


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


 Юнаков Д. П.
 (подпись) ФИО
 « 31 » 05 20 21

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПАКЕТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	34	0	17	17	74	0	0	74	зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Дудин Сергей Михайлович, к.т.н., доцент




Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

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

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс



Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПАКЕТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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:

УК-1 — способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

УК-1

знания:

особенностей компьютерного моделирования функционирования различных конструкций и узлов, входящих в состав ракетных и ракетно-космических стартовых комплексов; основных этапов моделирования, корректно задавать граничные условия в зависимости от реально действующих нагрузок и способов закрепления объекта;;

умения:

используя изученные методики расчёта, теоретически определять основные параметры, характеризующие напряженно-деформированное состояние элементов конструкции стартового оборудования, а также проводить расчёт прочности несущих металлоконструкций и элементов приводов этих агрегатов; в результате анализа результаты выполненных расчётов, проводить выбор оптимальных технических решений в процессе проектирования;;

навыки:

разработки простых математических и физических моделей объектов; расчета на прочность и устойчивость корпусных конструкций, пластин, стержневых и оболочечных конструкций при различных видах их нагружения..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПАКЕТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АГРЕГАТЫ СТАРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- 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	Лабораторный практикум	Практические занятия		УК-1
3	6	Раздел 1. Структура и возможности прикладной программы SolidWorks Simulation. Основные понятия и реализуемые алгоритмы метода конечных элементов. Типы расчетных сеток, интерфейс программы.	14	4	2	2	10	15
3	6	Раздел 2. Задание свойств объекта расчета. Использование адаптивных методов расчета. Задание свойств материалов объектов расчета.	14	4	2	2	10	15
3	6	Раздел 3. Задание граничных условий. Кинематические граничные условия. Статические граничные условия.	20	8	4	4	12	20
3	6	Раздел 4. Формирование расчетной сетки. Алгоритмы формирования расчетной сетки. Автоматическое и ручное уплотнение сетки.	14	4	2	2	10	15
3	6	Раздел 5. Особенности расчета сборок. Контактные условия для деталей в сборке. Расчет с учетом трения, расчет больших и малых перемещений.	18	6	3	3	12	15
3	6	Раздел 6. Представление результатов расчета. Числовой, графический и анимационный способы. Критерии оценки прочности, сценарии проектирования. Параметры решения задачи оптимизации.	28	8	4	4	20	20
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Структура и возможности прикладной программы SolidWorks Simulation.	Особенности проведения прочностных, тепловых, частотных расчетов, расчетов на устойчивость, циклические и ударные нагрузки в SolidWorks Simulation. Обоснование возможности расчета задач термоупругости и нелинейной динамики.	2
2	Раздел 2. Задание свойств объекта расчета.	Принципы построения алгоритмов р-адаптивного и h-адаптивного методов расчета. Задание параметров управления и критерии точности для адаптивных методов	2
3	Раздел 3. Задание граничных условий.	Глобальная и справочные системы координат, особенности их задания и применения. Использование принципа суперпозиции при задании граничных условий. Статические и кинематические граничные условия.	4
4	Раздел 4. Формирование расчетной сетки.	Основные параметры расчетной сетки. Алгоритмы её формирования методом энергетических диаграмм и методом движущегося фронта.	2
5	Раздел 5. Особенности расчета сборок.	Выполнение сценария проектирования пластинчатого кронштейна. Решение оптимизационной задачи.	3
6	Раздел 6. Представление результатов расчета.	Компоненты напряжений, перемещений и деформаций. Изолинии и изоповерхности. Критерии оценки прочности. Сценарии проектирования. Оптимизационная задача, алгоритм и параметры настройки. Способы экспорта результатов в другие программы.	4
Всего за 6 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов

1	Раздел 1. Структура и возможности прикладной программы SolidWorks Simulation.	Интерфейс программы. Основные принципы выбора твердотельной, оболочечной, балочной и комбинированной расчетных сеток.	2
2	Раздел 2. Задание свойств объекта расчета.	Задание свойств материала объекта расчета. Работа с браузером материалов и поставляемой библиотекой материалов.	2
3	Раздел 3. Задание граничных условий.	Моделирование реальных нагрузок и способов закрепления объекта с помощью граничных условий в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат.	4
4	Раздел 4. Формирование расчетной сетки.	Выполнение сценария проектирования пластинчатого кронштейна. Решение оптимизационной задачи.	2
5	Раздел 5. Особенности расчета сборок.	Выполнение сценария проектирования пластинчатого кронштейна. Решение оптимизационной задачи.	3
6	Раздел 6. Представление результатов расчета.	Выполнение сценария проектирования пластинчатого кронштейна. Решение оптимизационной задачи.	4
Всего за 6 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Структура и возможности прикладной программы SolidWorks Simulation.	Восстановление навыков работы с программой SolidWorks.	10
2	Раздел 2. Задание свойств объекта расчета.	Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	10
3	Раздел 3. Задание граничных условий.	Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	12
4	Раздел 4. Формирование расчетной сетки.	Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	10
5	Раздел 5. Особенности расчета сборок.	Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	12
6	Раздел 6. Представление результатов расчета.	Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала. Выполнение расчетно-графической работы	20
Всего за 6 семестр			74

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6		ЛР			ЛР	ДР	ЛР		ЛР	ДР	ЛР			ЛР	РГР	ДР	РГР, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- расчетно-графическая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. П. Маштаков, Р. В. Красильников. . Физические основы пуска. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 26 экз.
2. Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.
3. И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 52 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Моделирование и анализ информационных систем.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

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. SolidWorks 2015 R5.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Проектор.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Microsoft Office;
2. SolidWorks 2015 R5.

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 **ПАКЕТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

УК-1 способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с компьютерным моделированием функционирования устройств и систем ракетных и ракетно-космических стартовых комплексов. К ним относятся: 1) знакомство с этапами компьютерного моделирования, обеспечение корректности задания граничных условий в зависимости от реально действующих нагрузок и способов закрепления объекта; 2) освоение алгоритмов численного решения уравнений, описывающих тепловое и напряженно-деформированное состояние проектируемого объекта; 3) определение основных параметров, характеризующие напряженно-деформированное состояние элементов конструкции стартового оборудования, а также проведение прочностных расчётов несущих металлоконструкций и элементов приводов стартовых агрегатов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- расчетно-графическая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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. Структура и возможности прикладной программы SolidWorks Simulation.		
Восстановление навыков работы с программой SolidWorks.	А. П. Маштаков, Р. В. Красильников. . Физические основы пуска: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1) Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (1)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Задание свойств объекта расчета.		
Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1) Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (2)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Задание граничных условий.		
Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (3)	12
Итого по разделу 3		12
Раздел 4. Формирование расчетной сетки.		
Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Особенности расчета сборок.		
Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала	Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (4) И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3)	12

Итого по разделу 5		12
Раздел 6. Представление результатов расчета.		
Подготовка к аудиторному и лабораторному практикумам. Повторение ранее изученного материала. Выполнение расчетно-графической работы	Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (5)	20
Итого по разделу 6		20

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- расчетно-графическая работа;
- 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.

Лабораторная работа

Отчет по лабораторной работе представляется в электронном виде, отчет генерируется программой SolidWorks после выполнения расчета. Защита отчета проходит в форме ответов на вопросы преподавателя. Критерием выполнения работы является достоверность расчета и правильные ответы на более, чем 75% вопросов преподавателя.

Расчетно-графическая работа

Отчет по расчетно-графической работе представляется в электронном или распечатанном виде. Защита отчета проходит в форме ответов на вопросы преподавателя. Критерием выполнения работы является достоверность расчета и правильные ответы на более, чем 80% вопросов преподавателя по содержанию работы.

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.

Условием получения зачета являются:

- выполнение и защита всех лабораторных работ;
 - правильное выполнение и защита расчетно-графической работы;
- и 75% правильных ответов на вопросы преподавателя. Перечень вопросов к зачету входит в состав УМК дисциплины.

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		УК-1	
3	6	Раздел 1. Структура и возможности прикладной программы SolidWorks Simulation.	14	4	2	2	10	15	Лабораторная работа
3	6	Раздел 2. Задание свойств объекта расчета.	14	4	2	2	10	15	Лабораторная работа
3	6	Раздел 3. Задание граничных условий.	20	8	4	4	12	20	Лабораторная работа
3	6	Раздел 4. Формирование расчетной сетки.	14	4	2	2	10	15	Лабораторная работа
3	6	Раздел 5. Особенности расчета сборок.	18	6	3	3	12	15	Лабораторная работа
3	6	Раздел 6. Представление результатов расчета.	28	8	4	4	20	20	Лабораторная работа, Расчетно-графическая работа
Всего за 6 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	