

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Направление/специальность подготовки	24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Специализация/профиль/программа подготовки	Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ 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	
3	6	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И \_\_\_\_\_  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Мелихов Кирилл Владиславович, старший преподаватель

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Маштаков А.П., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Маштаков А.П., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

## **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 — Способен использовать CALS-технологии и определять внешний облик изделий, разрабатывать состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1**

*знания:*

на уровне представлений знать принципы построения численных методов;

на уровне воспроизведения знать основные соотношения, лежащие в основе методов;

на уровне понимания знать особенности применения численных методов применительно к задачам проектирования;

*умения:*

теоретические: использовать изученные методы для решения прикладных задач;

практические: уметь проводить расчеты динамических задач и использовать их результаты в практике проектирования;

*навыки:*

работы в пакете Mathematica;

разработки и отладки программ численных расчетов в среде PascalABC.NET.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДИНАМИКА ЭЛЕМЕНТОВ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**.

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 для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 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	Лабораторный практикум		ПК-1
3	6	<b>Раздел 1. Работа в среде Pascal ABC.NET.</b> Особенности интерфейса и работы в среде Основные конструкции языка Pascal Средства отладки программ в среде Pascal ABC.NET.	9	3	3	0	6	10
3	6	<b>Раздел 2. Численные методы решения трансцендентных уравнений.</b> Метод простых итераций. Условие сходимости Метод половинного деления. Программная реализация Метод секущих Метод обратной параболической интерполяции Метод Ньютона. Особенности программной реализации Алгоритмы локализации корней.	17	7	5	2	10	15
3	6	<b>Раздел 3. Решение задач в пакете Wolfram Mathematica.</b> Введение в пакет Wolfram Mathematica. Особенности интерфейса и принципы работы в пакете. Простейшие операции. Понятие о числовых и символьных вычислениях Элементы программирования Решение алгебраических уравнений и систем Понятие списка. Работа с массивами и матрицами. Производные, интегралы и дифференциальные уравнения. Решение динамических задач. Построение графиков и полей функций двух переменных Решение задач оптимизации.	35	23	8	15	12	15
3	6	<b>Раздел 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений.</b> Алгоритм метода Гаусса и его программная реализация. Метод Гаусса для симметричных и ленточных матриц Понятие о выборе главного элемента.	6	3	3	0	3	10
3	6	<b>Раздел 5. Решение систем нелинейных уравнений.</b> Применение метода Ньютона для систем нелинейных алгебраических уравнений. Сведение задачи о поиске решения системы нелинейных алгебраических уравнений к оптимизационной.	9	3	3	0	6	10
3	6	<b>Раздел 6. Численные методы оптимизации.</b> Постановка нелинейной задачи оптимизации. Виды ограничений и способы их учета. Метод штрафных функций Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод случайного поиска. Особенности программной реализации Задачи оптимизации технических систем в процессе проектирования.	7	3	3	0	4	10
3	6	<b>Раздел 7. Вычисление определенных интегралов.</b> Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод Симпсона. Программная реализация.	7	3	3	0	4	10
3	6	<b>Раздел 8. Решение дифференциальных уравнений в полных производных и их систем (задача Коши).</b> Приведение различных форм записи уравнений динамики к стандартной форме Коши Метод Эйлера для одного дифференциального уравнения. Основное соотношение и геометрический смысл Оценка погрешности метода Эйлера. Понятие о порядке точности метода Проверка устойчивости метода Эйлера Погрешность округления в методе Эйлера Проблема выбора шага интегрирования. Методы оценки и изменения шага в процессе расчета Метод Эйлера для систем дифференциальных уравнений. Его программная реализация Метод Эйлера-Коши. Его геометрический смысл Метод Рунге-Кутты Метод Рунге-Кутты-Мерсона с автоматическим выбором шага. Его программная реализация.	9	3	3	0	6	10
3	6	<b>Раздел 9. Решение дифференциальных уравнений в частных производных.</b> Дифференциальное уравнение теплопроводности Типовые граничные условия к дифференциальному уравнению теплопроводности Методы аппроксимации производных. Явная схема. Алгоритм и программная реализация. Оценка точности и устойчивости Неявная схема. Алгоритм и программная реализация. Оценка точности и устойчивости.	9	3	3	0	6	10
<b>Всего за 6 семестр</b>			108	51	34	17	57	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Численные методы решения трансцендентных уравнений.	Сравнение эффективности решения трансцендентных уравнений различными методами	2
2	Раздел 3. Решение задач в пакете Wolfram Mathematica.	Работа в пакете Wolfram Mathematica. Элементы программирования	4
3		Решение уравнений и систем уравнений	2
4		Работа с массивами и матрицами	2
5		Производные, интегралы и дифференциальные уравнения. Решение динамических задач	4
6		Построение графиков и полей функций двух переменных. Решение задач оптимизации	3
Всего за 6 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Работа в среде Pascal ABC.NET.	Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение разделов курса «Информатика». Самостоятельное изучение языковых конструкций, программной реализации и интерфейса среды Pascal ABC.NET	6
2	Раздел 2. Численные методы решения трансцендентных уравнений.	Подготовка к аудиторному и лабораторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение методов простых итераций, половинного деления, секущих и Ньютона	5
3		Подготовка к лабораторной работе №1	5
4		Подготовка к лабораторной работе №6	2
5	Раздел 3. Решение задач в пакете Wolfram Mathematica.	Подготовка к контрольной работе №1	2
6		Подготовка к лабораторной работе №2	2
7		Подготовка к лабораторной работе №3	2
8		Подготовка к лабораторной работе №4	2
9		Подготовка к лабораторной работе №5	2
10	Раздел 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений.	Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала и темы «метод Гаусса»	3
11	Раздел 5. Решение систем нелинейных уравнений.	Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала	6
12	Раздел 6. Численные методы оптимизации.	Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Метод покоординатного спуска» и «Метод наискорейшего спуска» по учебной литературе	4
13	Раздел 7. Вычисление определенных интегралов.	Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Метод прямоугольников», «Метод трапеций» и «Метод Симпсона» по учебной литературе	4
14	Раздел 8. Решение дифференциальных уравнений в полных производных и их систем (задача Коши).	Подготовка к контрольной работе №2	3
15		Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Метод Эйлера для одного дифференциального уравнения. Основное соотношение и геометрический смысл», «Метод Эйлера для систем дифференциальных уравнений», «Метод Эйлера-Коши. Его геометрический смысл» и «Метод Рунге-Кутты» по учебной литературе	3
16	Раздел 9. Решение дифференциальных уравнений в частных производных.	Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Дифференциальное уравнение теплопроводности» и «Типовые граничные условия к дифференциальному уравнению теплопроводности» по учебной литературе	6
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>57</b>

### 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
6				ЛР		ДР		ЛР		ДР		ЛР		Контр.Р.		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;

- ЛР – лабораторная работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Паскаль. Программирование на языке высокого уровня. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 86 экз.
2. . Численное решение нелинейных уравнений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 200 экз.
3. . Численные методы. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
4. . Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
5. А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 66 экз.
6. В. А. Срочко. . Численные методы. СПб.: Лань, 2010, 5 экз.
7. В. Б. Барахнин, В. П. Шапеев. . Введение в численный анализ. СПб.: Лань, 2005, 7 экз.
8. Е. С. Баранова, Е. А. Исакова, А. М. Попов. . Линейная алгебра. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 64 экз.
9. Е. С. Баранова, П. М. Винник, Т. В. Винник. . Интегральное исчисление. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 221 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://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов..

### 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](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:

не требуется.

### 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. Лабораторные занятия:**

1. Проектор.

### **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 ПРОЕКТИРОВАНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1 Способен использовать CALS-технологии и определять внешний облик изделий, разрабатывать состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим моделированием и решением задач проектирования на компьютере:

- 1) решение вычислительных задач в пакете Wolfram Mathematica;
- 2) знакомство с численными методами и алгоритмами;
- 3) обучение их программной реализации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- контрольная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 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. Работа в среде Pascal ABC.NET.		
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение разделов курса «Информатика». Самостоятельное изучение языковых конструкций, программной реализации и интерфейса среды Pascal ABC.NET	. Паскаль. Программирование на языке высокого уровня: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1,2,3,4)	6
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Численные методы решения трансцендентных уравнений.		
Подготовка к аудиторному и лабораторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение методов простых итераций, половинного деления, секущих и Ньютона	. Численные методы: Москва: Юрайт, 2019 (2) В. А. Срочко. . Численные методы: СПб.: Лань, 2010 (3)	5
Подготовка к лабораторной работе №1		5
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Решение задач в пакете Wolfram Mathematica.		
Подготовка к лабораторной работе №6	В. П. Дьяконов. . Mathematica 5/6/7: М.: ДМК Пресс, 2012 (1,2,3,4)	2
Подготовка к контрольной работе №1		2
Подготовка к лабораторной работе №2		2
Подготовка к лабораторной работе №3		2
Подготовка к лабораторной работе №4		2
Подготовка к лабораторной работе №5		2
Итого по разделу 3		12
Раздел 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений.		
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала и темы «метод Гаусса»	Е. С. Баранова, Е. А. Исакова, А. М. Попов. . Линейная алгебра: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1,2,3)	3
Итого по разделу 4		3
Раздел 5. Решение систем нелинейных уравнений.		
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала	В. Б. Барахнин, В. П. Шапеев. . Введение в численный анализ: СПб.: Лань, 2005 (3,4) . Численное решение нелинейных уравнений: СПб.БГТУ	6

	"ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2,3)	
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Численные методы оптимизации.</b>		
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Метод покоординатного спуска» и «Метод наискорейшего спуска» по учебной литературе	Ю. Е. Нестеров. Введение в выпуклую оптимизацию: М.: Изд-во МЦНМО, 2010 (1,2,4,5)	4
Итого по разделу 6		4
<b>Раздел 7. Вычисление определенных интегралов.</b>		
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Метод прямоугольников», «Метод трапеций» и «Метод Симпсона» по учебной литературе	Е. С. Баранова, П. М. Винник, Т. В. Винник. . Интегральное исчисление: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1,4) В. А. Срочко. . Численные методы: СПб.: Лань, 2010 (4)	4
Итого по разделу 7		4
<b>Раздел 8. Решение дифференциальных уравнений в полных производных и их систем (задача Коши).</b>		
Подготовка к контрольной работе №2	. Численные методы решения краевых задач для дифференциальных уравнений: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (2,3)	3
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Метод Эйлера для одного дифференциального уравнения. Основное соотношение и геометрический смысл», «Метод Эйлера для систем дифференциальных уравнений», «Метод Эйлера-Коши. Его геометрический смысл» и «Метод Рунге-Кутты» по учебной литературе	. Численные методы: Москва: Юрайт, 2019 (5,6)	3
Итого по разделу 8		6
<b>Раздел 9. Решение дифференциальных уравнений в частных производных.</b>		
Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение тем «Дифференциальное уравнение теплопроводности» и «Типовые граничные условия к дифференциальному уравнению теплопроводности» по учебной литературе	А. А. Кононова, А. Л. Белкова. . Уравнения математической физики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1,2,3) . Вычислительная математика. Численные методы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (4,5)	6
Итого по разделу 9		6

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- контрольная работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- 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.

#### Контрольная работа

Каждая контрольная работа содержит два теоретических вопроса и две задачи. Ответ на теоретические вопросы даются преподавателю устно. Задачи подразумевают получение результатов решения посредством реализации программного кода на языке Pascal ABC.NET или в среде Wolfram Mathematica.

Контрольная работа считается сданной, если студент дал правильный ответ на оба вопроса, а результаты численного решения задач отличаются от эталонного не более, чем на 2%.

Варианты контрольных работ представлены в УМК дисциплины.

#### Лабораторная работа

Допуск к выполнению лабораторной работы происходит, при условии наличия у студента печатной версии титульного листа отчета по лабораторной работе, в форме устного собеседования по тематике лабораторной работы. Ответы на более 50% вопросов является допуском к лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном для отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Правильные ответы на более 50% вопросов является защитой лабораторной работы.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень вопросов к дифференцированному зачету представлен в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Допуском к сдаче дифференцированного зачета является выполнение всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий рабочей программы дисциплины.

Дифференцированный зачет по дисциплине проходит в форме устного собеседования и ответов на вопросы к дифференцированному зачету. Преподаватель задает четыре вопроса.

Правильный ответ на два вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-удовлетворительно" по дисциплине.

Правильный ответ на три вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-хорошо" по дисциплине.

Правильный ответ на четыре вопроса является основанием для получения студентом оценки "зачтено-отлично" по дисциплине.

Перечень вопросов к дифференцированному зачету представлен в УМК дисциплины.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-1	
3	6	Раздел 1. Работа в среде Pascal ABC.NET.	9	3	3	0	6	10	Контрольная работа
3	6	Раздел 2. Численные методы решения трансцендентных уравнений.	17	7	5	2	10	15	Контрольная работа, Лабораторная работа
3	6	Раздел 3. Решение задач в пакете Wolfram Mathematica.	35	23	8	15	12	15	Контрольная работа, Лабораторная работа
3	6	Раздел 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений.	6	3	3	0	3	10	Контрольная работа
3	6	Раздел 5. Решение систем нелинейных уравнений.	9	3	3	0	6	10	Контрольная работа
3	6	Раздел 6. Численные методы оптимизации.	7	3	3	0	4	10	Контрольная работа
3	6	Раздел 7. Вычисление определенных интегралов.	7	3	3	0	4	10	Контрольная работа
3	6	Раздел 8. Решение дифференциальных уравнений в полных производных и их систем (задача Коши).	9	3	3	0	6	10	Контрольная работа
3	6	Раздел 9. Решение дифференциальных уравнений в частных производных.	9	3	3	0	6	10	Контрольная работа, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**ПК-1 - Способен использовать CALS-технологии и определять внешний облик изделий, разрабатывать состав и объемно-массовые характеристики систем, механизмов и агрегатов, входящих в ракетный или ракетно-космический комплекс**

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите порядок работы в среде workbench для анализа прочности конструкции:

1. задание геометрии в геометрическом препроцессоре
2. построение сетки в сеточном препроцессоре
3. задание граничных условий (нагрузок и закреплений)
4. выполнение решения
5. анализ результатов в постпроцессоре

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

Какое действие должно предшествовать непосредственному решению системы линейных уравнений метода конечных элементов?

1. Преобразование локальных матриц жесткости
2. Построение глобальной матрицы жесткости
3. Построение вектора внешних сил
4. Преобразование матрицы жесткости и вектора внешних сил в соответствии с граничными условиями

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

Какие узловые степени свободы являются неизвестными для стержневых конечных элементов?

1. перемещения
2. усилия
3. напряжения
4. деформации

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите соотношение в матричной форме, определяющее зависимость усилия в узлах стержневого элемента от перемещений и укажите, что является в этом соотношении матрицей жесткости конечного элемента?

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Запишите порядок получения соотношений для стержневого конечного элемента с помощью метода Ритца

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Ниже приведены определения, соответствующие понятиям из области численных методов. Поставьте в соответствие определениям из правого столбца понятия из левого:

1. Локальная А. матрица, определяющая зависимость узловых усилий от



матрица жесткости	узловых перемещений для одиночного элемента
2. Метод Рунге	В. приближенный метод решения дифференциальных уравнений, основанный на разложении в ряд по коэффициентам и минимизации потенциальной энергии
3. Глобальная матрица жесткости	С. матрица, определяющая зависимость узловых усилий от узловых перемещений для системы целиком
4. Вектор внешних нагрузок	Д. вектор, определяющий нагрузки на каждый узел системы Е. матрица, определяющая зависимость узловых перемещений от узловых усилий для одиночного элемента Ф. матрица, определяющая зависимость узловых перемещений от узловых усилий для системы целиком Г. вектор, определяющий нагрузки на каждый элемент системы Н. приближенный метод решения дифференциальных уравнений, основанный на кинетической энергии

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Ниже приведены определения, соответствующие понятиям из области численных методов и метода конечных элементов. Поставьте в соответствие определениям из правого столбца понятия из левого:

1. Потенциальная энергия деформации стержня	А.	$\frac{1}{2} EA \int_0^L \left( \frac{du}{dx} \right)^2 dx$
2. Относительная деформация стержня в осевом направлении	В.	$\frac{du}{dx}$
3. Матрица жесткости стержневого элемента	С.	$[k] = \frac{A \cdot E}{L} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$
4. Напряжение стержневого элемента	Д.	$E \cdot \varepsilon$
	Е.	$EA \int_0^L \left( \frac{du}{dx} \right)^2 dx$

Е.

$$\frac{d^2 u}{dx^2}$$

Г.

$$[k] = \frac{A \cdot E}{L} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Н.

$$\frac{E}{\varepsilon}$$

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность  
Опишите порядок решения задачи методом Ритца

1. разложить неизвестную переменную в ряд по заданным координатам
2. обеспечить выполнение граничных условий (в том случае, если используемое разложение им не удовлетворяет)
3. найти неизвестные коэффициенты разложения посредством минимизации полной потенциальной энергии системы
4. подставить коэффициенты в исходное разложение

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

Чему равно напряжение в сжатом или растянутом стержне?

1. Частному от деления усилия на деформацию
2. Произведению предела прочности на упругое смещение
3. Произведению модуля упругости на упругое перемещение
4. Произведению усилия на деформацию
5. Произведению модуля упругости на деформацию
6. Частному от деления деформации на модуль упругости
7. Произведению деформации на модуль сдвига
8. Отношению предела текучести к деформации

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

Какие типы контактов в Ansys Mechanical являются линейными?

1. Bonded
2. Frictional
3. Frictionless
4. Rough
5. No separation

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

Какие методы могут быть использованы для построения матриц жесткости конечных элементов:

1. Прямой метод
2. Метод Рунца
3. Метод Ньютона
4. Метод наименьших квадратов

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

При помощи каких граничных условий следует закреплять узлы для балочных моделей в Ansys Mechanical?

1. Displacement
2. Remote displacement
3. Cylindrical support
4. Fixed support