


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
Декаан факультета

 Юнаев Л. П.
(подпись) ФИО
«31» 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ

Направление/специальность подготовки	24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектная баллистика ракет и космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
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)	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)								ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
				АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники

год набора группы: 2022

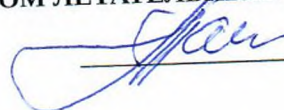
Программу составил:

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 Толпегин О.А., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ

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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

ОПК-1: способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности.;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.04 *Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОДИНАМИКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, ИНЖЕНЕРНЫЕ ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИНАМИКЕ ПОЛЕТА, ТАУ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен проводить экспериментальные исследования в области аэробаллистики, организовывать проведение научных космических исследований и разработок, а также представлять и аргументированно защищать полученные результаты
- ПСК-2 — Способность к разработке методик исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов
- ПСК-3 — Способность к проведению анализа летно-технических характеристик ЛА

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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		ОПК-1
4	7	Раздел 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методах их решения. Цели и задачи курса. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методах их решения. Классификация дифференциальных уравнений. Постановка краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Корректность краевой задачи.	8	4	4	0	4	20
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.	27	13	3	10	14	20
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.	33	16	4	12	17	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.	40	18	6	12	22	30
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	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 методах 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	14

		практическим работам, оформление и защита отчетов по лабораторным работам.	
3	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.	17
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.	22
Всего за 7 семестр			57

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. А. Самарский, А. П. Михайлов. . Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, эл. рес.
4. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
5. В. Н. Емельянов. Введение в теорию разностных схем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 54 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

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. Проектор;
2. Qt Creator 4.11.14;
3. 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 **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*. 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*:
ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности.

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 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (1-3) В. Н. Емельянов. Введение в теорию разностных схем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1-2) А. А. Самарский. . Введение в численные методы: СПб.: Лань, 2005 (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.	А. А. Самарский. . Введение в численные методы: СПб.: Лань, 2005 (1-3) А. А. Самарский, А. П. Михайлов. . Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005 (2-5) В. Н. Емельянов. Введение в теорию разностных схем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3-5)	14
Итого по разделу 2		14
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.	А. А. Самарский. . Введение в численные методы: СПб.: Лань, 2005 (4-5) В. Н. Емельянов. Введение	17

	в теорию разностных схем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (4-5)	
Итого по разделу 3		17
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.	В. Н. Емельянов. Введение в теорию разностных схем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (6-7) А. А. Самарский, А. П. Михайлов. . Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005 (2-3) А. А. Самарский. . Теория разностных схем: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983 (2-7)	22
Итого по разделу 4		22

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды 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

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Контроль по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета.

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

Оценка за дифференцированный зачет выставляется по результатам выполнения тестового задания, включающее 5 тестовых вопросов.

- оценка «удовлетворительно» проставляется при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов тестового задания;
- оценка «хорошо» проставляется при правильном ответе не менее чем на 80% вопросов тестового задания;
- оценка «отлично» проставляется при правильном ответе не менее чем на 90% 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		ОПК-1	
4	7	Раздел 1. Общие сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных и методиках их решения.	8	4	4	0	4	20	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 2. Метод сеток.	27	13	3	10	14	20	Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 3. Свойства разностных схем.	33	16	4	12	17	30	Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 4. Методы решения сеточных уравнений.	40	18	6	12	22	30	Индивидуальное практическое задание
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	