

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	27.04.04 Управление в технических системах
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровая обработка сигналов в автономных системах управления
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

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	
5	9	5	180	68	34	0	34	112	0	0	112	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**27.04.04 Управление в технических системах**

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Павлов Александр Сергеевич, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Тоскин Алексей Александрович, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Оськин И.А., д.т.н.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Оськин И.А., д.т.н.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ**

### **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-4.1 — Способен разрабатывать и реализовывать комплексные математические модели автономных информационных и управляющих систем

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-4.1**

*знания:*

методы моделирования и анализа статических процессов в технических системах;  
методы расчета и анализа статических и динамических задач механики сплошных сред;  
методы моделирования и анализа переходных процессов в технических системах;

*умения:*

разработка математических моделей автономных информационных и управляющих систем;  
решение задач с использованием численных методов и алгоритмов;  
решение статических и динамических задач механики сплошных сред в системах инженерного

анализа;

*навыки:*

проведение оптимизации параметров технических систем;  
проведение конструкторского анализа деталей и узлов технических систем;  
использование численных методов при моделировании задач механики сплошных сред.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *27.04.04 Управление в технических системах*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ, УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ, СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ОПТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 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-4.1
5	9	<b>Раздел 1. Введение.</b> 1.1 Цели, предмет и задачи курса. 1.2 Общие сведения о моделировании технических систем. 1.3 Планирование вычислительного эксперимента. 1.4 Конструкторский анализ и численное моделирование. Роль инженерного анализа в проектировании автономных информационных и управляющих систем. 1.5 Расчетно-аналитические CAE-системы.	16	6	4	2	10	20
5	9	<b>Раздел 2. Моделирование и анализ статических состояний.</b> 2.1 Задачи анализа статических состояний систем. 2.2 Постановка задач анализа статических состояний систем. 2.3 Численные методы решения систем алгебраических уравнений. 2.4 Решение систем линейных уравнений с ленточными матрицами. 2.5 Методы решения алгебраических проблем собственных значений. 2.6 Численные методы решения систем нелинейных уравнений. 2.7 Анализ статических состояний линейных технических систем. 2.8 Анализ статических состояний нелинейных технических систем.	30	10	6	4	20	20
5	9	<b>Раздел 3. Моделирование и анализ динамических процессов.</b> 3.1 Задачи анализа динамических процессов технических систем. 3.2 Численные методы решения дифференциальных уравнений. 3.3 Погрешности численных методов интегрирования. 3.4 Устойчивость численных методов интегрирования. 3.5 Явные методы интегрирования. 3.6 Неявные методы интегрирования. 3.7 Анализ динамических процессов технических систем.	48	16	8	8	32	30
5	9	<b>Раздел 4. Моделирование процессов в механике сплошных сред.</b> 4.1 Математический аппарат в механике сплошных сред. Задачи, характерные для АИУС. 4.2 Метод конечных элементов в задачах механики сплошных сред. 4.3 Метод конечных разностей в задачах механики сплошных сред. 4.4 Линейный и нелинейный прочностной анализ. 4.5 Стационарный и нестационарный тепловой анализ. 4.6 Модальный анализ АИУС. 4.7 Гармонический анализ АИУС. 4.8 Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов. 4.9 Основные теоретических положения для проведения анализа нелинейных быстропротекающих процессов физики взрыва и удара в системах инженерного анализа. 4.10 Моделирование процессов динамики жидкости и газов. 4.11 Метод контрольного объема в задачах вычислительной гидродинамики. 4.12 Основные теоретических положения для проведения анализа задач динамики жидкости и газов в системах инженерного анализа.	86	36	16	20	50	30
<b>Всего за 9 семестр</b>			180	68	34	34	112	100
<b>Всего по дисциплине</b>			180	68	34	34	112	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение CAE Ansys Workbench.	2
2	Раздел 2. Моделирование и анализ статических состояний.	Изучение модуля Ansys Steady-State Thermal.	1
3		Изучение модуля ANSYS Static Structural.	1
4		Практическое задание № 1. Анализ прочности конструкции АИУС при заданных внешних воздействиях.	2
5	Раздел 3. Моделирование и анализ динамических процессов.	Изучение модуля Ansys Transient Thermal.	2
6		Изучение модуля Ansys Harmonic Response.	2
7		Изучение модуля Ansys Modal.	1
8		Изучение модуля ANSYS Transient Structural.	1
9		Изучение модуля Ansys Random Vibration.	1
10		Изучение модуля Ansys Rigid Body.	1
11	Раздел 4. Моделирование процессов в механике сплошных сред.	Изучение модулей ANSYS Explicit Dynamics, ANSYS LS-DYNA.	2
12		Изучение модуля ANSYS Autodyn.	2
13		Изучение модуля ANSYS Fluent.	2
14		Практическое задание № 3. Оптимизация конструкции АИУС.	6
15		Изучение модуля ANSYS CFX.	2
16		Практическое задание № 2. Анализ работоспособности	6

	конструкции АИУС при заданных внешних воздействиях.	
<b>Всего за 9 семестр</b>		<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение CAE Ansys Workbench.	10
2	Раздел 2. Моделирование и анализ статических состояний.	Изучение модуля ANSYS Static Structural.	2
3		Домашнее задание №1. Оформление отчета по практическому заданию №1.	7
4		Изучение модуля Ansys Steady-State Termal.	3
5		Изучение передовой научно-технической литературы, посвященной численным методам моделирования процессов, математическому моделированию в CAE-системах.	8
6		Раздел 3. Моделирование и анализ динамических процессов.	Изучение модуля Ansys Harmonic Response.
7	Изучение модуля Ansys Modal.		6
8	Изучение модуля Ansys Rigid Body.		5
9	Изучение модуля Ansys Transient Termal.		5
10	Изучение модуля ANSYS Transient Structural.		5
11		Изучение модуля Ansys Random Vibration.	5
12	Раздел 4. Моделирование процессов в механике сплошных сред.	Изучение модуля ANSYS Fluent.	10
13		Изучение модуля ANSYS CFX.	7
14		Изучение модуля ANSYS Explicit Dynamics.	7
15		Изучение модуля ANSYS Autodyn.	7
16		Изучение модуля ANSYS LS-DYNA.	7
17		Домашнее задание № 3. Оформление отчета по практическому заданию №3.	6
18		Домашнее задание № 2. Оформление отчета по практическому заданию №2.	6
Всего за 9 семестр			112

## 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
<b>9</b>				ДЗ		ДР			Колл	ДР			ДЗ		ДЗ	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Колл – коллоквиум;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Бабкин, В. В. Селиванов. . Основы механики сплошных сред. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, эл. рес.
2. А. В. Бабкин, В. И. Колпаков, В. Н. Охитин. . Численные методы в задачах физики быстропротекающих процессов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006, эл. рес.
3. В. В. Селиванов. Прикладная механика сплошных сред. Т. 2 Механика разрушения деформируемого тела. М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1999, эл. рес.
4. В. И. Козлов. . Особенности конструкций взрывательных устройств к боеприпасам ствольной артиллерии и ракетным снарядам. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012, эл. рес.
5. В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем. Минск: Дизайн ПРО, 2004, эл. рес.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, эл. рес.
7. К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1982, эл. рес.
8. Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17. М.: ДМК Пресс, 2017, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Деформация и разрушение материалов;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы;
3. Моделирование и анализ информационных систем.

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

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
4. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система.

### 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:

1. PTC Mathcad Prime 5.0;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. КОМПАС-3D V17;
4. SolidWorks 2015 R5;



5. Matlab 2015a SP1.

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. Интерактивная доска;
2. Проектор;
3. PTC Mathcad Prime 5.0;
4. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
5. КОМПАС-3D V17;
6. SolidWorks 2015 R5;
7. Matlab 2015a SP1.

### **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 МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 27.04.04 *Управление в технических системах*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-4.1 Способен разрабатывать и реализовывать комплексные математические модели автономных информационных и управляющих систем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численными методами моделирования процессов, численными методами в механике сплошных сред, математическим моделированием, численным моделированием, конструкторским анализом деталей и узлов автономных информационных и управляющих систем, САЕ-системами инженерного анализа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**112 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 112 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. Введение.		
Изучение CAE Ansys Workbench.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 1-2) В. И. Козлов. . Особенности конструкций взрывательных устройств к боеприпасам ствольной артиллерии и ракетным снарядам: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012 (Разделы 1, 2) В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Главы 1, 11)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Моделирование и анализ статических состояний.		
Изучение модуля ANSYS Static Structural.	К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Глава 7) В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Глава 8) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 3, 4)	2
Домашнее задание №1. Оформление отчета по практическому заданию №1.		7
Изучение модуля Ansys Steady-State Termal.		3
Изучение передовой научно-технической литературы, посвященной численным методам моделирования процессов, математическому моделированию в CAE-системах.		8
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Моделирование и анализ динамических процессов.		
Изучение модуля Ansys Harmonic Response.	В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Раздел 9) К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 8-10) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 3, 4)	6
Изучение модуля Ansys Modal.		6
Изучение модуля Ansys Rigid Body.		5
Изучение модуля Ansys Transient Termal.		5
Изучение модуля ANSYS Transient Structural.		5
Изучение модуля Ansys Random Vibration.		5
Итого по разделу 3		32
Раздел 4. Моделирование процессов в механике сплошных сред.		
Изучение модуля ANSYS Fluent.	А. В. Бабкин, В. И. Колпаков, В. Н. Охитин. .	10

Изучение модуля ANSYS CFX.	Численные методы в задачах физики	7
Изучение модуля ANSYS Explicit Dynamics.	быстропротекающих процессов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 (Главы 1-5)	7
Изучение модуля ANSYS Autodyn.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. .	7
Изучение модуля ANSYS LS-DYNA.	Вычислительные технологии в задачах	7
Домашнее задание № 3. Оформление отчета по практическому заданию №3.	механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (Главы 1-2)	6
Домашнее задание № 2. Оформление отчета по практическому заданию №2.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 4, 5) К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 3-6) В. И. Козлов. . Особенности конструкций взрывательных устройств к боеприпасам ствольной артиллерии и ракетным снарядам: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012 (Разделы 1-5) А. В. Бабкин, В. В. Селиванов. . Основы механики сплошных сред: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (Главы 1-4) В. В. Селиванов. Прикладная механика сплошных сред. Т. 2 Механика разрушения деформируемого тела: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1999 (Главы 1-7)	6
Итого по разделу 4		50

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### 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.

#### Домашнее задание

Перечень тем домашних заданий:

- анализ прочности конструкции АИУС при заданных внешних воздействиях;
- анализ работоспособности конструкции АИУС при заданных внешних воздействиях;
- оптимизация конструкции АИУС;

Решения домашних заданий представляются в печатной или рукописной форме. Каждое задание содержит 1 задачу. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценка качества выполнения домашней работы осуществляется преподавателем по четырёхбалльной системе.

Оценка снижается:

- на 0,5 балла при небрежном выполнении,
- на 0,5 балла при низком качестве графического материала (расчетных схем, графиков и таблиц),
- на 2 бала при ошибках в аналитических и численных расчетах.

Итоговая оценка за домашнее задание:

- «отлично» - при сумме баллов от 4,5 до 5,
- «хорошо» - при сумме баллов от 4 до 4,5,
- «удовлетворительно» - при сумме баллов не менее 3.

По результатам сдачи обучающимся домашнего задания преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем «удовлетворительно».

#### Коллоквиум

Проводится в устной форме. На коллоквиум выносится часть материала дифференцированного зачёта; оценка за коллоквиум учитывается при выставлении оценки по итогам дифференцированного зачёта.

Ответ оценивается преподавателем по четырёхбалльной системе; оцениваются корректность и полнота ответа.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

- «отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;
- «хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;
- «удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности,

недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;  
«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

По результатам сдачи обучающимся коллоквиума преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем "удовлетворительно".

Перечень вопросов, выносимых на коллоквиум:

- численное моделирование как элемент конструкторского анализа АИУС;
- задачи анализа статических состояний систем. Постановка задач анализа статических состояний систем;
- прямые численные методы решения систем линейных уравнений;
- итерационные численные методы решения систем линейных уравнений;
- численные методы решения систем нелинейных уравнений;
- решение систем уравнений с ленточными матрицами;
- анализ статических состояний линейных АИУС;
- анализ статических состояний нелинейных АИУС;
- задачи анализа динамических процессов АИУС;
- явные численные методы решения дифференциальных уравнений;
- неявные численные методы решения дифференциальных уравнений;
- погрешности численных методов интегрирования;
- устойчивость численных методов интегрирования;
- анализ динамических процессов АИУС;
- метод конечных элементов;
- метод контрольных объемов;
- метод конечных разностей;
- метод спектральных элементов;
- методы проведения линейного анализа АИУС;
- методы проведения нелинейного анализа АИУС;
- методы проведения модального анализа АИУС;
- методы проведения стационарного и нестационарного теплового анализа АИУС;
- методы моделирования нелинейных быстропротекающих процессов удара и взрыва;
- методы моделирования стационарных и нестационарных процессов вычислительной гидрогазодинамики АИУС.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Численное моделирование как элемент конструкторского анализа АИУС.
2. Вычислительный эксперимент. Планирование вычислительного эксперимента.
3. Адекватность вычислительного эксперимента. Критерий Фишера.
4. Численные методы решения систем линейных уравнений.
6. Численные методы решения систем нелинейных уравнений.
7. Методы решения систем уравнений с ленточными матрицами.
8. Методы решения алгебраических проблем собственных значений.
9. Анализ статических состояний линейных АИУС.
10. Анализ статических состояний нелинейных АИУС.
11. Явные численные методы решения дифференциальных уравнений.
12. Неявные численные методы решения дифференциальных уравнений.
13. Устойчивость численных методов интегрирования.
14. Вариационные методы.
15. Анализ динамических процессов АИУС.
16. Методы описания динамики сплошных сред.
17. Метод конечных элементов.
18. Метод контрольного объема.
19. Метод конечных разностей.
20. Метод спектральных элементов.
21. Метод дискретных элементов.
22. Метод граничных элементов.
23. Метод гидродинамики сглаженных частиц.
24. Метод взвешенных невязок.
25. Метод блочной итерации подпространств.
26. Метод суперпозиции мод.

27. Линейный прочностной анализ АИУС.
28. Нелинейный прочностной анализ АИУС.
29. Динамический прочностной анализ АИУС.
30. Анализ устойчивости АИУС.
31. Модальный анализ АИУС.
32. Гармонический анализ АИУС.
33. Анализ случайных вибраций АИУС.
34. Спектральный анализ АИУС.
35. Кинематический анализ АИУС.
36. Стационарный тепловой анализ АИУС.
37. Нестационарный тепловой анализ АИУС.
38. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.
39. Моделирование стационарных задач вычислительной гидрогазодинамики.
40. Моделирование нестационарных задач вычислительной гидрогазодинамики.

### **Экзамен**

Вопросы к экзамену оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и практическое задание.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Перечень вопросов к экзамену приведен в материалах учебно-методического комплекса.



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-4.1	
5	9	Раздел 1. Введение.	16	6	4	2	10	20	Коллоквиум, Домашнее задание
5	9	Раздел 2. Моделирование и анализ статических состояний.	30	10	6	4	20	20	Домашнее задание, Коллоквиум
5	9	Раздел 3. Моделирование и анализ динамических процессов.	48	16	8	8	32	30	Домашнее задание, Коллоквиум
5	9	Раздел 4. Моделирование процессов в механике сплошных сред.	86	36	16	20	50	30	Вопросы к экзамену, Домашнее задание
Всего за 9 семестр			180	68	34	34	112	100	
Всего по дисциплине			180	68	34	34	112	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

### ПК-4.1 - Способен разрабатывать и реализовывать комплексные математические модели автономных информационных и управляющих систем

- № 1 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие определений.

1. Модель кинематического упрочнения	А) Эта модель постулирует, что поверхность текучести увеличивается в размерах, сохраняя при этом свою начальную форму:
2. Модель изотропного упрочнения	Б) Эта модель постулирует, что поверхность текучести поступательно перемещается в новое положение в пространстве напряжений без изменения размеров и формы:
3. Модель Пэжины	В) Физическая модель прочности материала, основанная на теории дислокационной динамики, описывающая рост напряжений с уменьшением размера зерна
4. Модель Зерилли-Армстронга	Г) В этой модели чувствительность материала к скорости деформации проявляется в росте напряжения по отношению к соответствующему статическому значению при возрастании скорости пластической деформации

- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Для расчета усталостной долговечности материала не используют модель:

1. Содеберга
2. Гудмана
3. Гербера
4. Пэжины

- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
К моделям гиперупругости материала не относят следующую модель:

1. модель Риделя-Хермаера-Тома
2. модель Муни-Ривлина
3. модель Арруда-Бойса
4. модель Йо

- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
В этом численном методе используются элементы Неделека:

1. Метод граничного элемента
2. Векторный метод конечных элементов
3. Метод конечных суперэлементов
4. Метод конечных разностей

- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
К моделям турбулентности можно отнести:

1. k-e

2. k-w

3. Спаларта-Алмараса

4. Джона-Уилкинса-Ли

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что лежит в основе метода суперпозиции мод?

№ 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какая зависимость для холодного давления используется в уравнении Джона-Уилкинса-Ли?

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие.

1. Метод  
дискретного  
элемента

А. Метод решения краевой задачи, в котором благодаря  
использованию функций Грина, она сводится к интегральному  
уравнению на границе расчетной области

2. Метод  
граничного  
элемента

Б. Метод, предназначенный для расчета движения большого  
количества частиц гранулированных сред

3. Векторный  
метод конечных  
элементов

В. Численный метод решения задач, в которых используются  
элементы Неделека

4. Метод  
спектрального  
элемента

Г. Метод конечных элементов, в котором используются кусочные  
многочлены высокой степени в качестве базисных функций

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность действий в методе итераций в подпространстве.

1. Выбор нормированных и ортогональных векторов.

2. Проверка сходимости

3. Выполнение процесса Грама-Шмидта

4. Итерация вектора в подпространстве

5. Переход ко второму шагу алгоритма и продолжение итераций до достижения сходимости

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

К уравнениям состояния материалов можно отнести:

1. Ми-Грюнайзена

2. Ли-Тарвера

3. Грина и Нахди

4. Менделеева-Клапейрона

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

К моделям прочности материала можно отнести:

1. Тиллотсона

2. Зерилли-Армстронга

3. Купера-Саймондса

4. Джонсона-Кука

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность появления методов:

1. Канторовича-Власова
2. Метод гидродинамики сглаженных частиц
3. Метод Рэля-Ритца
4. Метод Фурье