

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Взрыватели
Уровень высшего образования	Специалитет
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	
4	8	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

17.05.01 Боеприпасы и взрыватели

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Павлов Александр Сергеевич, старший преподаватель

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:

ОПК-10 — Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения

ОПК-12 — Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-10

знания:

методы моделирования и анализа статических и динамических процессов в технических системах;

методы системного проектирования оружия и систем вооружения;

умения:

разработка математических моделей деталей и узлов взрывателей и взрывательных устройств;

решение задач с использованием численных методов и алгоритмов;

навыки:

проведение теоретических и экспериментальных исследований деталей и узлов оружия и систем вооружения;

использование численных методов при моделировании задач механики сплошных сред в системах инженерного анализа.

ОПК-12

знания:

планирование вычислительного эксперимента;

методы расчета, анализа и моделирования статических и динамических задач механики сплошных сред применительно к проектированию, производству и эксплуатации боеприпасов и взрывателей;

умения:

решение статических и динамических задач механики сплошных сред в системах инженерного анализа;

реализация численных методов в пакетах прикладных программ;

навыки:

проведение инженерного анализа взрывателей и взрывательных устройств;

использование численных методов при моделировании задач механики сплошных сред.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН, ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ, ТЕОРИЯ ВЗРЫВА, БОЕПРИПАСЫ, АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ, РАДИОФИЗИКА, ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИСТОРИЯ РОССИИ, МЕТРОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДСТВА, ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ, АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ТЕХНИКА, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК, МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ И УПРАВЛЯЮЩИМИ СИСТЕМАМИ, ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ, ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК, МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ, ЭЛЕКТРО-РАДИОКОМПОНЕНТЫ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ, РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА, ВВЕДЕНИЕ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, СОВРЕМЕННОЕ ВООРУЖЕНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА, ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ, ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА, ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА, РЯДЫ ФУРЬЕ, ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА, СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СИСТЕМЫ И СЕТИ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ, ДИСКРЕТНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ОПТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ, ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ, ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ: МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ, ЭКОНОМИКА ПРОМЫШЛЕННОСТИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен понимать цели и задачи инженерной деятельности в современной науке и производстве
- ОПК-10 — Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения
- ОПК-11 — Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения

- ОПК-12 — Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-15 — Способен четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-16 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию и технически грамотно оформлять и представлять результаты научно-исследовательских работ, связанных с боеприпасами и взрывателями различного типа и назначения
- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
- ОПК-3 — Способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, осознавать опасность и угрозы, возникающие в процессе этого развития, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
- ОПК-4 — Способен самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, анализ научной и патентной литературы при решении профессиональных задач с использованием современных средств и методов получения знания
- ОПК-7 — Способен анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения
- ОПК-8 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ПК-1 — Способен демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования
- ПК-2 — Способен ориентироваться в многообразии динамических воздействий на взрыватели на всех этапах их функционирования и эксплуатации, разрабатывать методики проведения испытаний образцов взрывателей
- ПК-3 — Способен проектировать и конструировать взрыватели различного назначения, разрабатывать проектную документацию, проводить технические расчеты и оптимизировать проектные параметры взрывателей
- ПК-93 — Способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов
- ПК-94 — Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
- ПК-И1 — владеет технологиями и инструментами искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности
- ПК-И2 — способен применять цифровые производственные системы в области профессиональной деятельности
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
- УК-4 — Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
- УК-5 — Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия

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-10	ОПК-12
4	8	Раздел 1. Введение. 1.1 Цели, предмет и задачи курса. 1.2 Общие сведения о моделировании технических систем. Основы планирования вычислительного эксперимента. 1.3 Конструкторский анализ и численное моделирование. Роль конструкторского анализа при проектировании взрывателей и взрывательных устройств. 1.4 Перечень и классификация расчетно-аналитических CAE-систем. Основные этапы решения задач в CAE-системах. CAE-система Ansys. Краткие сведения о параметрическом языке APDL.	18	8	5	3	10	25	25
4	8	Раздел 2. Численные методы анализа. 2.1 Погрешности вычислений. 2.2 Численные методы решения нелинейных уравнений. 2.3 Системы линейных алгебраических уравнений. 2.4 Системы нелинейных уравнений. 2.5 Системы уравнений специального вида. 2.6 Системы однородных линейных уравнений. 2.7 Собственные значения и собственные векторы матриц. 2.8 Приближение функций. 2.9 Численное интегрирование. 2.10 Численные методы решения дифференциальных уравнений. 2.11 Методы приближенного решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.	21	8	6	2	13	25	25
4	8	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред. 3.1 Задачи механики сплошных сред характерные для взрывателей и взрывательных устройств. 3.2 Основные теоретические положения механики деформируемого твердого тела. 3.3 Метод конечных элементов (МКЭ) в механике деформируемого твердого тела. Решение систем равновесия статического расчета. Решение систем равновесия для динамических задач. 3.4 Вариационная формулировка МКЭ. Метод Рунтца. Решение задачи методом Рунтца. 3.5 Метод Бубнова-Галеркина (метод взвешенных невязок). Решение задачи методом Бубнова-Галеркина. 3.6 Достоинства и недостатки МКЭ. Погрешности МКЭ. Ошибки МКЭ. 3.7 Реализация МКЭ в САЕ-системах. Подходы к решению связанных междисциплинарных задач. 3.8 Описание контактных взаимодействий в САЕ-системах. 3.9 Линейный конструкторский анализ. 3.10 Нелинейный конструкторский анализ. 3.11 Стационарный и нестационарный тепловой анализ. 3.12 Модальный анализ. 3.13 Гармонический анализ.	37	19	13	6	18	25	25
4	8	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов. 4.1 Основы динамики сплошных сред. Гипотезы динамики сплошных сред. Методы описания. Особенности реализации в САЕ-системах. 4.2 Численное моделирование нелинейных быстропротекающих процессов характерных для взрывателей и ВУ. Основные теоретические положения для реализации задач явной динамики в расчетно-аналитических САЕ-системах. 4.3 Устойчивость решения. Критерий Куранта-Фридрихса-Леви. 4.4 Математическое описание кривых текучести пластических материалов в широком диапазоне деформаций, скоростей деформаций и температур. 4.5 Основные физические и феноменологические модели прочности материалов. Основные критерии разрушения материалов. 4.6 Уравнения состояния материалов. 4.7 Методы испытания материалов. Испытательное оборудование. 4.8 Методология идентификации моделей прочности, моделей разрушения и уравнений состояния материалов.	32	16	10	6	16	25	25
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Основные элементы управления в CAE ANSYS. Графический интерфейс ANSYS Workbench. Работа с файлами модели. Препроцессорная и постпроцессорная обработка. Создание геометрии и импорт из CAD-систем. Графический интерфейс модуля создания и редактирования геометрии ANSYS Design Explorer. Разработка 2D и 3D геометрии. Работа с геометрическими примитивами.	2
2		Изучение модуля Ansys Static Structural.	1
3	Раздел 2. Численные методы анализа.	Практическое задание № 1. Решение задачи изгиба пластины в CAE ANSYS в квазистатической постановке. Анализ адекватности модели.	1
4		Изучение модуля Ansys Transient Structural.	1

5	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	Практическое задание №3. Анализ прочности резьбового соединения корпуса АИУС в динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ.	1
6		Практическое задание №2. Анализ предохранителя ударного механизма АИУС в квазистатической постановке. Анализ предохранителя ударного механизма АИУС в динамической постановке в неявной формулировке МКЭ.	2
7		Практическое задание №4. Анализ прочности электронного блока АИУС при заданных воздействиях в статической и динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ.	1
8		Изучение модулей Ansys Steady-State Thermal, Ansys Transient Thermal.	1
9		Изучение модуля Ansys Random Vibration, Ansys Harmonic Response, Ansys Modal.	1
10		Изучение модуля Ansys Autodyn.	1
11	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	Изучение модулей Ansys Explicit Dynamics, Ansys LS-DYNA	1
12		Практическое задание №5. Анализ прочности деталей и узлов АИУС в динамической постановке задачи в явной формулировке МКЭ.	2
13		Практическое задание №6. Определение среднемассовых перегрузок, действующих на инерционный замыкатель АИУС. Расчет инерционного замыкателя.	2
Всего за 8 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение интерфейса ANSYS Workbench.	2
2		Изучение интерфейса ANSYS Design Explorer.	2
3		Знакомство с передовой научно-технической документацией, литературой и статьями, посвященными численному моделированию, математическому моделированию и CAE-системам.	2
4		Выбор и согласование тем курсовых работ. Оформление заданий на курсовые работы. Выполнение работ по этапу № 1 курсовой работы.	4
5	Раздел 2. Численные методы анализа.	Изучение интерфейса ANSYS Static Structural.	2
6		Домашнее задание № 1. Оформление отчета по практическому заданию № 1.	2
7		Изучение численных методов решения систем дифференциальных уравнений в CAE-системах.	3
8		Выполнение работ по этапу № 2 курсовой работы. Ознакомление с технической литературой и интернет-источниками в рамках тем курсовых работ. Изучение нормативной литературы (ГОСТы, ОСТы, нормали, технические условия) в рамках тем курсовых работ.	6
9	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	Домашнее задание № 3. Оформление отчета по практическому занятию № 3.	2
10		Выполнение работ по этапу № 3 курсовой работы. Изучение нормативной литературы (ГОСТы, ОСТы, нормали, технические условия) в рамках тем курсовых работ.	4
11		Изучение модулей Ansys Steady-State Thermal, Ansys Transient Thermal.	2
12		Домашнее задание № 4. Оформление отчета по практическому занятию № 4.	2
13		Решение задач методами Ритца и Бубнова-Галеркина с составлением программ в системах Matlab/Mathcad.	3

14		Изучение модуля ANSYS Transient Structural.	1
15		Изучение модулей Ansys Random Vibration, Ansys Harmonic Response, Ansys Modal.	2
16		Домашнее задание № 2. Оформление отчета по практическому занятию № 2.	2
17	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	Домашнее задание № 5. Оформление отчета по практическому занятию № 5.	2
18		Домашнее задание № 6. Оформление отчета по практическому занятию № 6.	2
19		Изучение интерфейса ANSYS Autodyn.	3
20		Изучение интерфейса ANSYS Explicit Dynamics, ANSYS LS-DYNA	3
21		Изучение литературы, посвященной новым моделям описания поведения материалов при высокоскоростном деформировании.	2
22		Выполнение работ по этапам № 3 и № 4 курсовой работы. Оформление курсовой работы, подготовка к защите.	4
Всего за 8 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
8				ДЗ		ДР		ДЗ	Колл	ДР		ДЗ	ДЗ	ДЗ	КР	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- КР – курсовая работа;
- Колл – коллоквиум;
- 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;
- домашнее задание;
- курсовая работа;
- коллоквиум;
- 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. 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. М. Вержбицкий. . Основы численных методов. М.: Высш. шк., 2002, эл. рес.
6. Д. В. Криворучко, В. А. Залога. . Моделирование процессов резания методом конечных элементов; методологические основы. Сумы: Университетская книга, 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. Металловедение и термическая обработка металлов;
4. Моделирование и анализ информационных систем.

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

1. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. <http://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 - 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. DjVuReader;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office;
4. SolidWorks 2015 R5;

5. Google Chrome;
6. 7-Zip;
7. КОМПАС-3D V17;
8. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

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. DjVuReader;
4. Matlab 2015a SP1;
5. Microsoft Office;
6. SolidWorks 2015 R5;
7. Google Chrome;
8. 7-Zip;
9. КОМПАС-3D V17;
10. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

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 **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*. 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*:

ОПК-10 Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения;

ОПК-12 Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численными методами моделирования процессов, математическим моделированием, численным моделированием, конструкторским анализом деталей и узлов взрывателей и взрывательных устройств, 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;
- курсовая работа;
- коллоквиум;
- 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.**), практические занятия (**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. Введение.		
Изучение интерфейса ANSYS Workbench.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 1-3) 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. И. Колпаков, В. Н. Охитин. . Численные методы в задачах физики быстротекающих процессов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 (Глава 5)	2
Изучение интерфейса ANSYS Design Explorer.		2
Знакомство с передовой научно-технической документацией, литературой и статьями, посвященными численному моделированию, математическому моделированию и CAE-системам.		2
Выбор и согласование тем курсовых работ. Оформление заданий на курсовые работы. Выполнение работ по этапу № 1 курсовой работы.		4
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Численные методы анализа.		
Изучение интерфейса ANSYS Static Structural.	К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 7-11) В. М. Вержбицкий. . Основы численных методов: М.: Высш. шк., 2002 (Главы 1-5, 7, 14-19) 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) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 2-4)	2
Домашнее задание № 1. Оформление отчета по практическому заданию № 1.		2
Изучение численных методов решения систем дифференциальных уравнений в CAE-системах.		3
Выполнение работ по этапу № 2 курсовой работы. Ознакомление с технической литературой и интернет-источниками в рамках тем курсовых работ. Изучение нормативной литературы (ГОСТы, ОСТы, нормали, технические условия) в рамках тем курсовых работ.		6
Итого по разделу 2		13
Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.		
Домашнее задание № 3. Оформление отчета по практическому занятию № 3.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Глава 4) В. М. Вержбицкий. . Основы	2
Выполнение работ по этапу № 3 курсовой работы. Изучение нормативной литературы (ГОСТы,		4

ОСТы, нормали, технические условия) в рамках тем курсовых работ.	численных методов: М.: Высш. шк., 2002 (Главы 14-19)	
Изучение модулей Ansys Steady-State Thermal, Ansys Transient Thermal.	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)	2
Домашнее задание № 4. Оформление отчета по практическому занятию № 4.	В. В. Селиванов. Прикладная механика сплошных сред. Т. 2	2
Решение задач методами Ритца и Бубнова-Галеркина с составлением программ в системах Matlab/Mathcad.	Механика разрушения деформируемого тела: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1999 (Главы 1-2)	3
Изучение модуля ANSYS Transient Structural.	К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 3-6)	1
Изучение модулей Ansys Random Vibration, Ansys Harmonic Response, Ansys Modal.		2
Домашнее задание № 2. Оформление отчета по практическому занятию № 2.		2
Итого по разделу 3		18
Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.		
Домашнее задание № 5. Оформление отчета по практическому занятию № 5.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Глава 4)	2
Домашнее задание № 6. Оформление отчета по практическому занятию № 6.	А. В. Бабкин, В. В. Селиванов. . Основы механики сплошных сред: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (Главы 1-5)	2
Изучение интерфейса ANSYS Autodyn.	Д. В. Криворучко, В. А. Залого. . Моделирование процессов резания методом конечных элементов; методологические основы: Сумы: Университетская книга, 2012 (Разделы 1-3)	3
Изучение интерфейса ANSYS Explicit Dynamics, ANSYS LS-DYNA	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)	3
Изучение литературы, посвященной новым моделям описания поведения материалов при высокоскоростном деформировании.	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 (Главы 1-5)	2
Выполнение работ по этапам № 3 и № 4 курсовой работы. Оформление курсовой работы, подготовка к защите.	В. В. Селиванов. Прикладная механика сплошных сред. Т. 2 Механика разрушения деформируемого тела: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1999 (Главы 3-7)	4
Итого по разделу 4		16

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- курсовая 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.

Домашнее задание

Перечень тем домашних заданий:

- решение задачи изгиба пластины в CAE ANSYS в квазистатической постановке. Анализ адекватности модели;
- анализ предохранителя ударного механизма АИУС в квазистатической постановке. Анализ предохранителя ударного механизма АИУС в динамической постановке в неявной формулировке МКЭ;
- анализ прочности резьбового соединения корпуса АИУС в динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ;
- анализ прочности электронного блока АИУС при заданных воздействиях в статической и динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ;
- анализ прочности деталей и узлов АИУС в динамической постановке задачи в явной формулировке МКЭ;
- определение среднemasовых перегрузок, действующих на инерционный замыкатель АИУС. Расчет инерционного замыкателя.

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;
- модель. Метод моделирования. Численное моделирование;
- погрешности вычислений. Классификация погрешностей;
- 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;
- явные численные методы решения дифференциальных уравнений;
- неявные численные методы решения дифференциальных уравнений;
- погрешности численных методов интегрирования;
- устойчивость численных методов интегрирования;
- метод конечных элементов. Достоинства и недостатки метода. Реализация в САЕ-системах;
- основные этапы решения задач механики сплошных сред в статической и динамической постановке с помощью метода конечных элементов. Дискретизация. Типы сеточного разбиения. Системы отсчета. Степени свободы. Типы конечных элементов;
- методы сеточной дискретизации в САЕ-системах;
- описание контактных взаимодействий в САЕ-системах. Классификация контактных задач. Типы контактов;
- методы описания контактных взаимодействий в САЕ-системах. Метод штрафных функций;
- вариационная формулировка метода конечных элементов. Метод Рэлея-Ритца;
- метод Бубнова-Галеркина (метод взвешенных невязок);
- погрешности и ошибки метода конечных элементов;
- сходимость и точность решения;
- методы проведения линейного прочностного анализа в САЕ-системах;
- методы проведения нелинейного прочностного анализа в САЕ-системах;
- методы проведения модального анализа АИУС в САЕ-системах;
- методы проведения гармонического анализа АИУС в САЕ-системах;
- методы проведения стационарного и нестационарного теплового анализа АИУС в САЕ-системах;
- методы проведения кинематического анализа АИУС в САЕ-системах.

Курсовая работа

Темы курсовых работ обучающиеся выбирают в первые две недели после начала семестра.

Обучающемуся предлагается определить этапность выполнения работы: анализ поставленной задачи, изучение изделий или узлов механизмов по технической литературе, разработка блок-схемы или конструктивной схемы узла (или узлов) с улучшенными техническими характеристиками, проведение расчетов и моделирования, оформление иллюстративных и графических материалов.

Защита курсовой работы проводится на занятии в присутствии обучающихся в период зачётной недели, либо преподавателю (в случае, если защита проводится после окончания семестра в период экзаменационной сессии).

Требования к выполнению курсовой работы:

- объём не менее 10 страниц печатного текста (без учёта титульного листа, приложений, списка использованных источников и оглавления),

- обязательно включение в состав курсовой работы 5-8 графических иллюстраций (рисунки, чертежи, слайды для демонстрации и т.п.),
- обязательно использование в процессе выполнения не менее трёх отечественных и одного зарубежного источников информации, опубликованных в последние 10 лет,
- остальные требования к оформлению согласно действующему на момент выполнения курсовой работы Положению по содержанию, оформлению организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ.

Контроль текущего выполнения разделов курсовой работы проводится еженедельно в течение семестра. Защита курсовой работы проходит в форме доклада обучающегося о выполненной работе и демонстрации графического материала руководителю.

Результаты защиты курсовой работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «не защитил». Курсовая работа оценивается в день защиты.

Оценка «отлично» выставляется за курсовую работу, которая носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную теоретическую главу, глубокий анализ, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными предложениями, имеющими практическую значимость. Произведённые расчёты выполнены правильно и в полном объёме. Работа выполнена в установленный срок, грамотным языком. Оформление соответствует действующим стандартам, сопровождается достаточным объёмом табличного и графического материала. При защите курсовой работы обучающийся показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, а во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.), даёт чёткие и аргументированные ответы на вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется за курсовую работу, которая носит исследовательский характер, имеет грамотно изложенную теоретическую главу, проведён достаточно подробный анализ, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако анализ источников неполный, выводы недостаточно аргументированы, в структуре и содержании работы есть отдельные погрешности, не имеющие принципиального характера. При защите курсовой работы студент показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, во время доклада использует наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.) или раздаточный материал, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за курсовую работу, которая носит исследовательский или описательный характер, имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, однако просматривается непоследовательность изложения материала, анализ источников подменен библиографическим обзором, документальная основа работы представлена недостаточно. Проведённое исследование содержит поверхностный анализ, выводы неконкретны, рекомендации слабо аргументированы, в оформлении работы имеются погрешности, сроки выполнения работы нарушены. При защите курсовой работы студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда даёт исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы.

Оценка «не защитил» выставляется за курсовую работу, которая не соответствует заявленной теме, не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях. Выводы не соответствуют изложенному материалу или отсутствуют. При защите курсовой работы обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки. При защите не используются наглядные пособия (таблицы, схемы, графики и т.п.).

Курсовая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае, если:

- оформление работы не соответствует действующему на момент выполнения курсовой работы Положению по содержанию, оформлению организации выполнения и защиты курсовых проектов и курсовых работ,
- содержательная часть и выводы по результатам работы не соответствуют заданию на выполнение курсовой работы,
- в работе отсутствует необходимый графический материал,
- приведённые результаты свидетельствуют о неправильной обработке результатов измерений или расчётов.

По результатам выполнения обучающимся курсовой работы (или её окончательной доработки) преподаватель ставит на титульном листе работы оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем «удовлетворительно».

Ориентировочный перечень направлений тем курсовых работ:

- 1) анализ предохранителя ударного механизма АИУС в квазистатической постановке. Анализ предохранителя ударного механизма АИУС в динамической постановке в неявной формулировке МКЭ;

- 2) анализ прочности резьбового соединения АИУС в динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ;
- 3) анализ прочности электронного блока АИУС при заданных воздействиях в статической и динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ;
- 4) анализ прочности деталей и узлов АИУС устройств в динамической постановке задачи в явной формулировке МКЭ;
- 5) определение среднemasовых перегрузок, действующих на инерционный замыкатель АИУС. Расчет инерционного замыкателя.

Вопросы к дифференцированному зачету

1. Численное моделирование как элемент конструкторского анализа АИУС. Роль конструкторского анализа при проектировании АИУС.
2. Понятия математической модели и метода моделирования.
3. Классификация математических моделей.
4. Требования, предъявляемые к математическим моделям.
5. Методы упрощения математических моделей.
6. Погрешности вычислений. Классификация погрешностей.
7. Прямые численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
8. Итерационные численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
9. Численные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений.
10. Решение систем уравнений с ленточными матрицами.
11. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Явные методы.
12. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Неявные методы.
13. Метод прогноза и коррекции.
14. Погрешности численных методов интегрирования.
15. Устойчивость численных методов интегрирования.
16. Вычислительный эксперимент. Разновидности вычислительного эксперимента.
17. Планирование вычислительного эксперимента.
18. Адекватность вычислительного эксперимента. Критерий Фишера.
19. Метод конечных элементов (МКЭ).
20. Разрешающая система уравнений МКЭ.
21. Метод Рэлея-Ритца.
22. Метод взвешенных невязок.
23. Погрешности и ошибки МКЭ.
24. Сходимость и точность решения МКЭ.
25. Устойчивость решения. Критерий Куранта-Фридрихса-Леви.
26. Реализация МКЭ в САЕ-системах.
27. Методы описания динамики сплошных сред. Метод Лагранжа.
28. Виды сеточных искажений. Алгоритм искусственной эрозии.
29. Методы описания динамики сплошных сред. Однокомпонентный и многокомпонентный методы Эйлера.
30. Математическое описание поведения материалов в широком диапазоне деформаций, скоростей деформаций и температур.
31. Феноменологические модели прочности материалов.
32. Физические модели прочности материалов.
33. Модели (критерии) разрушения материалов.
34. Уравнения состояния материала.
35. Линейный прочностной анализ АИУС.
36. Нелинейный прочностной анализ АИУС.
37. Динамический анализ АИУС.
38. Численное моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.

Дифференцированный зачет

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.

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-10	ОПК-12	
4	8	Раздел 1. Введение.	18	8	5	3	10	25	25	Коллоквиум, Домашнее задание, Курсовая работа
4	8	Раздел 2. Численные методы анализа.	21	8	6	2	13	25	25	Домашнее задание, Курсовая работа, Коллоквиум
4	8	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	37	19	13	6	18	25	25	Домашнее задание, Курсовая работа
4	8	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	32	16	10	6	16	25	25	Домашнее задание, Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 8 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

ОПК-10 - Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Чем метод простой итерации отличается от метода Гаусса-Зейделя?

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие определений.

1.ошибки базисной функции	А) Ошибки, обусловленные разностью между точным решением и его представлением в виде комбинации базисных функций заданного вида
2.ошибки округления	Б) Ошибки, являющиеся результатом геометрических различий границы рассматриваемой области и её конечно-элементной модели
3.ошибки дискретизации	В) Ошибки, связанные с конечной длиной разрядной сетки и большим числом операций, выполняемых при решении задачи методом конечных элементов

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Минимальной невязкой по методу Бубнова-Галеркина считается какая невязка?

№ 4 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) Модель учитывает зависимость предела текучести от температуры, величины и скорости эквивалентной пластической деформации.
4.Модель Джонсона-Кука	Г) В этой модели чувствительность материала к скорости деформации проявляется в росте напряжения по отношению к соответствующему статическому значению при возрастании скорости пластической деформации

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите последовательность появления методов:

1. Рэлея-Ритца.
2. метод дискретного элемента.
3. Метод Бубнова-Галёркина.
4. Метод Фурье.

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите последовательность граничных условий от первого рода до четвертого.

1. Неймана
2. Робена
3. Дирихле

4. сопряжения
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какую модель прочности из перечисленных целесообразно использовать для описания поведения бетона при высоких динамических нагрузках:
1. Риделя-Хаймаера-Тома;
 2. Стейнберга-Гуинана;
 3. Джонсона-Кука;
 4. Зерилли-Армстронга.
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Наилучшему качеству критерия ортогональности ячеек сеток соответствует значение:
1. -1;
 2. 0;
 3. 1;
 4. 2.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Какой метод из перечисленных целесообразно использовать для описания контактных взаимодействий в методе конечных элементов:
1. Гаусса-Жордана;
 2. штрафных функций;
 3. Гаусса;
 4. прогонки.
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Нелинейные контакты в CAE ANSYS Mechanical, требующие использования метода Ньютона-Рафсона и большого числа итераций:
1. Rough;
 2. Frictionless;
 3. No separation;
 4. Bonded.
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- К методам описания динамики сплошной среды можно отнести:
1. метод Лагранжа;
 2. метод релаксации;
 3. метод Эйлера;
 4. метод Гаусса-Зейделя.
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- К моделям прочности материалов можно отнести:

1. модель Джонсона-Холмквиста;
2. модель Ми-Грюнайзена;
3. модель Людвиг;
4. модель Джонсона-Кука.

ОПК-12 - Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как определяется спектральное число обусловленности матрицы?

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие типа дифференциальных уравнений в частных производных.

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Одномерное
волновое
уравнение
второго порядка | А. эллиптическое |
| 2. Одномерное
уравнение
теплопроводности | Б. гиперболическое |
| 3. Уравнение
Лапласа | В. параболическое |

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие.

- | | |
|--|--|
| 1. Цель анализа | А. Выбрать или рассчитать значения отдельных параметров проекта |
| 2. Задача
структурного
синтеза | Б. Определить множество проектных решений; |
| 3. Задача
параметрического
синтеза | В. получить информацию о характере функционирования объекта проектирования |

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность действий при решении трансцендентного уравнения методом Ньютона:

1. оценить погрешность вычислений
2. построить касательную к графику функции в точке x_0 .
3. вычислить значение функции и её производной в точке x_0
4. определить пересечение касательной к функции с осью абсцисс
5. Найти начальное (нулевое) приближение решения x_0

№ 5 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность действий при решении уравнения методом Симпсона:

1. Проверить выполнение условия останова.
2. Разбить интервал интегрирования на равные подинтервалы.
3. Определить функцию и пределы интегрирования.

4. Применить формулу Симпсона для каждого подинтервала и вычислить приближенное значение интеграла.
5. Вычислить значение функции в узлах интегрирования.
6. Сложить все приближенные значения интегралов на каждом подинтервале.
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
К вариационным методам можно отнести следующий метод:
1. метод Рэлея-Ритца;
 2. метод Рунге-Кутты;
 3. метод Якоби;
 4. метод Гаусса-Зейделя.
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
К критерию совместности системы линейных алгебраических уравнений можно отнести:
1. Теорему Кронекера-Капелли.
 2. Теорема Виета.
 3. Теорема Коши-Римана.
 4. Теорема Больцано-Коши.
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой метод из перечисленных целесообразно использовать для описания контактных взаимодействий в методе конечных элементов:
1. Крамера;
 2. распределенных параметров;
 3. Гаусса;
 4. прогонки.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
К методам, использующим схему "предиктор-корректор", из перечисленных можно отнести:
1. Метод Милна.
 2. Метод Хойна.
 3. Метод Адамса-Башфорта.
 4. Метод Рунге-Кутты.
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
К методам численного интегрирования можно отнести:
1. Метод Чебышева
 2. Метод дискретного элемента
 3. Метод трапеций
 4. Метод Симпсона
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответов

К градиентным методам можно отнести:

1. Крамера.
2. Гаусса.
3. метод наискорейшего спуска.
4. метод покоординатного спуска.

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как происходит согласование пространственной и временной дискретизации области сплошного континуума в механике деформируемого твердого тела?