

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
« 31 » 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Технология производства газотурбинных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	0	0	51	57	0	0	57	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО
ВООРУЖЕНИЯ

Афанасьев Александр Сергеевич, д.т.н., профессор

Кафедра Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО
ВООРУЖЕНИЯ

Александров Александр Сергеевич, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО
ВООРУЖЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Иванов К.М., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

Заведующий кафедрой Иванов К.М., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

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:

ПСК-2.2 — способность разрабатывать физические и математические модели процессов, протекающих в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов
ПСК-2.4 — способность разрабатывать технологии и управляющие программы для изготовления деталей средней сложности на станках с числовым программным управлением

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-2.2

знания:

Особенности моделирования численными методами газовой динамики компрессора, камеры сгорания и турбины ГТД на основных режимах.;

умения:

Проводить расчеты деталей и сборок методом конечных элементов..;

навыки:

Алгоритмы моделирования рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД на различных режимах работы..

ПСК-2.4

знания:

Единая система технологической подготовки производства.;

умения:

Проектировать технологические операции изготовления деталей на станках с ЧПУ.;

навыки:

Анализ технических требований, предъявляемых к деталям, для обработки на станках с ЧПУ..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, CAE МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ГТД, ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, CAD ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГТД.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **CALS-ТЕХНОЛОГИИ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ, САМ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ.**

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
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
- ОПК-3 — Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
- 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 неопределенности, 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

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	Практические занятия		ПСК-2.2	ПСК-2.4
4	7	Раздел 1. Нисходящее проектирование ГТД в CAD/CAM/CAE PDM приложениях. Способы совместного нисходящего проектирования ГТД в CAD/CAM/CAE приложениях с использованием возможностей PDM Link системы. Нисходящее проектирование ГТД в CAD/CAM/CAE приложениях. Разработка структуры ГТД (создание пустых моделей). Заимствование моделей хранящихся в PDM Link системе. Нисходящее проектирование ГТД в PDM Link системе. Инструменты нисходящего проектирования ГТД CAD приложения: - Компоновка. - Каркасные модели. - Блокнот. - Общая геометрия. - Объединение/Наследование. - Копия геометрии. Заимствование частей (CAD документов), хранящихся в PDM Link системе. Синхронизация структуры CAD документов. Нисходящее проектирование с использованием команды «Сохранить как». Разработка каркасных моделей ГТД в CAD приложениях. Разработка каркасных моделей ГТД. Разработка, редактирование геометрии каркасных моделей. Назначение объема, занимаемого компонентом в сборке. Создание незамкнутых поверхностей для определения объема. Создание опорных плоскостей для определения зазоров между компонентами ГТД. Разработка моделей компонентов ГТД (деталей, сборочных единиц) в CAD приложениях. Способы восходящего проектирования ГТД в CAD приложениях с использованием возможностей PDM Link системы, Создание модели, чертежа с использованием настроек библиотеки PDM Link системы, Способы создания CAD документа: в рабочей области, Создание CAD документа при разработке части в процессе редактирования электронной структуры ГТД, Создание нового объекта при помощи операции «Сохранить как» в рабочей области, Создание нового объекта при помощи операции «Сохранить копию» в Cgeo, Создание нового объекта путем использования файлов, хранящихся на локальном компьютере.,	16	10	10	6	15	20
4	7	Раздел 2. Технологии твердотельного трехмерного моделирования деталей ГТД, модели ГТД и их классификация. Иерархии элементов трехмерной модели детали ГТД. Зависимости элементов «родители/потомки». Конструкторские элементы. Вспомогательная геометрия. Параметры и уравнения моделей деталей ГТД. Определение соотношений между параметрами модели.	26	10	10	16	30	25
4	7	Раздел 3. Моделирование рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД. Введение в метод конечных элементов. Сущность метода конечных элементов. Аналитические методы и численные методы, метод конечных элементов (МКЭ). Особенности моделирования численными методами газовой динамики компрессора, камеры сгорания и турбины ГТД на основных режимах. Алгоритмы моделирования рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД на различных режимах работы. Моделирование течения, уравнения Навье – Стокса, осредненные по Рейнольдсу (RANS), модели, описывающие турбулентность. Требования к качеству расчетной сетки: регулярная структура максимально точно ориентированная по линиям, значительная пространственная дискретизация, обеспечение низких значений безразмерного коэффициента стенки.	38	17	17	21	35	25
4	7	Раздел 4. САМ программирование деталей ГТД для обработки на станках с ЧПУ. Описание основных принципов работы САМ системы. Запуск NX CAM / Cgeo и главное окно. Этапы разработки управляющих программ. Создание производственной модели. Инструменты CAD в модуле САМ. Конфигурирование операций. Использование ссылочных моделей. Описание основных принципов работы. Черновая обработка: Основы. Уровни резания и шаблон резания. Параметры резания. Создание последовательностей обработки. Вспомогательные перемещения (параметры без резания). Скорости и подачи. Чистовая обработка: Создание последовательности чистовой обработки. Проверка траектории инструмента, верификация (проверка) операций. Постпроцессирование и получение управляющей программы.	28	14	14	14	20	30
Всего за 7 семестр			108	51	51	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	51	57	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Нисходящее проектирование ГТД в CAD/CAM/CAE PDM приложениях.	Разработка требований к компоновочным решениям ГТД в CAD PDM приложениях.. Электронная структура требований к изделию военного назначения в PDM приложении, Блокнот, Определение для изделия военного назначения (сборочной единицы):, - командных (критичных) параметров (габаритных, массовых), - геометрических ограничений (плоских и объемных), - пространственных ограничений на размещение компонентов. Разработка блокнота, создание: - упрощённых изображений изделия военного назначения (сборочной единицы), - опорных осей и плоскостей, - критичных	10

		<p>размеров, в том числе габаритных, монтажных, - размерных и критичных (габаритных, массовых) параметров, - создание внутренних конструкторских параметров Разработка каркасных моделей ГТД . Разработка дерева каркасных моделей. Шаблон сборки каркасных моделей. Разработка каркасных моделей. «Привязка», объявление размеров каркасных моделей к параметрам блокнота. «Привязка», объявление параметров модели сборки изделия (сборочной единицы) к параметрам блокнота. Определение «Общей геометрии» каркасных моделей. Создание и хранение вариантов проектируемого изделия военного назначения в PDM Link системе. Опорные структуры проектируемого изделия военного назначения для нескольких ревизий (А, В и С) одной сборки. Приёмы создания, редактирования и повторного открытия в CAD приложении. Особенности разработки сборочных чертежей в CAD приложении. с использованием информации PDM Link системы. - Получение номеров позиций из спецификации PDM Link системе. - Простановка позиций с помощью штатного функционала (таблица позиций, переданных из PDM Link системы). Создание и хранение вариантов проектируемого изделия военного назначения в PDM Link системе. Опорные структуры проектируемого изделия военного назначения для нескольких ревизий (А, В и С) одной сборки. Приёмы создания, редактирования и повторного открытия в CAD приложении. Особенности разработки сборочных чертежей в CAD приложении. с использованием информации PDM Link системы. - Получение номеров позиций из спецификации PDM Link системе. - Простановка позиций с помощью штатного функционала (таблица позиций, переданных из PDM Link системы).</p>	
2	<p>Раздел 2. Технологии твердотельного трехмерного моделирования деталей ГТД, модели ГТД и их классификация.</p>	<p>Технологичность трехмерных моделей конструкции деталей ГТД. Оценка технологичности конструкции деталей ГТД. Оценка технологичности конструкции деталей ГТД, на основе трехмерных моделей. Параллельная (совместная) работа конструктора и технолога над технологичностью конструкции в среде CAD CAM систем. Понятие конструкторских классов и технологических классов. Классификатор ЕСКД. Конструкторско-технологические элементы (КТЭ). Понятие о нормализованных рядах КТЭ. Понятие о информации трехмерной модели, необходимой для разработки технологии (РМТ). Технологический контроль трехмерных моделей деталей. Процессы технологического контроля (ТК), существующие на предприятиях, их недостатки (ТК в бумажном виде). Примеры различных видов замечаний технологического контроля на основе трехмерных моделей Разработка трехмерных моделей деталей ГТД с поверхностями сложной формы в CAD системах верхнего уровня. Процесс моделирования поверхностей деталей ГТД. Создание кривых, параметрической геометрии и поверхностей свободной формы в CAD системах верхнего уровня (ISDX).</p>	10
3	<p>Раздел 3. Моделирование рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД.</p>	<p>Одномерная задача о распределении температуры в стержне. Типы структурного статического анализа. Малые и большие перемещения. Определение напряжений, деформаций. Объемное напряженное состояние. Теории прочности в сопротивлении материалов. Энергетическое условие пластичности (условие пластичности Мизеса). Определение напряжений, деформаций. Закон Гука. Инженерные расчеты, определяющие качество деталей ГТД. Этапы метода конечных элементов. Основные соотношения. Фундаментальные системы уравнений. Основное дифференциальное уравнение. Матрица жесткостей, матрица демпфирования. Основные типы конечных элементов. Типы структурного динамического и теплового анализа. Линейный и нелинейный статический анализ. Разбиение модели на сетку конечных элементов и точность расчета. «Ограничение» и «нагрузка». Виды нагрузок. Виды ограничений. Интерполяция, порядок полинома. Предел сходимости. Реализация метода конечных элементов в программных комплексах. Использование метода конечных элементов для оптимизации конструкции</p>	17

		мелкоразмерных элементов деталей ГТД. Сложная геометрия проточной части камеры сгорания, неструктурированные сетки, состоящие из тетраэдров с использованием призматических слоев на стенках. Общие положения технологии сквозного моделирования рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД в едином универсальном программном комплексе. Возможности современных программ по газодинамическому расчёту компрессора, камеры сгорания и турбины ГТД. ANSYS Fluent, ANSYS CFX, Numeca FINE/Turbo. Требования значительных вычислительных ресурсов для газо-динамических расчетов компрессора, камеры сгорания и турбины по отдельности. Исходные данные моделирования рабочего процесса ГТД в едином универсальном программном комплексе и допущения.	
4	Раздел 4. САМ программирование деталей ГТД для обработки на станках с ЧПУ.	Черновая обработка фрезерованием: Основы. Уровни резания и шаблон резания. Параметры резания. Создание последовательностей фрезерования объема. Создание последовательностей Вспомогательные перемещения (Параметры без резания). Скорости и подачи. Проверка траектории инструмента, верификация (проверка) операций. Чистовая обработка фрезерованием: Создание последовательности чистового фрезерования. Токарная обработка: Токарная обработка. Инициализация для токарной обработки. Задание систем координат и геометрии. Создание операций. Создание инструмента. Токарно-фрезерная обработка: Токарно-фрезерная обработка. Инициализация для токарно-фрезерной обработки. Задание систем координат и геометрии.	14
Всего за 7 семестр			51

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Нисходящее проектирование ГТД в CAD/CAM/CAE PDM приложениях.	Создание и хранение вариантов проектируемого изделия военного назначения в PDM Link системе, Опорные структуры проектируемого изделия военного назначения для нескольких ревизий (А, В и С) одной сборки, Приёмы создания, редактирования и повторного открытия в CAD приложении, Особенности разработки сборочных чертежей в CAD приложении. с использованием информации PDM Link системы, - Получение номеров позиций из спецификации PDM Link системе, - Простановка позиций с помощью штатного функционала (таблица позиций, переданных из PDM Link системы).	6
2	Раздел 2. Технологии твердотельного трехмерного моделирования деталей ГТД, модели ГТД и их классификация.	Способы и методы создания первичных кривых. Способы и методы создания параметрической геометрии и поверхностей свободной формы деталей ГТД. Дополнительные инструменты в CAD системах и приемы определения геометрии деталей ГТД. Способы и методы создания гладкой геометрии деталей ГТД. Способы и методы интеграции геометрии и параметрической геометрии при разработке трехмерных моделей деталей ГТД. Техники создания типовых форм в трехмерных моделях деталей ГТД. Способы и методы создания сложных поверхностей деталей ГТД. Способы и методы анализа и контроля качества параметрической геометрии и поверхностей свободной формы деталей ГТД в CAD системах верхнего уровня ..	16
3	Раздел 3. Моделирование рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД.	Современные комплексы моделирования CAD, CAE. Программные комплексы моделирования НДС. CAD комплексы. CAE комплексы. Моделирование аэродинамики. Моделирование НДС. Моделирование процессов горения. Возможности и специализация различных программных комплексов. ПК ANSYS. Моделирование установившихся и переходных режимов работы ГТД. Проведение	21

		виртуальных испытаний ГТД. Виртуальное моделирование характеристик турбин. Виртуальное моделирование характеристик компрессора.	
4	Раздел 4. САМ программирование деталей ГТД для обработки на станках с ЧПУ.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям: изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	14
Всего за 7 семестр			57

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7				ТекК	ИПЗ	ДР			ТекК, ИПЗ	ДР			ИПЗ			ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы для текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Основы проектирования в Creo Parametric. СПб.: НИЦ АРТ, 2021, эл. рес.
2. А. А. Алямовский. . SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011, эл. рес.
3. А. З. Копылов. . Газодинамические расчёты в SolidWorks средствами модуля FlowSimulation. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
4. А. С. Александров, А. С. Афанасьев, Д. В. Васильков. . Оформление чертежей в Creo Parametric. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, эл. рес.
5. В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Изд-во СамГТУ, 2010, эл. рес.
6. Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019, эл. рес.
7. Г. К. Хотина, С. А. Фрейлехман, С. А. Леонова. . Создание изделий со сложными поверхностями в среде геометрического моделирования SolidWorks. Москва: МАИ, 2021, эл. рес.
8. Е. Ю. Верхотуркин, В. Н. Пашенко, В. Б. Пясецкий. . Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013, эл. рес.
9. И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 52 экз.
10. И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
11. Н. Р. Туркина. . Проектирование в среде SolidWorks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 38 экз.
12. Н. Р. Туркина. . Проектирование в среде SolidWorks. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
13. П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. . Программирование обработки в NX CAM. М.: ДМК Пресс, 2014, эл. рес.
14. П. С. Гончаров, И. А. Артамонов, Т. Ф. Халитов. . NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. М.: ДМК Пресс, 2012, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
4. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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. Creo Simulation Basic ENG;
2. PTC Creo;
3. PTC Creo Parametric;
4. PTC Creo Simulate;
5. Siemens NX;
6. SolidWorks 2015 R5;
7. Solidcam 2017;
8. SOLIDWORKS 2015;
9. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
10. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
11. Ansys;
12. КОМПАС-3D V17.

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. Creo Simulation Basic ENG;
2. PTC Creo;
3. PTC Creo Parametric;
4. PTC Creo Simulate;
5. Siemens NX;
6. SolidWorks 2015 R5;
7. Solidcam 2017;
8. SOLIDWORKS 2015;
9. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
10. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
11. Ansys;
12. КОМПАС-3D V17.

6.2. 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 **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.03.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2.2 способность разрабатывать физические и математические модели процессов, протекающих в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов;

ПСК-2.4 способность разрабатывать технологии и управляющие программы для изготовления деталей средней сложности на станках с числовым программным управлением.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с сквозным циклом моделирования изделий ГТД в CAD/CAE/CAM системах.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- вопросы для текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**51 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Нисходящее проектирование ГТД в CAD/CAM/CAE PDM приложениях.		
Создание и хранение вариантов проектируемого изделия военного назначения в PDM Link системе, Опорные структуры проектируемого изделия военного назначения для нескольких ревизий (А, В и С) одной сборки, Приёмы создания, редактирования и повторного открытия в CAD приложении, Особенности разработки сборочных чертежей в CAD приложении. с использованием информации PDM Link системы, - Получение номеров позиций из спецификации PDM Link системе, - Простановка позиций с помощью штатного функционала (таблица позиций, переданных из PDM Link системы).	Н. Р. Туркина. . Проектирование в среде SolidWorks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2) А. А. Алямовский. . SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи: Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011 (1) Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (5) Г. К. Хотина, С. А. Фрейлехман, С. А. Леонова. . Создание изделий со сложными поверхностями в среде геометрического моделирования SolidWorks: Москва: МАИ, 2021 (1) . Основы проектирования в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (1)	6

	А. С. Александров, А. С. Афанасьев, Д. В. Васильков. . Оформление чертежей в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (2)	
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Технологии твердотельного трехмерного моделирования деталей ГТД, модели ГТД и их классификация.		
Способы и методы создания первичных кривых. Способы и методы создания параметрической геометрии и поверхностей свободной формы деталей ГТД. Дополнительные инструменты в САД системах и приемы определения геометрии деталей ГТД. Способы и методы создания гладкой геометрии деталей ГТД. Способы и методы интеграции геометрии и параметрической геометрии при разработке трехмерных моделей деталей ГТД. Техники создания типовых форм в трехмерных моделях деталей ГТД. Способы и методы создания сложных поверхностей деталей ГТД. Способы и методы анализа и контроля качества параметрической геометрии и поверхностей свободной формы деталей ГТД в САД системах верхнего уровня ..	Н. Р. Туркина. . Проектирование в среде SolidWorks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3) А. А. Алямовский. . SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи: Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011 (2) Г. А. Щеглов. . Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019 (2, 3, 4) Г. К. Хотина, С. А. Фрейлехман, С. А. Леонова. . Создание изделий со сложными поверхностями в среде геометрического моделирования SolidWorks: Москва: МАИ, 2021 (2) . Основы проектирования в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2021 (2) А. С. Александров, А. С. Афанасьев, Д. В. Васильков. . Оформление чертежей в Creo Parametric: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (2) И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3)	16
Итого по разделу 2		16
Раздел 3. Моделирование рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД.		
Современные комплексы моделирования САД, САЕ. Программные комплексы моделирования НДС. САД комплексы.САЕ комплексы. Моделирование аэродинамики. Моделирование НДС. Моделирование процессов горения.	А. З. Копылов. . Гидрогазодинамические расчёты в SolidWorks средствами модуля	21

Возможности и специализация различных программных комплексов. ПК ANSYS. Моделирование установившихся и переходных режимов работы ГТД. Проведение виртуальных испытаний ГТД. Виртуальное моделирование характеристик турбин. Виртуальное моделирование характеристик компрессора.	<p>FlowSimulation: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) А. А. Алямовский. . SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи: Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011 (3) И. А. Киселёв, С. Ю. Страхов. . Основы моделирования процессов теплообмена в среде Solidworks: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3, 4) П. С. Гончаров, И. А. Артамонов, Т. Ф. Халитов. . NX Advanced Simulation. Инженерный анализ: М.: ДМК Пресс, 2012 (2, 3, 4) В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Самара: Изд-во СамГТУ, 2010 (2, 3) Е. Ю. Верхотуркин, В. Н. Пащенко, В. Б. Пясецкий. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013 (2, 3)</p>	
Итого по разделу 3		21
Раздел 4. САМ программирование деталей ГТД для обработки на станках с ЧПУ.		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям: изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе.	<p>П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. . Программирование обработки в NX CAM: М.: ДМК Пресс, 2014 (2, 3, 4)</p>	14
Итого по разделу 4		14

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- индивидуальное практическое задание;
- 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.

Вопросы для текущего контроля

Перечень вопросов для текущего контроля располагается в УМК дисциплины:

Шкала оценивания:

- количество правильных ответов до 60 % - оценка «не зачтено»
- количество правильных ответов от 60 до 100 % - оценка «зачтено»

Индивидуальное практическое задание

Индивидуальные практические задания находятся в УМК дисциплины. Оформление и сдача индивидуального практического задания должна соответствовать установленным требованиям стандартов государственной системы стандартизации, с соответствующей степенью детализации и описания.

Защита индивидуального практического задания предусматривает краткий доклад студента и ответы на вопросы, связанные с порядком выполнения задания и темами учебной дисциплины, охваченными практическим заданием.

Если все требования к выполнению индивидуального практического задания, оформлению комплекта технологических документов и защите выполнены, то ставится оценка «сдано». Во всех других случаях ставится оценка «не сдано».

Основанием для оценки «не сдано» индивидуального практического задания к защите могут быть:

- неполное или неверное выполнение индивидуального задания;
- отсутствие предусмотренных заданием графических материалов или несоответствие их ГОСТ.

Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень вопросов к дифференцированному зачету располагается в УМК дисциплины.

Вопросы к дифференцированному зачету составляются на основе рабочей программы дисциплины и охватывают ее разделы и темы. Они должны целостно отражать объем проверяемых теоретических и практических знаний. Вопросы носят равноценный характер. Формулировки вопросов должны быть четкими, краткими, понятными, исключающими двойное толкование. Количество вопросов в перечне должно превышать количество вопросов, необходимых для составления зачетных листов. На основе разработанного и объявленного студентам перечня вопросов к дифференцированному зачету составляются опросные листы, содержание которых до студентов не доводится.

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.

На зачете студенту предоставляются три вопроса по всем разделам курса, время на подготовку ответов 45 минут.

Критерии и шкалы оценивания дифференцированного зачета:

1. Шкала оценивания: «зачтено-отлично».

Критерии оценивания: Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные

умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы

Уровень освоения компетенций: Высокий

2. Шкала оценивания: «зачтено-хорошо».

Критерии оценивания: Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы.

Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов

Уровень освоения компетенций: Повышенный

3. Шкала оценивания: «зачтено-удовлетворительно».

Критерии оценивания: Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические

вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения

навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала.

Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы

Уровень освоения компетенций: Пороговый

4. Шкала оценивания: «не зачтено».

Критерии оценивания: Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов

Уровень освоения компетенций: Компетенции не сформированы.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ПСК-2.2	ПСК-2.4	
4	7	Раздел 1. Нисходящее проектирование ГТД в CAD/CAM/CAE PDM приложениях.	16	10	10	6	15	20	Индивидуальное практическое задание, Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Технологии твердотельного трехмерного моделирования деталей ГТД, модели ГТД и их классификация.	26	10	10	16	30	25	Индивидуальное практическое задание, Вопросы для текущего контроля, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 3. Моделирование рабочего процесса в компрессоре, камере сгорания и турбине ГТД.	38	17	17	21	35	25	Индивидуальное практическое задание, Вопросы для текущего контроля, Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 4. САМ программирование деталей ГТД для обработки на станках с ЧПУ.	28	14	14	14	20	30	Индивидуальное практическое задание, Вопросы для текущего контроля, Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	51	51	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	51	57	100	100	