

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

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Суперкомпьютерное моделирование и инженерный анализ

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 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-15: Способен самостоятельно анализировать поставленную задачу, выбирать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах суперкомпьютерного моделирования инженерного назначения, реализовывать в них новые алгоритмы	ПК-15.1: Демонстрирует знание теоретических основ и методологию построения решений фундаментальных задач механики, основы информационных технологий, в том числе суперкомпьютерных технологий ПК-15.2: Демонстрирует умение самостоятельно осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач профессиональной деятельности ПК-15.3: Имеет опыт решения задач механики в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов суперкомпьютерного моделирования инженерного назначения	ПК-15.1: Знать теоретические основы и методы построения решений основных задач термодинамики и теплопроводности. ПК-15.2: Уметь самостоятельно анализировать и выбирать методы и алгоритмы решения задач термодинамики и теплопроводности. ПК-15.3: Владеть методами решения задач механики для инженерных целей с использованием современных программ суперкомпьютерного моделирования в соответствии с выбранными методами и построенными алгоритмами.	Отчет по лабораторным работам Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы Задания
ПК-16: Имеет опыт самостоятельного проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов суперкомпьютерного	ПК-16.1: Демонстрирует знание особенностей поиска научно-технической информации в различных источниках, методов и технологий её обработки и анализа, а также способов представления ПК-16.2: Демонстрирует	ПК-16.1: Знать законы теплопроводности. ПК-16.2: Уметь решать задачи термодинамики и теплопроводности.	Задания Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы

о моделирования инженерных задач	<p>умение самостоятельно организовать целенаправленный поиск информации в различных источниках, выбирать методы и технологии её обработки, анализа и представления, исходя из поставленной задачи на основе программных комплексов суперкомпьютерного моделирования инженерного назначения</p> <p>ПК-16.3: Имеет опыт поиска и анализа научно-технической информации в различных источниках для решения стандартных профессиональных задач, а также опыт публичного представления научных результатов</p>	<p>ПК-16.3:</p> <p>Владеть навыками применения основных алгоритмы и методов создания программных средств, используемых для моделирования термоупругости и теплопроводности.</p>		
----------------------------------	---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	36
	Экзамен

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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	

			(практические занятия/лабораторные работы), часы		
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Постановка задачи термоупругости	34	4	12	16	18
5. Постановка задачи теплопроводности	36	4	12	16	20
7. Нестационарная теплопроводность	36	4	12	16	20
8. Вариационная постановка задачи теплопроводности	36	4	12	16	20
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	16	48	66	78

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.

Сегерлинд Ларри Дж. Применение метода конечных элементов / пер. с англ. А. А. Шестакова ; под ред. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1999. - 392 с.

Крейт Фрэнк. Основы теплопередачи : пер. с англ. / под ред. Н. А. Анфимова. - М. : Мир, 1983. - 512 с. : ил. - 3.70.

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 - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-15:

Лабораторная работа 1. Плоские задачи термоупругости

Лабораторная работа 2. Решение задачи Энергетического соотношения в термоупругости

Лабораторная работа 3. Решение задачи нахождения температурных напряжений в стержневых конструкциях

Лабораторная работа 4. Решение задачи теплопроводности

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все этапы работы или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-15:

Постановка задачи термоупругости. Общий случай
Причины возникновения температурных напряжений.
Разделение напряжений, обусловленных температурой и внешними нагрузками.
Формулировка в перемещениях. Аналогия С.П.Тимошенко.
Формулировка в напряжениях.
Задачи, в которых напряжения равны нулю. Задачи, в которых перемещения равны нулю.
Плоская деформация в термоупругости.
Граничных условиях на свободных торцах для случая плоской деформации.
Плоское напряженное состояние в термоупругости.
Двумерные задачи, в которых напряжения в плоскости равны нулю.
Изгиб бесконечной полосы (пластинки) с температурным полем, изменяющимся по высоте. Температурная сила и температурный момент.
Задача о температурном деформировании кольца (бесконечного цилиндра) при радиальном изменении температуры

Потенциальная энергия деформации и дополнительная энергия в задаче термоупругости.
Основное энергетическое тождество.
Принцип стационарности дополнительной энергии (принцип Кастильяно).
Принцип виртуальной работы и принцип стационарности полной потенциальной энергии(принцип Лагранжа).
Теорема взаимности в термоупругости.
Примеры применения теоремы взаимности: изменение объема тела, изменение объема полосы, удлинение стержня, взаимный поворот концевых сечений, прогиб консоли, взаимное закручивание концевых сечений.
Напряженно-деформированное состояние в свободных балках при действии температуры.
Напряженно-деформированное состояние в несвободных балках при действии температуры.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-16:

Особенности расчета статически определимых стержневых систем.
Определение перемещений элементов стержневых систем с помощью интеграла Мора.
Особенности расчета статически неопределимых стержневых систем. Метод сил. Метод перемещений.
Теория температурного изгиба пластин. Модель Кирхгофа -Лява.
Метод конечных элементов для задачи термоупругости.
Связная и несвязная задачи термоупругости.
Постановка задачи теплопроводности.
Способы теплообмена.
Уравнение теплопроводности Фурье.
Начальные и граничные условия.
Размерность коэффициентов уравнения теплопроводности.
Безразмерная форма уравнений теплопроводности. Число Био и число Фурье.
Температурное поле в многослойной стенке. Аналогия теплового и электрического сопротивлений.
Стационарное поле температуры в цилиндре, зависящее только от радиуса.

Температурное поле в стенке при наличии тепловыделения.

Перенос тепла в ребрах (теплопроводность с конвекцией).

Температурные поля, изменяющиеся только во времени.

Нестационарная. теплопроводность в полубесконечном теле. Различные условия на границе.

Построение вариационной постановки задачи теплопроводности методом Галеркина.

Метод конечных элементов для задач теплопроводности

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-16:

Лабораторная работа 1. Исследование задач теплопроводности и температурных полей.

Лабораторная работа 2. Решение задачи нестационарной теплопроводности.

Лабораторная работа 3. Применение метода конечных элементов для задач теплопроводности и термоупругости.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все практические задания выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий и результаты работы представлены преподавателю.
отлично	Все практические задания выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий и результаты работы представлены преподавателю.
очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задания или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
хорошо	Выполнены часть этапов решения задания или задача решена с недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
	Результаты работы представлены преподавателю в срок.
удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задания или задача решена с существенными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
неудовлетворительно	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, результаты работы не представлены преподавателю).
плохо	Студент не приступал к выполнению заданий.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора 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 несущественных 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 несущественными недочетами, выполнены все	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						задания в полном объеме	
<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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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-15

Основные предположения. Соотношения Дюамеля-Неймана. Постановка задачи термоупругости. Причины возникновения температурных напряжений. Разделение напряжений, обусловленных температурой и внешними нагрузками и связью с деформацией. Формулировка в перемещениях, аналогия С.П. Тимошенко. Постановка в напряжениях. 3d задачи, в которых напряжения равны нулю. 3d задачи, в которых перемещения равны нулю.

Плоские задачи термоупругости. Плоская деформация, условия на распределение температуры при плоской деформации.

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 с изменением температуры только по высоте, различные случаи распределения температуры (линейный, квадратичный, кубический). Задача о деформировании кольца (цилиндра) при радиальном распределении температуры.

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.

Температурные напряжения в свободных и несвободных балках. Расчет статически определимых структур, определение перемещений с помощью интеграла Мора. Расчет статически неопределимых структур. Модификация методов сил для перемещений для случая термоупругости.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-16

Способы теплообмена: теплопроводность, конвекция, излучение. Закон Фурье, уравнение теплопроводности Фурье, начальные и граничные условия, размерность и безразмерный вид, числа Био и Фурье.

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.

Теплообмен в ребрах, различные условия на торце, коэффициент интенсивности ребра.

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
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных

Оценка	Критерии оценивания
	задач.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-15

1. Температурное расширение свободного тела: задано поле температур в виде линейной функции $T = a + bx + cy + dz$. Найти поле перемещений. Определить напряжения
2. Изменение объема тела: в кубе с ребром 1 см задано поле температур в виде линейной функции $T = a + bx + cy + dz$. Найти объем тела.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все практические задания выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий и результаты работы представлены преподавателю.
отлично	Все практические задания выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий и результаты работы представлены преподавателю.
очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задания или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
хорошо	Выполнены часть этапов решения задания или задача решена с недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задания или задача решена с существенными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
неудовлетворительно	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, результаты работы не представлены преподавателю).
плохо	Студент не приступал к выполнению заданий.

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

Основная литература:

1. Жидков А. В. Вычислительная гидродинамика. математические модели жидкостей и газов : учебно-методическое пособие / Жидков А. В., Любимов А. К. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. - 42 с. - Рекомендовано методической комиссией института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по специальности 01.05.01 Фундаментальная математика и механика, по направлениям 01.03.03 Механика и математическое моделирование, 01.03.02 Прикладная математика и информатика, 01.03.01 Математика, 02.03.01 Математика и компьютерные науки. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783172&idb=0>.
2. Жидков Александр Васильевич. Элементы тензорного исчисления в евклидовом пространстве: тензорная алгебра : учебно-методическое пособие / А. В. Жидков, В. В. Шабаров ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 80 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851271&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Новацкий Витольд. Теория упругости / пер. с пол. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1975. - 872 с. : с черт. - 3435.00., 4 экз.

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

1. МИР МАТЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

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

2. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
3. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
4. Пакет программ ЛОГОС

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 1. Специальное образовательное пространство «Учебно-лабораторный интерактивный комплекс "Суперкомпьютерное моделирование, проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники", для проведения лабораторных и практических занятий, предусмотренных программой, оснащенное

- высокопроизводительной вычислительной системой: программно-аппаратным комплексом «Логос» (коммерческая лицензия);
- учебный класс с 15 персональными компьютерами с установленным специализированным прикладным программным обеспечением: программный комплекс инженерного назначения Логос (академическая лицензия);
- сетевым оборудованием для доступа к высокопроизводительному ПАК «Логос»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

2. Специальное образовательное пространство «Инженерный анализ, моделирование и проектирование электронных устройств и двух учебных классов, для проведения лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы, предусмотренных программой, оснащенное
- 2 учебных класса по 9 персональных компьютеров с установленным специализированным прикладным программным обеспечением (академические лицензии): ПО Логос Аэро-Гидро, ПО Логос-Прочность, ПО Логос-Препост, ПО Логос-Платформа;
 - сетевым оборудованием для обеспечения инженерных расчетов с рабочих мест на удаленных высокопроизводительных ресурсах, каналом доступа к высокопроизводительным вычислительным системам: вычислительный центр РФЯЦ-ВНИИЭФ, суперкомпьютер «Лобачевский»;
 - офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Жидков Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

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