

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Решение задач в модуле ЛОГОС Тепло

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

15.03.03 - Прикладная механика

Направленность образовательной программы

Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 Решение задач в модуле ЛОГОС Тепло относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах	ПК-3.1: Знает методологию определения круга задач в рамках поставленной цели ПК-3.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование ПК-3.3: Имеет практический опыт применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах	ПК-3.1: Знает методологию определения круга задач в рамках поставленной цели. ПК-3.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование ПК-3.3: Владеет навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах	Расчетно-графическая работа Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32

- КСР	1
самостоятельная работа	23
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Введение. Постановка задачи термоупругости	8	2	4	6	2
2. Плоские задачи термоупругости	8	2	4	6	2
3. Энергетические теоремы и соотношения в термоупругости	8	2	4	6	2
4. Температурные напряжения в стержневых конструкциях	8	2	4	6	2
5. Постановка задачи теплопроводности	8	2	4	6	2
6. Исследование задач теплопроводности и температурных полей.	8	2	4	6	2
7. Нестационарная теплопроводность.	8	2	4	6	2
8. Вариационная постановка задачи теплопроводности. Метод конечных элементов для задач теплопроводности и термоупругости	15	2	4	6	9
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	32	49	23

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Постановка задачи термоупругости
2. Плоские задачи термоупругости
3. Энергетические теоремы и соотношения в термоупругости
4. Температурные напряжения в стержневых конструкциях
5. Постановка задачи теплопроводности
6. Исследование задач теплопроводности и температурных полей.
7. Нестационарная теплопроводность.
8. Вариационная постановка задачи теплопроводности. Метод конечных элементов для задач теплопроводности и термоупругости

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточной аттестации.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

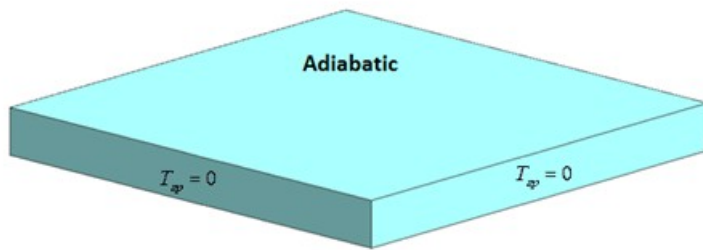
Задача нестационарного остывания бруса

Рассматривается нестационарная задача расчета поля температур, формирующегося при остывании бруса квадратного сечения с линейными размерами: $0 \leq x, y \leq 1$, внутри которого в начальный момент времени $t = 0$ задана температура $T(0, x, y) = 1$, а на внешней границе во все последующие моменты времени поддерживается нулевая граничная температура $T_{\text{гр}}(t) = 0$ при $t \geq 0$.

Теплофизические параметры материала конструкции:

- коэффициент теплопроводности – 1 Вт/(м·К);
- теплоемкость – 1 Дж/(кг·К);
- плотность материала – 1 кг/м³.

Геометрия задачи приведена на рисунке ниже:



Аналитическое решение процесса распространения тепла описывается двумерным линейным уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (1)$$

Точное решение этой задачи имеет вид:

$$T(t, x, y) = \Psi(t, x) \cdot \Psi(t, y) \quad (2)$$

где

$$\Psi(t, x) = \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \exp[-(2n+1)^2 \pi^2 t] \sin[(2n+1)\pi x]$$

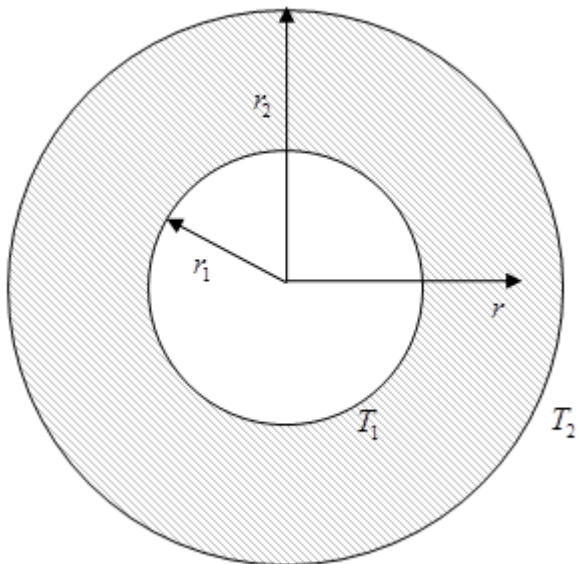
Задача расчета нагрева осесимметричного тела

Однородная цилиндрическая стенка с внутренним радиусом r_1 и внешним r_2 .

Коэффициент теплопроводности постоянен и равен λ .

На внутренней и внешней поверхностях заданы граничные условия 1-го рода – постоянные температуры T_1 и T_2 .

Геометрия задачи приведена на рисунке ниже:



Параметры задачи приведены в таблице ниже:

T_1 , К	T_2 , К	r_1 , м	r_2 , м	λ , Вт/(м·К)
293	323	0,1	0,2	0,01

Аналитическое решение

Уравнение температурной кривой:

$$T_r = T_1 - \left[\frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right] \ln \frac{r_x}{r_1}$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическая работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Примеры научных и технических приложений, в которых возникают задачи $TuTn$
2. Основные предположения tu .
3. Температурные деформации
4. Представление полных деформаций
5. Соотношения Дюамеля-Неймана.
6. Постановка задачи термоупругости.
7. Причины возникновения температурных напряжений.
8. Причины возникновения температурных напряжений в терминах уравнений tu .
9. При каких распределениях температуры температурные деформации удовлетворяют уравнениям Сен-Венана
10. Аналогия С.П. Тимошенко.
11. 3d задачи, в которых напряжения равны нулю.
12. 3d задачи, в которых перемещения равны нулю.
13. Граничные условия на торцах длинных призматических тел, отличные от условий плоской деформации.
14. 2d задачи, в которых напряжения в плоскости равны нулю.
15. Применение теоремы взаимности в термоупругости: изменение объема тела, изменение объема полости, удлинение, взаимный поворот концевых сечений, прогиб консоли, взаимное закручивание концевых сечений.
16. Теплопроводность в твердом теле
17. Конвекция естественная и вынужденная
18. Излучение.
19. Закон Фурье.
20. Коэффициент теплопроводности
21. Распределение температуры в однослойной стенке в декартовой системе координат
22. аналогия с законом Ома, распределение температуры в двухслойной (многослойной) стенке
23. кондуктивное и конвективное сопротивление
24. Температура в стенке при наличии тепловыделения.

25. Теплообмен в ребрах, различные условия на торце, коэффициент интенсивности ребра.
26. Нестационарные задачи теплообмена: Системы с пренебрежимо малым внутренним тепловым сопротивлением.
27. Нестационарные задачи теплообмена: Температурные поля в полубесконечном теле при различных граничных условиях (изотермическое условие – 1 рода, условие конвекции – 3 рода).
28. Разделение напряжений, обусловленных температурой и внешними нагрузками и связями.
29. Формулировка в перемещениях
30. Постановка в напряжениях.
31. Плоские задачи термоупругости.
32. Плоская деформация,
33. условия на распределение температуры при плоской деформации.
34. Формулировка задачи о плоской деформации в перемещениях.
35. Формулировка задачи о плоской деформации в напряжениях, функция Эри.
36. Плоское напряженное состояние.
37. Длинная прямоугольная пластина (балка) с изменением температуры только по высоте. Постановка задачи.
38. Длинная прямоугольная пластина (балка) с изменением температуры только по высоте. Выражение для напряжений и деформаций.
39. Длинная прямоугольная пластина (балка) с изменением температуры только по высоте. Выражение для перемещений.
40. Различные случаи распределения температуры (линейный, квадратичный, кубический).
41. Задача о деформировании кольца (цилиндра) при радиальном распределении температуры. Как изменится диаметр отверстия при постоянном нагреве.
42. Энергетические теоремы в термоупругости.
43. Энергия деформации и дополнительная энергия.
44. Основное энергетическое тождество.
45. Вариационное уравнение Кастильяно и принцип стационарности дополнительной энергии.
46. Начало дополнительной работы. Вариационное уравнение Лагранжа и принцип стационарности полной потенциальной энергии.

47. Теорема взаимности в термоупругости и ее применение: изменение объема тела, изменение объема полости, удлинение, взаимный поворот концевых сечений, прогиб консоли, взаимное закручивание концевых сечений.
48. Температурные напряжения в свободных и несвободных балках.
49. Расчет статически определимых структур.
50. Расчет статически неопределимых структур. Модификация методов сил и перемещений для случая термоупругости.
51. уравнение теплопроводности Фурье
52. Возможные упрощения уравнения теплопроводности
53. уравнение температуропроводности
54. начальные условия уравнения Фурье.
55. граничные условия I рода
56. граничные условия II рода
57. граничные условия III рода
58. контактные условия, идеальный контакт
59. контактные условия, неидеальный контакт
60. анализ размерности уравнения теплопроводности и граничных условий
61. безразмерный вид уравнения теплопроводности и граничных условий
62. число Био, физический смысл.
63. МКЭ для решения задач термоупругости. Вектор эквивалентных узловых сил от температурных деформаций.
64. Вектор эквивалентных узловых сил от температурных деформаций для элемента балки и рамы.
65. Вектор эквивалентных узловых сил от температурных деформаций для 2d элемента сплошной среды.
66. МКЭ для решения задач теплопроводности. Вывод вариационного уравнения методом Галеркина
67. МКЭ для решения задач теплопроводности. Построение плоского треугольного и четырехугольного КЭ сплошной среды
68. МКЭ для решения задач теплопроводности. Неявная разностная схема для решения нестационарных задач теплопроводности

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
---------------	--	---	--	--	--	--	---

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Основные предположения. Соотношения Дюамеля-Неймана. Постановка задачи термоупругости. Причины возникновения температурных напряжений. Разделение напряжений, обусловленных температурой и внешними нагрузками и связями. Формулировка в перемещениях, аналогия С.П. Тимошенко. Постановка в напряжениях. 3d задачи, в которых напряжения равны нулю. 3d задачи, в которых перемещения равны нулю.
2. Плоские задачи термоупругости. Плоская деформация, условия на распределение температуры при плоской деформации. О граничных условиях на торцах. Формулировка в перемещениях. Формулировка в напряжениях, функция Эри. Плоское напряженное состояние. 2d задачи, в которых напряжения в

плоскости равны нулю. Длинная прямоугольная пластина (балка) с изменением температуры только по высоте, различные случаи распределения температуры (линейный, квадратичный, кубический). Задача о деформировании кольца (цилиндра) при радиальном распределении температуры.

3. Энергетические теоремы в термоупругости. Энергия деформации и дополнительная энергия. Основное энергетическое тождество. Вариационное уравнение Кастильяно и принцип стационарности дополнительной энергии. Начало дополнительной работы. Вариационное уравнение Лагранжа и принцип стационарности полной потенциальной энергии. Теорема взаимности в термоупругости и ее применение: изменение объема тела, изменение объема полости, удлинение, взаимный поворот концевых сечений, прогиб консоли, взаимное закручивание концевых сечений.
4. Температурные напряжения в свободных и несвободных балках. Расчет статически определимых структур, определение перемещений с помощью интеграла Мора. Расчет статически неопределимых структур. Модификация методов сил и перемещений для случая термоупругости.
5. Способы теплообмена: теплопроводность, конвекция, излучение. Закон Фурье, уравнение теплопроводности Фурье, начальные и граничные условия, размерность и безразмерный вид, числа Био и Фурье.
6. Исследование температурных полей. Распределение температуры в прямоугольной стенке в декартовой системе координат, аналогия с законом Ома, распределение температуры в двухслойной (многослойной) стенке. Теплообмен в трубах. Температура в стенке при наличии тепловыделения.
7. Теплообмен в ребрах, различные условия на торце, коэффициент интенсивности ребра.
8. Нестационарные задачи теплообмена. Системы с пренебрежимо малым внутренним тепловым сопротивлением. Температурные поля в полубесконечном теле при различных граничных условиях.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Температурное расширение свободного тела: задано поле температур в виде линейной функции $T = a + bx + cy + dz$. Найти поле перемещений. Определить напряжения
2. Варианты заданий
3. Изменение объема тела: в кубе с ребром 1 см задано поле температур в виде линейной функции $T = a + bx + cy + dz$. Найти объема тела.
4. Изменение длины стержня: стальной стержень длиной L нагрет на температуры, задаваемую законом $T = ax^2 + bx + c$. Определить удлинение стержня. Начало координат совмещено с левым концом стержня.
5. Определить для напряжений в свободной балке при действии температурной нагрузки, если температура по высоте изменяется:
 - a. по линейному закону;
 - b. по квадратичному закону;
 - c. по кубическому закону.
6. Задан шар. Модуль упругости E , коэффициент Пуассона ν , коэффициент теплового расширения α . Температура шара T_0 . Точки границы жестко закреплены. Определить напряжения в материале шара.
7. Стержень длиной L с площадью сечения A нагрет на температуру, задаваемую формулой $T = T_0(1+x/L)$. Распределение температуры по сечению однородно. Определить удлинение стержня, если механические характеристики материала стержня E, ν, α .
8. Определить распределение температуры в прямоугольной стенке, если на одной стороне задана температура, а на другой – тепловой поток.
9. Определить поток тепло через двухслойную прямоугольную стенку
10. Задана двухслойная стенка, левый слой имеет коэффициент теплопроводности k_1 , правый – k_2 , причем $k_1 \gg k_2$. Температура левой внешней границы 0°C , правой внешней границы 100°C . Чему приблизительно равна температура внутренней границы.
11. Задана двухслойная стенка, левый слой имеет коэффициент теплопроводности k_1 , правый – k_2 , причем $k_1 \ll k_2$. Температура левой внешней границы 0°C , правой внешней границы 100°C . Чему приблизительно равна температура внутренней границы.
12. Определить поток тепло через многослойную цилиндрическую стенку
13. Определить поток тепла, снимаемый с ребра
14. Записать принцип Лагранжа для случая термоупругости
15. Записать уравнение Фурье для случая, когда коэффициенты теплопроводности зависят от температуры
16. Вектор эквивалентных узловых сил от температурных воздействий можно определить через начальные (температурные) деформации, с другой стороны, можно воспользоваться аналогией Тимошенко и определить вектор эквивалентных узловых сил через фиктивные объемные и поверхностные силы. Требуется показать, что оба способа приводят к одному и тому же результату.
17. Записать вариационную постановку задачи теплопроводности
18. Записать вектор эквивалентных узловых сил от температурных деформаций для 2d и 3d сплошной среды
19. Записать вектор эквивалентных узловых сил от температурных деформаций для 2d и 3d для кз плоской балки по модели Кирхгоффа-Бернулли

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Боли Бруно А. Теория температурных напряжений / пер. с англ. Ж. С. Сисляна и Б. Ф. Шорра ; под ред. Э. И. Григолюка. - М. : Мир, 1964. - 517 с. : черт. - 2.83., 2 экз.
2. Тимошенко Степан Прокофьевич. Теория упругости / пер. с англ. М. И. Рейтмана ; под ред. Г. С. Шапиро. - 2-е изд. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 560 с. : ил. - 2.70., 2 экз.
3. Сегерлинд Ларри Дж. Применение метода конечных элементов / пер. с англ. А. А. Шестакова ; под ред. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1979. - 392 с. : ил. - 1.80., 2 экз.
4. Крейт Фрэнк. Основы теплопередачи : пер. с англ. / под ред. Н. А. Анфимова. - М. : Мир, 1983. - 512 с. : ил. - 3.70., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Новацкий Витольд. Динамические задачи термоупругости / пер. с пол. Я. Рыхлевского ; под ред. Г. С. Шапиро. - М. : Мир, 1970. - 256 с. : черт. - 1.40., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm>

Пакет программ ЛОГОС, модуль Логос Тепло

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Леонтьев Николай Васильевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.