задачи термоупругости в перемещениях.
14. Постановка задачи термоупругости в напряжениях.
15. Плоская задача термоупругости. Плоская деформация.
16. Плоское напряженное состояние.
17. Плоская задача термоупругости в случае многосвязных тел.
18. Условия однозначности перемещений.
19. Температурные поля, не вызывающие напряжения.
20. Примеры плоских термоупругих задач.

Вопросы для устного опроса и докладов

1. Основные положения термодинамики необратимых процессов.
2. Понятие несвязанной задачи термоупругости.
3. Начальные и граничные условия.
4. Закон конвективного теплообмена между поверхностью тела и средой.
5. Методы решения задач теплопроводности.
6. Методы разделения переменных, интегральные преобразования – в решении уравнений теплопроводности.
7. Задача термоупругости.
8. Основные уравнения термоупругости.
9. Соотношения Дюгамеля – Неймана.
10. Эффект связанности.
11. Несвязанная статическая задача.
12. Плоская деформация.

13. Плоское напряженное состояние.
14. Соотношения между напряжениями и деформациями
15. Решение плоской задачи термоупругости в перемещениях
16. Термоупругий потенциал перемещений.
17. Решение плоской задачи термоупругости в напряжениях