

Подписано электронной подписью:
Вержицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»
Дата и время: 2024-02-21 00:00:00
471086fad29a3b30e244e728abc3661ab35e9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Кузбасский гуманитарно-педагогический институт
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ А. В. Фомина
«09» февраля 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

К.М.05.02 Численные методы решения краевых задач

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки

Математическое моделирование

Программа
магистратуры

Квалификация выпускника
магистр

Форма обучения
очная

Год набора 2022

Новокузнецк 2023

Оглавление

| | |
|--|---|
| 1 Цель дисциплины. | 3 |
| 1.1 Формируемые компетенции | 3 |
| 1.2 Индикаторы достижения компетенций | 3 |
| 1.3 Знания, умения, навыки (ЗУВ) по дисциплине | 4 |
| 2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации. | 4 |
| 3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины. | 5 |
| 3.1 Учебно-тематический план | 5 |
| 3.2. Содержание занятий по видам учебной работы | 5 |
| 4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации. | 7 |
| 5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины. | 7 |
| 5.1 Учебная литература | 7 |
| 5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины. | 8 |
| 5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы. | 8 |
| 6 Иные сведения и (или) материалы. | 9 |
| 6.1. Примерные вопросы для промежуточной аттестации | 9 |

1 Цель дисциплины.

В результате освоения данной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы магистратуры (далее - ОПОП): ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем

Содержание компетенций как планируемых результатов обучения по дисциплине см. таблицы 1 и 2.

1.1 Формируемые компетенции

Таблица 1 - Формируемые дисциплиной компетенции

| Наименование вида компетенции (универсальная, общепрофессиональная, профессиональная) | Наименование категории (группы) компетенций | Код и название компетенции |
|--|--|---|
| профессиональная | Научно-исследовательская | ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем |

1.2 Индикаторы достижения компетенций

Таблица 2 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

| Код и название компетенции | Индикаторы достижения компетенции по ОПОП | Дисциплины и практики, формирующие компетенцию ОПОП |
|---|---|---|
| ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем | ПК 1.1. Осуществляет разработку планов и методических программ проведения исследований, организует проведение исследования. ПК 1.2. Организует сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок. ПК 1.3. Оценивает качество формализации и алгоритмизации поставленных задач ПК 1.4. Оценивает качество и эффективности программного кода. Принимает решения по его изменению. ПК 1.5. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений. ПК 1.6. Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений. ПК 1.7. Проводит разработку и оценку качества технической документации | К.М.05.01 Организация и планирование НИР и ОКР К.М.05.02 Численные методы решения краевых задач К.М.05.03 Алгоритмизация математических моделей К.М.05.04 Методы конечных элементов К.М.05.05 Семинар по научно-исследовательской работе К.М.05.06 Технологии разработки программного обеспечения для научных исследований К.М.05.07 Математические модели упругости, пластичности и ползучести К.М.05.ДВ.01.01 Моделирование прочности устойчивости и динамики конструкций К.М.05.ДВ.01.02 Математические модели гидродинамики К.М.06.04(Пд) Преддипломная практика К.М.07.01(Д) Выполнение и защита выпускной квалификационной работы |

1.3 Знания, умения, навыки (ЗУВ) по дисциплине

Таблица 3 – Знания, умения, навыки, формируемые дисциплиной

| Код и название компетенции | Индикаторы достижения компетенции, закрепленные за дисциплиной | Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной |
|---|--|---|
| ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем | <p>ПК 1.3 Оценивает качество формализации и алгоритмизации поставленных задач</p> <p>ПК 1.4. Оценивает качество и эффективности программного кода. Принимает решения по его изменению.</p> <p>ПК 1.5. Проводит анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.</p> <p>ПК 1.6 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений.</p> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы построения алгоритмов на основе современных математических методов для решения прикладных задач; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить научные исследования и анализировать их результаты с использованием новейших математических и информационных достижений, -использовать современные достижения в своей профессиональной деятельности, исследовать и разрабатывать математические модели, алгоритмы, методы, программное обеспечение, инструментальные средства по тематике проводимых научно-исследовательских проектов, <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками алгоритмизации прикладных задач, разработки программного обеспечения для их реализации; - навыками анализа, обобщения научных данных, результатов экспериментов наблюдений |

2 Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий.

Формы промежуточной аттестации.

Таблица 4 – Объем и трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

| Общая трудоемкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах | Объём часов по формам обучения | |
|---|--------------------------------|------|
| | ОФО | ОЗФО |
| 1 Общая трудоемкость дисциплины | 108 | |
| 2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего) | 32 | |
| Аудиторная работа (всего): | 32 | |
| в том числе: | | |
| лекции | 16 | |
| практические занятия, семинары | | |
| практикумы | | |
| лабораторные работы | 16 | |
| в интерактивной форме | | |
| в электронной форме | | |
| Внеаудиторная работа (всего): | | |
| в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем | | |
| подготовка курсовой работы /контактная работа | | |

| | | |
|--|----|--|
| групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем) | | |
| творческая работа (эссе) | | |
| 3 Самостоятельная работа обучающихся (всего) | 76 | |
| 4 Промежуточная аттестация обучающегося - зачет: | | |

3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

3.1 Учебно-тематический план

Таблица 5 - Учебно-тематический план очной / очно-заочной формы обучения

| № недели п/п | Разделы и темы дисциплины по занятиям | Общая трудоёмкость (всего час.) | Трудоёмкость занятий (час.) | | | | | | Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости |
|------------------|--|---------------------------------|-----------------------------|--------|-----|-------------------|--------|-----|---|
| | | | ОФО | | | ОЗФО | | | |
| | | | Аудиторн. занятия | | СРС | Аудиторн. занятия | | СРС | |
| | | | лекц. | лабор. | | лекц. | лабор. | | |
| Семестр 1 | | | | | | | | | |
| 1-6 | Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных | 32 | 6 | 6 | 20 | | | | Расчетно-графическая работа |
| 7-9 | Вариационно- и проекционно-разностные схемы | 24 | 2 | 2 | 20 | | | | |
| 10-16 | Алгоритмы численного решения краевых задач | 32 | 6 | 6 | 20 | | | | |
| 17-18- | Методы конечных элементов | 20 | 2 | 2 | 16 | | | | |
| | Всего: | 108 | 16 | 16 | 76 | | | | Зачет |

3.2. Содержание занятий по видам учебной работы

Таблица 6 – Содержание дисциплины

| № п/п | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание занятия |
|-------------------------------------|--|--|
| Семестр 1 | | |
| <i>Содержание лекционного курса</i> | | |
| 1 | Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных | 1.1 Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение. 1.2. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения. Прогонка. 1.3. Разностные схемы для ОДУ. Аппроксимация и устойчивость. Общие теоремы о сходимости. 1.4. Исследование устойчивости. Спектральный признак устойчивости. 1.5. Построение разностных схем для уравнений в частных производных. Условие Куранта, Фридрихса и Леви. Основные приемы исследования устойчивости. 1.6. Задачи с двумя пространственными переменными. Схемы расщепления. Эллиптические задачи. Метод установления. |
| 2 | Вариационно- и проекционно-разностные | 2.1 Вариационно- и проекционно-разностные схемы. Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина. Энергетические нормы. |

| № п/п | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание занятия |
|---|--|--|
| | схемы | Теоремы о сходимости и оценка погрешности в энергетической норме. |
| 3 | Алгоритмы численного решения краевых задач | 3.1 Методы решения систем уравнений с разреженной матрицей. Схемы хранения. 3.2 Общая теория итерационных методов решения систем уравнений. Линейная сходимость. 3.3 Ускорение. Чебышевское ускорение. Предобуславливание. 3.4 Методы второго порядка. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием. Частичная факторизация. |
| 4 | Методы конечных элементов (МКЭ) | 4.1 Конечные элементы и аппроксимация. Оценка погрешности аппроксимации. 4.2 Конечные элементы в нелинейных краевых задачах. 4.3 Задачи теории упругости. 4.4 Задачи анализа колебаний. 4.5 Граничные интегральные уравнения. Способы аппроксимации функций на границе. 4.6 Особенности решения осесимметричных задач. Учет анизотропии и неоднородности. 4.7 Нестационарные задачи. |
| <i>Содержание практических занятий</i> | | |
| 1 | Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных | 1.1 Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение. 1.2. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения. Прогонка. 1.3. Разностные схемы для ОДУ. Аппроксимация и устойчивость. Общие теоремы о сходимости. 1.4. Исследование устойчивости. Спектральный признак устойчивости. 1.5. Построение разностных схем для уравнений в частных производных. Условие Куранта, Фридрихса и Леви. Основные приемы исследования устойчивости. 1.6. Задачи с двумя пространственными переменными. Схемы расщепления. Эллиптические задачи. Метод установления. |
| 2 | Вариационно- и проекционно-разностные схемы | 2.1 Вариационно- и проекционно-разностные схемы. Метод взвешенных невязок. Метод Галеркина. Энергетические нормы. Теоремы о сходимости и оценка погрешности в энергетической норме. |
| 3 | Алгоритмы численного решения краевых задач | 3.1 Методы решения систем уравнений с разреженной матрицей. Схемы хранения. 3.2 Общая теория итерационных методов решения систем уравнений. Линейная сходимость. 3.3 Ускорение. Чебышевское ускорение. Предобуславливание. 3.4 Методы второго порядка. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием. Частичная факторизация. |
| 4 | Методы конечных элементов (МКЭ) | 4.1 Конечные элементы и аппроксимация. Оценка погрешности аппроксимации. 4.2 Конечные элементы в нелинейных краевых задачах. 4.3 Задачи теории упругости. 4.4 Задачи анализа колебаний. 4.5 Граничные интегральные уравнения. Способы аппроксимации функций на границе. 4.6 Особенности решения осесимметричных задач. Учет анизотропии и неоднородности. 4.7 Нестационарные задачи. |
| Промежуточная аттестация - <i>зачет</i> | | |

4 Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 7.

Таблица 7 - Шкала и показатели оценивания результатов учебной работы обучающихся по видам в балльно-рейтинговой системе (БРС)

| Учебная работа (виды) | Сумма баллов | Виды и результаты учебной работы | Оценка в аттестации (шкала и показатели оценивания) | Баллы |
|--|--------------|---|--|-------------|
| Текущая учебная работа в семестре (Посещение занятий по расписанию и выполнение заданий) | 80 | Лекционные занятия (конспект) (8 занятий) | 2 балл посещение 1 лекционного занятия | 8 - 16 |
| | | Расчетно-графическая работа (отчет о выполнении). | 32 баллов - выполнение работы на 51-65% 64 баллов –самостоятельность и выполнение работы на 85,1-100% | 32 - 64 |
| Итого по текущей работе в семестре | | | | 41 - 80 |
| Промежуточная аттестация (зачет) | 20 | Устный ответ 1. | 6 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение) | 6 - 10 |
| | | Устный ответ 2. | 6 баллов (пороговое значение) 10 баллов (максимальное значение) | 6 - 10 |
| Итого по промежуточной аттестации (зачету) | | | | 12 - 20 б. |
| Суммарная оценка по дисциплине: Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации | | | | 51 – 100 б. |

В промежуточной аттестации оценка выставляется в ведомость в 100-балльной шкале и в буквенном эквиваленте (таблица 8)

Таблица 8 – Соотнесение 100-балльной шкалы и буквенного эквивалента оценки

| Сумма набранных баллов | Уровни освоения дисциплины и компетенций | Экзамен | | Зачет |
|------------------------|--|---------|----------------------|----------------------|
| | | Оценка | Буквенный эквивалент | Буквенный эквивалент |
| 86 - 100 | Продвинутый | 5 | отлично | Зачтено |
| 66 - 85 | Повышенный | 4 | хорошо | |
| 51 - 65 | Пороговый | 3 | удовлетворительно | |
| 0 - 50 | Первый | 2 | неудовлетворительно | Не зачтено |

5 Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

5.1 Учебная литература

Основная учебная литература

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 9-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 636 с. — ISBN 978-5-00101-836-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126099>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. (Глава 9. Численные методы решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, глава 10. Методы решения уравнений в частных производных.)

2. Формалев, В. Ф. Численные методы : учебник / В. Ф. Формалев, Д. Л.

Ревизников. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 400 с. — ISBN 5-9221-0479-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/48183>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. (Раздел II Численные методы решения задач для уравнений математической физики)

Дополнительная учебная литература

1. Абакумов, М.В. Лекции по численным методам математической физики [Электронный ресурс] : учебн. пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин— Электрон. текстовые дан. — Москва: ИНФРА-М, 2013. — 158 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=364601>

2. Каледин, В. О. Методы конечных и граничных элементов : учебное пособие / В. О. Каледин. — Новокузнецк : НФИ КемГУ, 2017. — 102 с. — ISBN 978-5-8353-1971-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169598>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.2 Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

Учебные занятия по дисциплине проводятся в учебных аудиториях НФИ КемГУ:

| | |
|---|---|
| <p>410 Учебная аудитория (мультимедийная) для проведения: - занятий лекционного типа; - групповых и индивидуальных консультаций; - текущего контроля и промежуточной аттестации; Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, моноблоки аудиторные. Оборудование: стационарное - компьютер, экран, проектор. Используемое программное обеспечение: MSWindows, LibreOffice (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО). Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.</p> | <p>654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Metallургов, д. 19</p> |
| <p>508 Лаборатория компьютерного моделирования Учебная аудитория (мультимедийная) для проведения: - занятий лабораторного типа; - групповых и индивидуальных консультаций; - самостоятельной работы; - текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы, стулья. Оборудование для презентации учебного материала: стационарное - компьютер преподавателя, проектор, экран. Лабораторное оборудование: стационарное – компьютеры для обучающихся (18 шт.). Используемое программное обеспечение: MSWindows, LibreOffice (свободно распространяемое ПО), FoxitReader (свободно распространяемое ПО), Firefox 14 (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО), Opera 12 (свободно распространяемое ПО), MicrosoftVisualStudio, Интерпретатор "Ядро" (отечественное ПО, лицензионный договор №1 от 16.06.2020 г. до 16.06.2025 г.); Среда функционально-объектного программирования "Алгозит" (отечественное ПО, лицензионный договор №2 от 16.06.2020 г. до 16.06.2025 г.). Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.</p> | <p>654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, пр-кт Metallургов, д. 19</p> |

5.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

Перечень СПБД и ИСС по дисциплине

1. Информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»

- <http://window.edu.ru/catalog/>

2. Базы данных и аналитические публикации на портале «Университетская информационная система Россия» - <https://uisrussia.msu.ru/>

3. Новые информационные технологии и программы - Сайт о свободном программном обеспечении и новых информационных технологиях - <http://pro-spo.ru/>

4. CITForum.ru - on-line библиотека свободно доступных материалов по информационным технологиям на русском языке - <http://citforum.ru>

5. База «Научная электронная библиотека». — Электрон. прогр.–[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://elibrary.ru> , свободный. – Загл. с экрана.

6. Общероссийский математический портал (информационная система) - <http://www.mathnet.ru/>

7. Экспонента центр инженерных технологий и моделирования - <http://www.exponenta.ru>

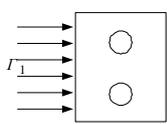
8. Science Direct содержит более 1500 журналов издательства Elsevier, среди них издания по математике и информатике. <https://www.sciencedirect.com>

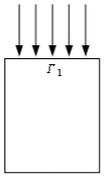
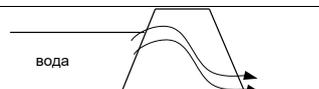
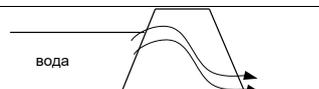
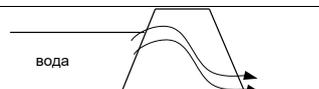
9. Крупнейший веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки- <https://github.com/>

6 Иные сведения и (или) материалы.

6.1. Примерные вопросы для промежуточной аттестации

Таблица 9 - Примерные теоретические вопросы и задания к зачету

| Разделы и темы | Примерные теоретические вопросы | Примерные практические задания |
|--|---|--|
| Теория разностных схем. Разностные схемы для уравнений в частных производных | <ol style="list-style-type: none"> 1. Разностные уравнения 1-го и 2-го порядка. Общее решение. 2. Линейная краевая задача для уравнений 2-го порядка. Фундаментальные решения. 3. Алгоритм трехдиагональной прогонки (с обоснованием). 4. Разностные схемы для ОДУ-1 и ОДУ-2. 5. Аппроксимация разностной схемы. 6. Устойчивость разностной схемы. 7. Общие теоремы о сходимости. 8. Спектральный признак устойчивости. 9. Схемы Рунге-Кутты. 10. Разностные схемы для уравнений в частных производных. 11. Условие Куранта, Фридрихса и Леви. 12. Схемы расщепления. 13. Разностные схемы для эллиптических задач. 14. Метод установления. | <p>Дана двумерная задача теплопроводности:</p> $K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = c\rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, 0 \leq t \leq t_0$ <p>где K_{xx}, K_{yy} – коэффициенты теплопроводности, в направлениях x, y размерности $кВт/м \cdot К$; c – коэффициент теплоемкости; ρ – плотность материала.</p> <p>Структура области: Размеры сечения: 20х30 см. Радиус включения: 6 см. Материал: Сталь, Бетон (включения)</p>  <p>Граничные условия: $\Gamma_1=1,$ $T _{\Gamma_1}=T^*, T^*=1000 К$ на других границах 3. $q_n _{\Gamma_1}=h(T-T_\infty)$</p> <p>В формулах для граничных условий q – поток тепла, $кВт/м^2$; h – коэффициент теплообмена, $53 кВт/м^2 \cdot К$; T_∞ – температура окружающей среды, $293 К$; T – температура на границе (неизвестная);</p> <p>Начальные условия: $T(x, y, 0) = \psi(x, y)$. $\psi(x, y) = 20 \cos x + y + 293$ Порядок точности не ниже второго. Метод дискретизации – метод конечных разностей (МКР). Метод решения получаемой системы алгебраических уравнений выбирается самостоятельно.</p> |
| Вариационно-и проекционно-разностные | <ol style="list-style-type: none"> 15. Вариационно-разностные схемы. 16. Проекционно-разностные схемы. | |

| схемы | 17. Метод взвешенных невязок. 18. Метод Рунге. 19. Энергетические нормы. 20. Оценка погрешности в энергетической норме. | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|---|---|
| Алгоритмы численного решения краевых задач | 21. Схемы хранения разреженных матриц. 22. Алгоритмы решения систем с линейной сходимостью. 23. Чебышевское ускорение. 24. Предобуславливание. 25. Методы второго порядка. 26. Метод сопряженных градиентов с предобуславливанием. 27. Частичная факторизация. | <p>Пусть дана задача теплопроводности для бетонной пластины с 3 теплоизолированными кромками и с граничным условием 3 рода на одной из кромок (рисунок 1):</p> $K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = c\rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, \quad q_n _{\Gamma_1} = h(T - T_\infty),$ <p>где K_{xx}, K_{yy} – коэффициенты теплопроводности, в направлениях x, y размерности $кВт/м \cdot K$ (указываются в зависимости от варианта); h – коэффициент теплообмена размерности $кВт/м^2 \cdot K$ (указывается в зависимости от варианта); T_∞ – температура окружающей среды, 293 К; c – коэффициент теплоемкости бетона; ρ – плотность бетона.</p>  <p>Рисунок 1 – Прямоугольная пластина</p> <p>Составить неявную схему для данной задачи и решить полученную систему уравнений несколькими методами в зависимости от варианта. При этом необходимо выполнить следующие задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработать программу решения СЛАУ (должна быть отдельная процедура для дальнейшего использования) задачи теплопроводности. 2. Исследовать скорость сходимости. 3. Исследовать влияние ускорения <table border="1" data-bbox="774 936 1417 996"> <tr> <td>Метод решения СЛАУ</td> <td>Предобуславливание</td> <td>Коэффициент теплоотдачи</td> <td>Коэффициенты теплопроводности</td> </tr> <tr> <td>Рунге-Кутты и Якоби</td> <td>диагональное</td> <td>53</td> <td>46, 46</td> </tr> </table> | Метод решения СЛАУ | Предобуславливание | Коэффициент теплоотдачи | Коэффициенты теплопроводности | Рунге-Кутты и Якоби | диагональное | 53 | 46, 46 |
| Метод решения СЛАУ | Предобуславливание | Коэффициент теплоотдачи | Коэффициенты теплопроводности | | | | | | | |
| Рунге-Кутты и Якоби | диагональное | 53 | 46, 46 | | | | | | | |
| Методы конечных элементов | 1. Конечные элементы и аппроксимация. 2. Оценка погрешности конечно-элементной аппроксимации. 3. Конечные элементы в нелинейных краевых задачах. 4. Конечные элементы в краевых задачах теории упругости. 5. Конечные элементы в задачах анализа колебаний. 6. Граничные интегральные уравнения. 7. Способы аппроксимации функций на границе. 8. Особенности решения осесимметричных задач. 9. Нестационарные задачи. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Получить локальную матрицу конечных элементов для задачи. 2. Получить разрешающую систему. 3. Решить соответствующую задачу и исследовать сходимость. <table border="1" data-bbox="790 1093 1492 1232"> <thead> <tr> <th>№ п/п</th> <th>Задачи</th> <th>Элементы</th> <th>Область</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Задача фильтрации</td> <td>Симплекс изопараметрический треугольник</td> <td>  </td> </tr> </tbody> </table> | № п/п | Задачи | Элементы | Область | 1 | Задача фильтрации | Симплекс изопараметрический треугольник |  |
| № п/п | Задачи | Элементы | Область | | | | | | | |
| 1 | Задача фильтрации | Симплекс изопараметрический треугольник |  | | | | | | | |

Составитель (и): Каледин В.О., профессор