

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Левихин А.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕТОДЫ РАСЧЕТА В АЭРОГАЗОДИНАМИКЕ

Направление/специальность подготовки	24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ _____

Клочков Александр Викторович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц. _____

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ РАСЧЕТА В АЭРОГАЗОДИНАМИКЕ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.3 — Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов

ПК-1.6 — Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-1.3

знания:

на уровне представлений знать:

- классификацию систем уравнений в частных производных ;
- основные свойства и требования, предъявляемые к разностным схемам;
- понятие корректной дифференциальной и разностной краевой задачи, типы граничных условий;
- типы расчетных сеток, их достоинства и недостатки;
- принципы и методы проектирования разностных схем для решения уравнений в частных

производных различного типа;

- понятия аппроксимации, устойчивости и экономичности разностных схем;

умения:

теоретически и практически уметь:

- формулировать краевые условия для различных задач газовой динамики;
- проводить анализ разностных схем на сходимость, устойчивость, порядок аппроксимации,

экономичность и т.д.;

навыки:

иметь навыки и владеть

- методами постановки корректной дифференциальной и разностной краевой задачи
- методами построения разностных сеток
- методами решения систем уравнений разностной краевой задачи.

ПК-1.6

знания:

на уровне представлений знать:

- перспективные подходы, применяемые для решения многомерных задач газовой динамики, их достоинства и недостатки);

- различные алгоритмические приемы, применяемые для решения систем дифференциальных уравнений различного типа;

умения:

теоретически и практически уметь:

- решать системы дифференциальных уравнений различными методами;
- произвести анализ полученных результатов расчета;

навыки:

иметь навыки и владеть

- навыками использования современных вычислительных пакетов;
- навыками анализа полученных результатов расчета.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕТОДЫ РАСЧЕТА В АЭРОГАЗОДИНАМИКЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ПРИКЛАДНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен обрабатывать опытные данные физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники
- ПК-1.6 — Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.3	ПК-1.6
4	7	Раздел 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методиках их решения. Цели и задачи курса. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методиках их решения. Классификация дифференциальных уравнений. Постановка краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Корректность краевой задачи.	8	4	4	0	4	10	10
4	7	Раздел 2. Метод сеток. Сетки и сеточные функции. Краевые условия. Разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Методы построения конечноразностных аппроксимаций. Примеры разностных схем. Явные и неявные разностные схемы.	39	13	3	10	26	30	30
4	7	Раздел 3. Свойства разностных схем. Сходимость разностной схемы. Аппроксимация разностной схемы. Устойчивость разностной схемы. Зависимость между аппроксимацией и устойчивостью. Свойства консервативности и экономичности схем. Спектральный признак устойчивости. Условие устойчивости Куранта-Фридрихса-Леви. Метод прогонки.	45	16	4	12	29	30	30
4	7	Раздел 4. Методы решения сеточных уравнений. Разностные схемы для двумерных задач. Метод дробных шагов в разностных схемах расщепления. Методы решения уравнения Пуассона. Прямые и итерационные методы. Методы установления. Разностные схемы для уравнения переноса вихря. Разностные схемы для расчета движения сжимаемого газа. Схемы с явной и неявной искусственной вязкостью. Методы, основанные на интегральных законах сохранения. Метод С.К.Годунова. Метод Харлоу - частиц в ячейках.	52	18	6	12	34	30	30
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Метод сеток.	Расчет теплового состояния тела с помощью явной разностной схемы. Исследование устойчивости явной разностной схемы для уравнения одномерной нестационарной теплопроводности.	10
2	Раздел 3. Свойства разностных схем.	Расчет теплового состояния тела с помощью неявной разностной схемы. Исследование свойств неявной разностной схемы для уравнения одномерной нестационарной теплопроводности.	12
3	Раздел 4. Методы решения сеточных уравнений.	Решение двумерной задачи теплового состояния тела при произвольных краевых условиях различными методами.	12
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методиках их решения.	Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	4
2	Раздел 2. Метод сеток.	Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе Подготовка к практическим работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам.	26
3	Раздел 3. Свойства	Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам	29

	разностных схем.	лекций и рекомендуемой литературе Подготовка к практическим работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам.	
4	Раздел 4. Методы решения сеточных уравнений.	Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе Подготовка к лабораторным работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам. Подготовка программы расчета. Анализ и обоснование достоверности полученных результатов.	34
Всего за 7 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7					ВРЗД	ДР		ИПЗ		ДР						ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Самарский. . Введение в численные методы. СПб.: Лань, 2005, 6 экз.
2. А. А. Самарский. . Теория разностных схем. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983, 13 экз.
3. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, эл. рес.
4. В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию разностных схем. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
5. В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию разностных схем. М.: Юрайт, 2020, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. А. Самарский, А. П. Михайлов. . Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001, 2 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://intuit.ru/studies/courses/1170/213/lecture/5489?page=1> — НОУ ИНТУИТ | Лекция | Исследование разностных схем для эволюционных уравнений на устойчивость и сходимость;;
2. <https://intuit.ru/studies/courses/1170/213/lecture/5491> — НОУ ИНТУИТ | Лекция | Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа на примере уравнения теплопроводности;;
3. <https://intuit.ru/studies/courses/1170/213/lecture/5503> — НОУ ИНТУИТ | Лекция | Методы расщепления;
4. <https://intuit.ru/studies/courses/1170/213/lecture/5499> — НОУ ИНТУИТ | Лекция | Численное решение уравнений в частных производных эллиптического типа на примере уравнений Лапласа и Пуассона;.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Qt Creator 4.11.14;
2. MATLAB R 2015a.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Qt Creator 4.11.14;
2. MATLAB R 2015a.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МЕТОДЫ РАСЧЕТА В АЭРОГАЗОДИНАМИКЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.03.03 *Баллистика и гидроаэродинамика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.3 Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов;

ПК-1.6 Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численным решением уравнений математической физики при решении инженерных задач аэрогазодинамики и тепломассопереноса.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методиках их решения.		
Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	А. А. Самарский, А. П. Михайлов. . Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001 (1) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (1) А. А. Самарский. . Введение в численные методы: СПб.: Лань, 2005 (1) А. А. Самарский. . Теория разностных схем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983 (1,2)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Метод сеток.		
Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе Подготовка к практическим работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам.	В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию разностных схем: Москва: Юрайт, 2020 (2,3,4) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (3) А. А. Самарский. . Теория разностных схем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983 (3)	26
Итого по разделу 2		26
Раздел 3. Свойства разностных схем.		
Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе Подготовка к практическим работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам.	В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию	29

	разностных схем: М.: Юрайт, 2020 (4)	
Итого по разделу 3		29
Раздел 4. Методы решения сеточных уравнений.		
Изучение предусмотренных программой разделов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе Подготовка к лабораторным работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам. Подготовка программы расчета. Анализ и обоснование достоверности полученных результатов.	А. А. Самарский. . Теория разностных схем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983 (7) В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию разностных схем: Москва: Юрайт, 2020 (6)	34
Итого по разделу 4		34

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- индивидуальное практическое задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы по разделу

Студенту предлагается 3 вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Вопросы для текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

Индивидуальное практическое задание

Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

- в описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

- все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы;

- табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях

- при выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ;

- по каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Дифференцированный зачет

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит в форме зачета.

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

Зачет выставляется по результатам выполнения тестового задания, включающее 4 тестовых вопросов.

- оценка «зачтено» проставляется при правильном ответе не менее чем на 75% вопросов тестового задания; Тестовые вопросы приведены в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.3	ПК-1.6	
4	7	Раздел 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методиках их решения.	8	4	4	0	4	10	10	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 2. Метод сеток.	39	13	3	10	26	30	30	Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 3. Свойства разностных схем.	45	16	4	12	29	30	30	Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 4. Методы решения сеточных уравнений.	52	18	6	12	34	30	30	Индивидуальное практическое задание
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	100	

ПК-1.3 - Способен к разработке математических моделей и проведению расчетов в области динамики, баллистики и управления полетами ракет и космических аппаратов

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Укажите соответствие выражений типу граничных условий?

где:

u -искомая функция,

S -граница расчетной области,

n -нормаль к S

1.

$$\left(\frac{\partial u}{\partial n} + \alpha u \right)_S = f(x, y) \quad \text{А 1 -рода}$$

2.

$$\frac{\partial u}{\partial n} \Big|_S = f(x, y) \quad \text{Б 2-рода}$$

3.

$$u|_S = f(x, y) \quad \text{В 3-рода}$$

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что понимается под краевыми условиями дифференциальной задачи?

1. начальные условия и значения дифференциалов функции на краях расчетной области
2. граничные условия
3. совокупность начальных и граничных условий
4. дифференциальные уравнения на краях расчетной области

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Для решения уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

имеем неявную разностную схему

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{h^2}$$

Какой порядок аппроксимации она обеспечивает?

1. второй по t
2. второй по x
3. первый по x
4. первый по t

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Укажите разностные производные с первым порядком аппроксимации:

1.

$$\Lambda_x^- = \frac{u_i - u_{i-1}}{h}$$

2.

$$\Lambda_x^+ = \frac{u_{i+1} - u_i}{h}$$

3.

$$\Lambda_x^o = \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2h}$$

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Выберите правильную формулировку:

Собственной функцией оператора называется функция

1. применение к которой этого оператора эквивалентно умножению функции на функцию
2. применение к которой этого оператора эквивалентно умножению функции на число
3. применение к которой этого оператора равно собственному значению оператора

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой порядок аппроксимации имеет левая разностная производная

$$\Lambda_x^- = \frac{u_i - u_{i-1}}{h}$$

1. первый
2. второй
3. третий
4. зависит от шага расчетной сетки

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

1. А система параболического типа
характеристическое
уравнение системы

не имеет
действительных
корней

2.

характеристическое

уравнение системы

имеет 2

действительных

корня

3.

характеристическое

уравнение системы

имеет 1

действительный

корень

Б система гиперболического типа

В система эллиптического типа

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Для решения уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

имеем явную разностную схему

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2}$$

Какой порядок аппроксимации она обеспечивает?

1. первый по t

2. первый по x

3. второй по x

4. второй по t

№ 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Используя метод неопределенных коэффициентов получите представьте разностную производную в узле i в виде линейной комбинации значений сеточной функции в трех узлах i, i+1, i+2 и определите порядок аппроксимации

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_i = au_i + bu_{i+1} + cu_{i+2} + O(?)$$

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Используя метод неопределенных коэффициентов получите представьте разностную производную в узле i в виде линейной комбинации значений сеточной функции в трех узлах i, i-1, i-2 и определите порядок аппроксимации

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_i = au_i + bu_{i-1} + cu_{i-2} + O(?)$$

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите необходимые действия и укажите правильную последовательность при переходе от дифференциальной краевой задачи к разностной

1. Выражение исходных дифференциальных операторов через собственные значения
2. Формулирование разностных аналогов краевых условий
3. Замена области непрерывного изменения независимых переменных дискретной
4. Замена дифференциальных операторов их разностными аналогами
5. Задание начальных условий в виде гармонической функции
6. Приведение граничных условий к граничным условиям 2 и 3 рода

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите необходимые этапы и укажите их правильную последовательность при реализации метода скалярной прогонки

1. Нахождение значений искомой функции на левой границе расчетной области с использованием граничных условий и прогоночного соотношения
2. Определение прогоночных коэффициентов для левого границы расчетной области
3. Нахождение значений искомой функции на правой границе расчетной области с использованием граничных условий и прогоночного соотношения
4. Вычисление значений искомой функции с использованием прогоночных соотношений
5. Прогонка начальных условий для внутренних узлов сетки
6. Определение прогоночных коэффициентов для внутренних узлов сетки

ПК-1.6 - Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

От чего зависит порядок аппроксимации разностной схемы на равномерной расчетной сетке?

1. От шага расчетной сетки
2. От количества узлов сетки, использованных в разностном шаблоне
3. От степени, с которой шаг сетки входит в разностный шаблон
4. От условия устойчивости
5. От начальных условий

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какая функция является собственной функцией оператора дифференцирования

1. показательная
2. экспоненциальная
3. гиперболическая
4. логарифмическая
5. гармоническая
6. параболическая

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Выберите правильную формулировку теоремы Лакса-Рябенского

1. Решение линейной разностной краевой задачи (РКЗ) сходится к решению дифференциальной краевой задачи (ДКЗ), если РКЗ устойчива. При этом порядок точности РКЗ совпадает с порядком точности ДКЗ.
2. Решение нелинейной разностной краевой задачи (РКЗ) сходится к решению дифференциальной краевой задачи (ДКЗ), если РКЗ устойчива и аппроксимирует ДКЗ. При этом порядок аппроксимации РКЗ совпадает с порядком сходимости ДКЗ.
3. Решение линейной разностной краевой задачи (РКЗ) сходится к решению дифференциальной краевой задачи (ДКЗ), если РКЗ устойчива и аппроксимирует ДКЗ. При этом порядок аппроксимации РКЗ меньше, чем порядок сходимости ДКЗ.
4. Решение линейной разностной краевой задачи (РКЗ) сходится к решению дифференциальной краевой задачи (ДКЗ), если РКЗ устойчива и аппроксимирует ДКЗ. При этом порядок аппроксимации РКЗ совпадает с порядком сходимости ДКЗ.

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что называется спектром собственных значений оператора?

1. множество собственных решений оператора
2. множество собственных значений оператора
3. множество спектральных радиусов оператора
4. множество собственных функций оператора

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Что понимается под краевыми условиями дифференциальной задачи?

1. Значения дифференциалов функции на краях расчетной области
2. Граничные условия
3. Начальные условия
4. Дифференциальные уравнения на краях расчетной области
5. Конфигурация расчетной сетки на краях расчетной области

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Сформулируйте условие при котором разностная краевая задача (РКЗ) аппроксимирует исходную дифференциальную краевую задачу (ДКЗ)

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Для решения уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

имеем разностные схемы. Укажите соответствующие им критерии устойчивости

1. явная

А.

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2}$$

$$\tau > \frac{h^2}{2a}$$

2. неявная

Б.

$$\frac{2a\tau}{h^2} \leq 1$$

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{h^2}$$

В.

$$\tau \leq \frac{h^2}{2a}$$

Г. устойчива при любых значениях шага по времени

Д. неустойчива при любых значениях шага по времени и x

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите **неправильную** формулировку:

Разностная краевая задача является экономичной, если

1. число арифметических операций для перехода к следующему временному слою пропорционально числу неизвестных
2. порядок аппроксимации равен порядку сходимости
3. она аппроксимирует исходную дифференциальную задачу и устойчива
4. число арифметических операций для перехода к следующему временному слою пропорционально числу неизвестных в степени равной порядку аппроксимации

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Выберите необходимые действия и укажите правильную последовательность при переходе от дифференциальной краевой задачи к разностной

1. Выражение исходных дифференциальных операторов через собственные значения
2. Формулирование разностных аналогов краевых условий
3. Замена области непрерывного изменения независимых переменных дискретной
4. Замена дифференциальных операторов их разностными аналогами
5. Задание начальных условий в виде гармонической функции
6. Приведение граничных условий к граничным условиям 2 и 3 рода

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Сформулируйте условие и порядок аппроксимации разностной краевой задачей (РКЗ) исходной дифференциальной краевой задачи (ДКЗ)

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Для решения уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Имеем явную разностную схему:

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2}$$

Выберите необходимые этапы и укажите их правильную последовательность при реализации метода

1. Нахождение значений искомой функции на левой границе расчетной области с использованием граничных условий и прогоночного соотношения

2. Расчет шага по времени по условию устойчивости
3. Нахождение значений искомой функции на границах расчетной области с использованием граничных условий
4. Вычисление значений искомой функции с использованием прогоночных соотношений
5. Вычисление значений искомой функции для внутренних узлов сетки
6. Определение прогоночных коэффициентов для внутренних узлов сетки

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

Для решения уравнения теплопроводности имеем разностные схемы укажите какими преимуществами обладают эти схемы друг перед другом?

1. явная

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{h^2}$$

А. простота реализации

2. неявная

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{h^2}$$

Б. экономичность

В. безусловная устойчивость

Г. повышенный порядок аппроксимации

Д. повышенный порядок сходимости

Е. консервативность