

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Суслин А. В.
ФИО
«21» 05 2022

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	18	22	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

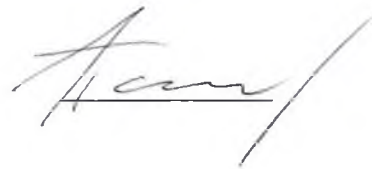
27.03.04 Управление в технических системах

год набора группы: 2022

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 Егоренков Л.С., к.т.н., снс



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс



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 — способность использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности
ОПК-7 — способность 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.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, БОЕПРИПАСЫ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ, ВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА, ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ, МЕХАТРОНИКА, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ФИЗИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА, АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ТЕХНИКА.**

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-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-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
- ПК-91 — способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
- ПК-92 — способен к саморазвитию в условиях неопределённости, формулировать себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, выбирать способы решения и направления развития
- 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-95 — способен к критическому мышлению в цифровой среде, оценке информации, ее достоверности, построению логических умозаключений на основании поступающих информации и данных
- ПСК-1.1 — Способен разрабатывать и исследовать электромеханические и электронные автономные системы управления действием высокодинамичных объектов в условиях повышенных внешних воздействий
- УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	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 донного взрывателя боеприпаса в процессе пробития преграды под заданными углами встречи. 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.	Выбор и согласование тем курсовых работ. Оформление заданий на курсовые работы. Выполнение работ по этапу № 1 курсовой работы.	4
2		Изучение интерфейса ANSYS Workbench и ANSYS Design Explorer.	2
3	Раздел 2. Численные методы анализа.	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
4		Изучение интерфейса ANSYS Static Structural.	1
5		Домашнее задание № 1. Оформление отчета по практическому заданию № 1.	2
6	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	Изучение численных методов решения систем дифференциальных уравнений в САЕ-системах.	2
7		Изучение модуля ANSYS Transient Structural.	2
8		Домашнее №2. Оформление задание отчета по практическому заданию № 2.	2
9		Выполнение работ по этапу № 3 курсовой работы. Изучение нормативной литературы (ГОСТы, ОСТы, нормали, технические условия) в рамках тем курсовых работ.	4
10		Домашнее задание №3. Оформление отчета по практическому заданию № 3.	2
11		Домашнее №4. Оформление отчета по практическому заданию № 4.	2
12		Изучение интерфейса ANSYS Explicit, ANSYS LS-DYNA, ANSYS Autodyn.	3
13		Домашнее задание №5. Оформление отчета по практическому заданию № 5.	2
14		Выполнение работ по этапам № 3 и № 4 курсовой работы. Оформление курсовой работы, подготовка к защите.	4
15		Домашнее задание №6. Оформление отчета по практическому заданию № 6.	2

3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Анализ состояния вопроса.	1 - 4	4
Этап 2. Расчет конструкции аналитическими методами.	5 - 8	6
Этап 3. Расчет конструкции численными методами в САЕ-системе в статической и динамической постановке задачи.	9 - 14	6
Этап 4. Оформление курсовой работы.	15 - 17	2
Всего за 6 семестр		18

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																17
6				ДЗ		ДР	ДЗ	КР	Колл	ДР		КР	ДЗ	КР	ДЗ	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. Моделирование и анализ информационных систем;
2. Деформация и разрушение материалов;
3. Металловедение и термическая обработка металлов;
4. Информационно-измерительные и управляющие системы.

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. Microsoft Office;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. DjVuReader;
4. Google Chrome;

5. Matlab 2015a SP1;
6. SolidWorks 2015 R5;
7. КОМПАС-3D V17;
8. PTC Mathcad Prime 5.0.

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. Microsoft Office;
4. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
5. DjVuReader;
6. Google Chrome;
7. Matlab 2015a SP1;
8. SolidWorks 2015 R5;
9. КОМПАС-3D V17;
10. PTC Mathcad Prime 5.0.

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 способность использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности;

ОПК-7 способность 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;
- 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 (**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.		
Выбор и согласование тем курсовых работ. Оформление заданий на курсовые работы. Выполнение работ по этапу № 1 курсовой работы.	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)	4
Изучение интерфейса ANSYS Workbench и ANSYS Design Explorer.	А. В. Бабкин, В. И. Колпаков, В. Н. Охитин. . Численные методы в задачах физики быстропотекающих процессов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 (Глава 5)	2
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Численные методы анализа.		
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.	В. М. Вержбицкий. . Основы численных методов: М.: Высш. шк., 2002 (Главы 1-5, 7, 14-19) К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 7-11) 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)	6
Изучение интерфейса ANSYS Static Structural.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 2-4)	1
Домашнее задание № 1. Оформление отчета по практическому заданию № 1.		2
Изучение численных методов решения систем дифференциальных уравнений в САЕ-системах.		2
Итого по разделу 2		11
Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.		
Изучение модуля ANSYS Transient Structural.	К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 3-6)	2
Домашнее №2. Оформление задание отчета по практическому заданию № 2.		2
Выполнение работ по этапу № 3 курсовой работы.		4

Изучение нормативной литературы (ГОСТы, ОСТы, нормали, технические условия) в рамках тем курсовых работ.	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)	
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. 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)	2
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.		
Домашнее №4. Оформление отчета по практическому заданию № 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)	2
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)	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)	2
Выполнение работ по этапам № 3 и № 4 курсовой работы. Оформление курсовой работы, подготовка к защите.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Глава 4) Д. В. Криворучко, В. А. Залога. . Моделирование процессов резания методом конечных элементов; методологические основы: Сумы: Университетская книга, 2012 (Разделы 1-3)	4
Домашнее задание №6. Оформление отчета по практическому заданию № 6.	В. В. Селиванов. Прикладная механика сплошных сред. Т. 2 Механика разрушения деформируемого тела: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1999 (Главы 3-7)	2
Итого по разделу 4		13

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды 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 взрывателя 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 донного взрывателя боеприпаса в процессе пробития преграды под заданными углами встречи. 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, приведён в материалах учебно-методического комплекса.

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».

Перечень тем курсовых работ приведён в материалах учебно-методического комплекса.

Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень выносимых на дифференцированный зачёт вопросов приведён в материалах учебно-методического комплекса.

Дифференцированный зачет

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

.

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	Курсовая работа, Коллоквиум, Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание
3	6	Раздел 2. Численные методы анализа.	21	10	6	4	11	25	25	Курсовая работа, Домашнее задание, Коллоквиум, Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 3. Метод конечных элементов в механике сплошных сред.	35	25	13	12	10	25	25	Курсовая работа, Коллоквиум, Домашнее задание, Вопросы к дифференцированному зачету
3	6	Раздел 4. Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.	35	22	10	12	13	25	25	Курсовая работа, 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	