

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	27.03.04 Управление в технических системах
Специализация/профиль/программа подготовки	Автономные информационные и управляющие системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
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	
3	6	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

27.03.04 Управление в технических системах

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-3 — Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности

ОПК-7 — Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-3

знания:

история развития численных методов;
основы метода конечных элементов;
планирование вычислительного эксперимента;
методы моделирования процессов в технических системах;

умения:

реализация численных методов в пакетах прикладных программ;
решение задач с использованием численных методов и алгоритмов;

навыки:

использование численных методов при моделировании задач механики сплошных сред;
проведение инженерного анализа технических систем.

ОПК-7

знания:

моделирование и анализ статических и динамических процессов в технических системах;
методы расчета, анализа и моделирования статических и динамических задач механики

сплошных сред;

умения:

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

выбор средств автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании автономных информационных и управляющих систем;

навыки:

проведение конструкторского анализа деталей и узлов технических систем;
проведение оптимизации параметров технических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 27.03.04 *Управление в технических системах*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И ПРИБОРОВ, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА, ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ, ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ, ФИЗИКА, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, РАДИОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ, СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ, ФИЗИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, ТЕОРИЯ ЧАСОВЫХ МЕХАНИЗМОВ, АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ОЗНАКОМИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА, ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ, СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИСТОРИЯ РОССИИ, ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ, РЯДЫ ФУРЬЕ, ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ, ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК, ЭКОНОМИКА, ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ, МЕТРОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ, ПРАВОВЕДЕНИЕ, ФИЛОСОФИЯ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ, ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ, МЕХАТРОНИКА, РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ, ПРОЕКТНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики
- ОПК-10 — Способен разрабатывать (на основе действующих стандартов) техническую документацию (в том числе в электронном виде) для регламентного обслуживания систем и средств контроля, автоматизации и управления
- ОПК-11 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)
- ОПК-3 — Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен решать задачи развития науки, техники и технологии в области управления в технических системах с учетом нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

- ОПК-6 — Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления
- ОПК-8 — Способен выполнять наладку измерительных и управляющих средств и комплексов, осуществлять их регламентное обслуживание
- ОПК-9 — Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
- ПК-1.1 — Способен разрабатывать и исследовать электромеханические и электронные автономные системы управления действием высокодинамичных объектов в условиях повышенных внешних воздействий
- ПК-1.2 — Способен разрабатывать программное обеспечение для исследования автономных информационных и управляющих систем, их эксплуатации и проектирования
- ПК-1.3 — Способен разрабатывать информационно-измерительные компоненты автономных информационных и управляющих систем
- 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
- УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
- УК-10 — Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
- УК-11 — Способен формировать нетерпимое отношение к проявлениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности
- УК-2 — Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
- УК-4 — Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)
- УК-5 — Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах

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-3	ОПК-7
3	6	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 АИУС. 1.4 Перечень и классификация расчетно-аналитических САЕ-систем. Основные этапы решения задач в САЕ-системах. САЕ-система Ansys. Краткие сведения о параметрическом языке APDL.	17	11	5	6	6	25	25
3	6	Раздел 2. Численные методы анализа. 2.1 Погрешности приближенных 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	10	6	4	11	25	25
3	6	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред. 3.1 Задачи механики сплошных сред характерные для АИУС. 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 Ритца. Решение задачи методом Ритца. 3.5 Метод Бубнова-Галёркина (метод взвешенных невязок). Решение задачи методом Бубнова-Галёркина. 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.	35	25	13	12	10	25	25
3	6	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 АИУС. 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 Физические и феноменологические модели прочности материалов. 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.	35	22	10	12	13	25	25
Всего за 6 семестр			108	68	34	34	40	100	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	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 САЕ 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.	4
2		Изучение модуля Ansys Static Structural.	2
3	Раздел 2. Численные методы анализа.	Практическое задание № 1. Решение задачи изгиба пластины в САЕ ANSYS в квазистатической постановке. Анализ адекватности модели.	2
4		Изучение модуля Ansys Transient Structural.	2
5	Раздел 3. Метод	Практическое задание №2. Анализ предохранителя ударного	4

	конечных элементов в механике сплошных сред.	механизма АИУС в квазистатической постановке. Анализ предохранителя ударного механизма АИУС в динамической постановке в неявной формулировке МКЭ.	
6		Практическое задание №3. Анализ прочности резьбового соединения АИУС в динамической постановке задачи в неявной формулировке МКЭ.	4
7		Практическое задание №4. Анализ прочности корпуса электронного блока АИУС при заданных внешних воздействиях в статической и динамической постановке задачи.	4
8		Изучение модулей Ansys Explicit, Ansys LS-DYNA.	2
9	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	Практическое задание №5. Анализ прочности деталей и узлов АИУС в динамической постановке задачи в явной формулировке МКЭ.	2
10		Основы работы в Ansys Autodyn.	4
11		Практическое задание №6. Определение среднемассовых ускорений, действующих на инерционный замыкатель АИУС. Расчет инерционного замыкателя.	4
Всего за 6 семестр			34

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 и ANSYS Design Explorer.	6
2	Раздел 2. Численные методы анализа.	Изучение интерфейса ANSYS Static Structural.	3
3		Домашнее задание № 1. Оформление отчета по практическому заданию № 1.	4
4		Изучение численных методов решения систем дифференциальных уравнений в CAE-системах.	4
5	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	Домашнее задание №3. Оформление отчета по практическому заданию № 3.	4
6		Домашнее №2. Оформление задание отчета по практическому заданию № 2.	3
7		Изучение модуля ANSYS Transient Structural.	3
8	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	Домашнее задание №6. Оформление отчета по практическому заданию № 6.	3
9		Домашнее задание №5. Оформление отчета по практическому заданию № 5.	3
10		Домашнее №4. Оформление отчета по практическому заданию № 4.	3
11		Изучение интерфейса ANSYS Explicit, ANSYS LS-DYNA, ANSYS Autodyn.	4
Всего за 6 семестр			40

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				ДЗ		ДР	ДЗ		Колл	ДР		ДЗ	ДЗ	ДЗ	ДЗ	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- 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;
- 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://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 - 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. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Office;
3. SolidWorks 2015 R5;
4. Google Chrome;

5. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
6. КОМПАС-3D V17;
7. DjVuReader.

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

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 *27.03.04 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*:

ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности;

ОПК-7 Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численными методами моделирования процессов, 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 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 (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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 и ANSYS Design Explorer.	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 1-3) 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 (Глава 5)	6
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Численные методы анализа.		
Изучение интерфейса ANSYS Static Structural.	В. М. Вержбицкий. . Основы численных методов: М.: Высш. шк., 2002 (Главы 1-5, 7, 14-19)	3
Домашнее задание № 1. Оформление отчета по практическому заданию № 1.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 2-4) 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)	4
Изучение численных методов решения систем дифференциальных уравнений в CAE-системах.	К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 7-11)	4
Итого по разделу 2		11
Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.		
Домашнее задание №3. Оформление отчета по практическому заданию № 3.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Глава 4) 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)	4
Домашнее №2. Оформление задания отчета по практическому заданию № 2.	В. В. Селиванов. Прикладная механика сплошных сред. Т. 2 Механика разрушения деформируемого тела: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1999 (Главы 1-2) В. М. Вержбицкий. . Основы численных методов: М.: Высш. шк., 2002 (Главы 14-19)	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)	3

Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.		
Домашнее задание №6. Оформление отчета по практическому заданию № 6.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Глава 4) 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
Домашнее задание №5. Оформление отчета по практическому заданию № 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 3-7)	3
Домашнее №4. Оформление отчета по практическому заданию № 4.	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, ANSYS LS-DYNA, ANSYS Autodyn.	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)	4
Итого по разделу 4		13

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- 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 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 устройств 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;
- сходимости 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.

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

Вопросы к зачёту оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и одно 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.

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-3	ОПК-7	
3	6	Раздел 1. Введение.	17	11	5	6	6	25	25	Коллоквиум, Домашнее задание
3	6	Раздел 2. Численные методы анализа.	21	10	6	4	11	25	25	Домашнее задание, Коллоквиум
3	6	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	35	25	13	12	10	25	25	Домашнее задание
3	6	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	35	22	10	12	13	25	25	Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 6 семестр			108	68	34	34	40	100	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

ОПК-3 - Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как определяется спектральное число обусловленности матрицы?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как происходит согласование пространственной и временной дискретизации области сплошного континуума в механике деформируемого твердого тела?
- № 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 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 |
- № 5 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
- № 6 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.
- № 7 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.
- № 8 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.
- № 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. Крамера;
 2. геометрических ограничений;
 3. Гаусса;
 4. прогонки.
- № 10 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.
- № 11 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.
- № 12 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.

ОПК-7 - Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Минимальной невязкой по методу Бубнова-Галеркина считается какая невязка?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для чего предназначен алгоритм искусственной эрозии в Лагранжевом решателе в САЕ-системах?

№ 3 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 |

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность появления методов:

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

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

Наихудшему качеству критерия ортогональности ячеек сеток соответствует значение:

1. -1;
2. 0;
3. 1;
4. 2.

№ 6 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. штрафных функций;
3. Гаусса;
4. прогонки.

№ 7 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.

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

К методам описания динамики сплошной среды можно отнести:

1. метод Лагранжа;
2. метод Якоби;
3. метод Эйлера;
4. метод Гаусса-Зейделя.

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

К моделям прочности материалов можно отнести:

1. модель Купера-Саймондса;
2. модель Ми-Грюнайзена;
3. модель Людвига;
4. модель Джонсона-Кука.

№ 10 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

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность граничных условий от первого рода до третьего.

1. Неймана.

2. Робена

3. Дирихле.

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

Какую модель прочности из перечисленных целесообразно использовать для описания поведения грунтов и горных пород:

1. Друкера-Прагера;

2. Стейнберга-Гуинана;

3. Джонсона-Кука;

4. Зерилли-Армстронга.