

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

"Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Козорез Д.А.
27 июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000177355)

Применение САД-систем в проектировании двигателей ЛА

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Квалификация выпускника	Бакалавр
Профиль подготовки	Технология производства авиационных ГТД
Форма обучения	очная (очно, очно-заочное, заочное)
Выпускающая кафедра	ТПАД
Обеспечивающая кафедра	ТПАД
Кафедра-разработчик рабочей программы	ТПАД

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час	Экзамен- нов, час.	Форма промежуточног о контроля
6	4	144	16	24	24	80	0	30
Итого	4	144	16	24	24	80	0	

Москва
2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Приложения к рабочей программе дисциплины

Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО (3++) по направлению 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

Авторы программы:

Бабин С.В.

Заведующий обеспечивающей кафедрой ТПАД

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой
ТПАД

Директор выпускающего филиала СТ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Применение САД-систем в проектировании двигателей ЛА является достижение следующих результатов освоения(РО):

N	Шифр	Результат обучения
1	З-1(ПКР-9.1)	Знать методы численного исследования конструкций авиационных двигателей, их узлов и элементов.
2	В-1(ПКР-9.1)	Владеть навыками численного моделирования конструкций авиационных и ракетных двигателей, силовых и энергетических установок
3	У-2(ПКР-9.2)	Уметь производить анализ конструкционной прочности узлов и деталей, возникающих в процессе работы авиационных двигателей
4	В-2(ПКР-9.2)	Владеть навыками расчёта и анализа конструкционной прочности и деформаций узлов и деталей авиационных двигателей
5	З-2(ПКР-10.2)	Знать методы выполнения численного и 3-D моделирования, расчёта и анализа конструкционной прочности
6	В-1(ДПК-1.1)	Владеть методами 3-D моделирование, численного расчета и анализа конструкционной прочности деталей авиационных двигателей
7	У-1(ДПК-1.1)	Уметь выполнять 3-D моделирование, численный расчет и анализ конструкционной прочности деталей авиационных двигателей
8	З-1(ДПК-1.1)	Знать основы 3-D моделирования, численного расчета и анализа конструкционной прочности деталей авиационных двигателей
9	З-1(ДПК-1.2)	Знать методы ассоциативного параметрического 3D моделирования
10	В-1(ДПК-1.2)	Владеть методами ассоциативного параметрического 3D моделирования
11	З-1(ДПК-7.2)	Знать принципы автоматизированного проектирования (САПР) технологические процессы как составную часть жизненного изделий ДЛА
12	У-1(ПКР-13.1)	Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ВРД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы
13	У-2(ПКР-13.2)	Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ГТД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы
14	В-2(ПКР-13.2)	Владеть методами и способами проектирования и конструирования деталей, узлов ГТД

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

N	Шифр	Компетенция
1	ДПК-1	Способность выполнять 3-D моделирования, численный расчёт и анализ конструкционной прочности и деталей авиационных двигателей
2	ДПК-7	Способность разрабатывать с использованием пакетов систем автоматизированного проектирования (САПР) технологические процессы как составную часть жизненного изделий ДЛА
3	ПКР-13	Способен участвовать в работах по проектированию и конструированию деталей, узлов ДЛА, разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, проектов при проектировании элементов ДЛА
4	ПКР-9	Способен выполнять численное моделирования, расчёт и анализ конструкционной прочности и деформаций узлов и деталей, возникающих в процессе работы авиационных двигателей
5	ПКР-10	Способен составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий с использованием современных компьютерных технологий
6	ДПК-10	Способность применять методы алгоритмизации и программирования для решения прикладных инженерных задач, анализа информации и моделирования

Индикаторы достижения компетенций, служащие для проверки сформированности части соответствующей компетенции:

N	Шифр	Индикатор компетенций
1	ДПК-1.1	Выполняет проектирование конструкций деталей и узлов ДЛА в идеологии вариативного конструкторско-технологического моделирования с использованием средств CAD/CAM/CAE
2	ДПК-1.2	Использует средства автоматизации современных CAD/CAM/CAE- систем для конструкторско-технологического проектирования
3	ДПК-7.2	Обладает знаниями принципов автоматизированного проектирования технологических процессов с использованием CAD\CAM\PDM систем
4	ПКР-10.2	Формулирует основные технические конструктивные показатели проектируемых изделий
5	ПКР-13.1	Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ВРД
6	ПКР-13.2	Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ГТД
7	ПКР-9.1	Подготовлен применять методики численного моделирования
8	ПКР-9.2	Производит расчёты и анализ конструкционной прочности и деформаций узлов и деталей авиационных двигателей

9	ПКР-10.2	Формулирует основные технические конструктивные показатели проектируемых изделий
10	ПКР-13.1	Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ВРД
11	ПКР-13.2	Демонстрирует знания методов и способов проектирования и конструирования деталей и узлов ГТД
12	ПКР-9.1	Подготовлен применять методики численного моделирования
13	ПКР-9.2	Производит расчёты и анализ конструкционной прочности и деформаций узлов и деталей авиационных двигателей

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Применение CAD-систем в проектировании двигателей ЛА является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

N	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
---	---------------------------	------------------------

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 4 зачетных(ые) едениц(ы), 144 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
Применение CAD систем в проектировании двигателей ЛА	Введение	2	0	0	1	3	144
	Структура процесса проектирования	2	2	0	2	6	
	Классификация и разновидности САПР	2	2	0	11	15	
	Виды обеспечения САПР ДЛА	2	2	4	6	14	
	Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование	2	2	0	5	9	
	Методы оптимизации конструкций ДЛА	2	2	0	3	7	
	Методы анализа конструкций	2	2	8	15	27	

	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	12	12	37	63	
Всего		16	24	24	80	144	144

3.1. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема лекции
1	1.1.Введение	2	Введение
2	1.2.Структура процесса проектирования	2	Структура процесса проектирования. Понятие о CALS технологиях.
3	1.3.Классификация и разновидности САПР	2	Классификация и разновидности САПР
4	1.4.Виды обеспечения САПР ДЛА	2	Виды обеспечения САПР ДЛА
5	1.5.Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование	2	Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование
6	1.6.Методы оптимизации конструкций ДЛА	2	Методы оптимизации конструкций
7	1.7.Методы анализа конструкций	2	Методы анализа элементов конструкций ДЛА
8	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах
Итого:		16	

3.2. Содержание лекций

1.1.1. Введение (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Общие положения. Объекты и аспекты автоматизированного проектирования двигателей летательных аппаратов. Назначение и цели автоматизированного проектирования. Эффективность действующих систем автоматизированного проектирования. Определение САПР

1.2.1. Структура процесса проектирования. Понятие о CALS технологиях. (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Структура процесса проектирования. Иерархическая структура проектных спецификаций и иерархические уровни проектирования. Этапы жизненного цикла изделий. Понятие о CALS технологиях.

1.3.1. Классификация и разновидности САПР (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Классификация и разновидности САПР. Классификация по ГОСТ. Классификация по применимости, по уровню автоматизации, по программным возможностям, по возможности расширения, по техническим характеристикам, по экономическим характеристикам и т.д.
Требования к САПР

1.4.1. Виды обеспечения САПР ДЛА (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Виды обеспечения САПР. Математическое обеспечение, программное обеспечение, информационное, лингвистическое, техническое обеспечение, методическое. Структура и требования к техническому обеспечению.

1.5.1. Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Этапы проектирования с использованием ЭВМ. Структурно-параметрическое алгоритмическое проектирование. Постановка задачи параметрического синтеза. Обобщенная схема структурно-параметрического синтеза. Постановка задачи структурного синтеза. Типовые процессы структурного синтеза в САПР ДЛА. Методы структурного синтеза.

1.6.1. Методы оптимизации конструкций (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Критерии оптимальности ДЛА
Обзор методов оптимального проектирования ДЛА. Классификация методов оптимизации. Регулярные методы оптимизации. Определения экстремума дифференцируемой функции. Симплекс метод. Прямые методы. Методы полного перебора, покоординатного спуска (Гауса-Зейделя). Метод градиента. Поиск максимума целевой функции методом дихотомии. Метод золотого сечения. Методы оптимизации полимодальных целевых функций.

1.7.1. Методы анализа элементов конструкций ДЛА (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Метод конечных элементов при проектировании элементов ДЛА. МКЭ в программах анализа механической прочности элементов ДЛА их и теплового анализа.

1.8.1. Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах (АЗ: 2, СРС: 1)

Тип лекции: Информационная лекция

Форма организации: Лекция

Описание: Проектирование элементов конструкции ДЛА с использованием пакета T-flex. Построение двухмерных моделей, элементы обогащения чертежа, построение трехмерных моделей, построение сборок. Автоматизированное построение сборочных чертежей.

3.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Наименование практического занятия
1	1.2.Структура процесса проектирования	2	Изучение CALS и опыта их применения на предприятиях
2	1.3.Классификация и разновидности САПР	2	Изучение возможностей различных САПР с использованием поиска в интернет
3	1.4.Виды обеспечения САПР ДЛА	2	Изучение средств обеспечения САПР
4	1.5.Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование	2	Структурно-параметрическое проектирование элементов конструкции ДЛА
5	1.6.Методы оптимизации конструкций ДЛА	2	Методы оптимизации конструкций ДЛА
6	1.7.Методы анализа конструкций	2	Методы анализа конструкций
7	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Автоматизированное построение графических двух мерных изображений в CAD системе T-flex 2D.
8	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	4	Автоматизированное построение графических параметрических двух мерных изображений в CAD системе T-flex 2D
9	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Автоматизированная сборка графических трех мерных элементов и узлов ДЛА в CAD системе T-flex 3D
10	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в CAD системе T-flex 3D.
11	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Автоматизированная подготовка спецификаций сборочных чертежей в CAD системе T-flex 3D.
Итого:		24	

3.4. Содержание практических занятий

- 1.2.1. Изучение CALS и опыта их при-менения на предприятиях (АЗ: 2, СРС: 1)**
Форма организации: Практическое занятие
Описание: Изучение CALS и опыта их при-менения на предприятиях
- 1.3.1. Изучение возможностей различ-ных САПР с использованием поиска в интернет (АЗ: 2, СРС: 1)**
Форма организации: Практическое занятие
- 1.4.1. Изучение средств обеспечения САПР (АЗ: 2, СРС: 1)**
Форма организации: Практическое занятие
Описание: Изучение технического состава САПР, программных пакетов, их интерфейсов.
- 1.5.1. Структурно-параметрическое проектирование элементов конструкции ДЛА (АЗ: 2, СРС: 2)**
Форма организации: Практическое занятие
Описание: Построение структурно-параметрических моделей в MathCad
- 1.6.1. Методы оптимизации конструкций ДЛА (АЗ: 2, СРС: 2)**
Форма организации: Практическое занятие
Описание: 1. Прочностные расчеты в T-flex анализ.
2. Тепловые расчеты в T-flex анализ.
- 1.7.1. Методы анализа конструкций (АЗ: 2, СРС: 2)**
Форма организации: Практическое занятие
Описание: Изучение применения МКЭ для прочностного анализа в среде T-flex Анализ
- 1.8.1. Автоматизированное построение графических двух мерных изображений в CAD системе T-flex 2D. (АЗ: 2, СРС: 4)**
Форма организации: Практическое занятие
- 1.8.2. Автоматизированное построение графических параметрических двух мерных изображений в CAD системе T-flex 2D (АЗ: 4, СРС: 2)**
Форма организации: Практическое занятие
- 1.8.4. Автоматизированная сборка графических трех мерных элементов и узлов ДЛА в CAD системе T-flex 3D (АЗ: 2, СРС: 2)**
Форма организации: Практическое занятие
- 1.8.5. Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в CAD системе T-flex 3D. (АЗ: 2, СРС: 2)**
Форма организации: Практическое занятие

1.8.6. Автоматизированная подготовка спецификаций сборочных чертежей в CAD системе T-flex 3D. (АЗ: 2, СРС: 2)

Форма организации: Практическое занятие

3.5. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории
1	1.4.Виды обеспечения САПР ДЛА	4	Создание параметрических элементов библиотеки	Автоматизированные системы проектирования
2	1.7.Методы анализа конструкций	4	Прочностной анализ конструкции в САЕ системе T-flex	Автоматизированные системы проектирования
3	1.7.Методы анализа конструкций	4	Расчет температурного состояния деталей двигателей летательных аппаратов	Автоматизированные системы проектирования
4	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	4	Автоматизированное построение параметрических графических трехмерных изображений в CAD системе T-flex 3D .	Автоматизированные системы проектирования
5	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	4	Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в CAD системе T-flex 3D с элементами обогащения чертежа	Автоматизированные системы проектирования
6	1.8.Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	4	Автоматизированная разработка сборочных чертежей в CAD системе T-flex 3D со спецификацией	Автоматизированные системы проектирования
Итого:		24		

3.6.Содержание лабораторных работ

1.4.1. Создание параметрических элементов библиотеки (АЗ: 4, СРС: 4)

Форма организации: Лабораторная работа

Описание: Разработка параметрических элементов прикладной библиотеки в системе T-flex

1.7.1. Прочностной анализ конструкции в САЕ системе T-flex (АЗ: 4, СРС: 2)

Форма организации: Лабораторная работа

Описание: Изучение метода конечных элементов применительно к прочностному анализу конструкций ДЛА на примере модуля анализа САЕ системы САПР T-flex

1.7.2. Расчет температурного состояния деталей двигателей летательных аппаратов (АЗ: 4, СРС: 2)

Форма организации: Лабораторная работа

Описание: Расчет температурного поля деталей двигателей летательных аппаратов на примере модуля анализа CAE системы САПР T-flex

1.8.1. Автоматизированное построение параметрических графических трех мерных изображений в САД системе T-flex 3D . (АЗ: 4, СРС: 4)

Форма организации: Лабораторная работа

1.8.1. Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в САД системе T-flex 3D с элементами обогащения чертежа (АЗ: 4, СРС: 4)

Форма организации: Лабораторная работа

Описание: Построение рабочего чертежа детали по трехмерной модели с необходимым количеством проекции и элементами обогащения чертежа в САПР T-flex

1.8.2. Автоматизированная разработка сбороч-ных чертежей в САД систе-ме T-flex 3D со спецификацией (АЗ: 4, СРС: 4)

Форма организации: Лабораторная работа

Описание: Разработка сборочного чертежа проекта с элементами обогащения чертежа. необходимыми сечениями. разрезами и проекциями.

3.7. Курсовые работы и проекты по дисциплине

3.8. Промежуточная аттестация

1. Зачет с оценкой (6 семестр)

Прикрепленные файлы: Зачет с оценкой (6 семестр).doc, Зачет с оценкой (6 семестр).pdf

**4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Учебная версия CAD/CAE/CAM/PLM система T-flex
2. Руководства пользователя CAD/CAE/CAM/PLM система T-flex 2D 3D
3. Видеоуроки по темам дисциплины
4. Комплекты заданий
1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

Вопросы для самостоятельной работы по темам:

№	Раздел дисциплины	Вопросы для самостоятельной работы
1	Классификация и раз-новидности САПР	Изучение технического состава САПР, программных пакетов, их интерфейсов.

2	Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование	Построение структурно-параметрических моделей в MathCad
3	Методы анализа конструкций	Прочностные расчеты в T-flex анализ
4	Методы анализа конструкций	Тепловые расчеты в T-flex анализ
5	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	Автоматизированное построение графических двух мерных изображений в CAD системе T-flex 2D
6	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	Автоматизированное построение параметрических графических двух мерных изображений в CAD системе T-flex 2D.
7	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	Автоматизированное построение графических трех мерных изображений в CAD системе T-flex 3D.
8	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	Автоматизированное построение параметрических графических трех мерных изображений в CAD системе T-flex 3D.
9	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	Автоматизированное построение графических трех мерных сборочных чертежей элементов и узлов ДЛА в CAD системе T-flex 3D
10	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в CAD системе T-flex 3D

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Описание показателей, критерии оценивания компетенций и описание шкал оценивания осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения студентов по дисциплине (Приказ №42 от 04.04.2014 «Об утверждении положения «Рейтинг по дисциплине»).

Для оценивания интегрированных и практико-ориентированных заданий обучающихся используются следующие критерии по 100-балльной шкале:

1. Формулирование представленной информации в виде проблемы;
2. Предложение способа решения проблемы;
3. Обоснование способа решения проблемы;
4. Демонстрация способа решения проблемы.

Оценивание осуществляется по следующей шкале:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 40	Критерий не сформирован
41-70	Критерий четко не выражен
71-100	Критерий выражен четко

Для оценивания ситуационных заданий используется следующая шкала:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 30	обучающийся не может сформулировать проблему, представленную в задании
31-50	обучающийся формулирует поставленную задачу, у него сформированы изолированные знания и умения, однако отсутствуют интегрированные понятия и навыки, в результате чего допущены ошибки в решении и задание не выполнено
51-80	задание выполнено, обучающийся применяет знания для решения поставленной проблемы, однако не сформированы компетенции, вследствие чего обучающийся испытывает затруднения в демонстрации способов решения задачи
81-100	задание выполнено как в теоретическом, так и в практическом плане, обучающийся легко демонстрирует свою компетентность по данному вопросу

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

- вопросы к промежуточной аттестации.

Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:

N	Шифр	Компетенция	Этапы формирования компетенции
1	ДПК-1	Способность выполнять 3-D моделирование, численный расчёт и анализ конструкционной прочности и деталей авиационных двигателей	Владеть методами 3-D моделирование, численного расчета и анализа конструкционной прочности деталей авиационных двигателей Уметь выполнять 3-D моделирование, численный расчет и анализ конструкционной прочности деталей авиационных двигателей Знать основы 3-D моделирования, численного расчета и анализа конструкционной прочности деталей авиационных двигателей Знать методы ассоциативного параметрического 3D моделирования Владеть методами ассоциативного параметрического 3D моделирования Семестр - 6
2	ДПК-7	Способность разрабатывать с использованием пакетов систем автоматизированного проектирования (САПР) технологические процессы как составную часть жизненного изделий ДЛА	Знать принципы автоматизированного проектирования (САПР) технологические процессы как составную часть жизненного изделий ДЛА Семестр - 6
3	ПКР-13	Способен участвовать в работах по проектированию и конструированию деталей, узлов ДЛА, разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, проектов при проектировании элементов ДЛА	Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ВРД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы Уметь разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию ГТД, оформлять законченные проектно-конструкторские работы Владеть методами и способами проектирования и конструирования деталей, узлов ГТД Семестр - 6

4	ПКР-9	Способен выполнять численное моделирования, расчёт и анализ конструкционной прочности и деформаций узлов и деталей, возникающих в процессе работы авиационных двигателей	Знать методы численного исследования конструкций авиационных двигателей, их узлов и элементов. Владеть навыками численного моделирования конструкций авиационных и ракетных двигателей, силовых и энергетических установок Уметь производить анализ конструкционной прочности узлов и деталей, возникающих в процессе работы авиационных двигателей Владеть навыками расчёта и анализа конструкционной прочности и деформаций узлов и деталей авиационных двигателей Семестр - 6
5	ПКР-10	Способен составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий с использованием современных компьютерных технологий	Знать методы выполнения численного и 3-D моделирования, расчёта и анализа конструкционной прочности Семестр - 6
6	ДПК-10	Способность применять методы алгоритмизации и программирования для решения прикладных инженерных задач, анализа информации и моделирования	Семестр - 6

Комплект типовых индивидуальных заданий

N	Раздел дисциплины	Объем, часов	Наименование типового задания
1	Классификация и раз-новидности САПР	7	Изучение возможностей САПР T-flex с использованием поиска в интернет
2	Классификация и раз-новидности САПР	2	Изучение технического состава САПР, программных пакетов, их интерфейсов.
3	Автоматизированное структурно-параметрическое проектирование	2	Построение структурно-параметрических моделей в MathCad
4	Методы анализа конструкций	4	Расчет прочностных характеристик деталей ДЛА МКЭ
5	Методы анализа конструкций	4	Расчет тепловых характеристик деталей ДЛА МКЭ
6	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Разработать 2D параметрическую модель чертежа детали
7	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Разработать 3D модель детали средствами

8	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	4	Автоматизированное построение графических трех мерных сборочных чертежей элементов и узлов ДЛА в CAD системе T-flex 3D
9	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в CAD системе T-flex 3D.
10	Автоматизированное проектирование элементов конструкции ДЛА в прикладных программах	2	Автоматизированная подготовка спецификаций сборочных чертежей в CAD системе T-flex 3D.
Итого:		31	

Содержание типовых заданий

1.3.1. Изучение возможностей САПР T-flex с использованием поиска в интернет (СРС: 7)

Тематика: Изучение возможностей различных САПР с использованием поиска в интернет

Тип: Реферат

Прикрепленные файлы:

Изучение возможностей САПР _интернет.pdf

1.3.2. Изучение технического состава САПР, программных пакетов, их интерфейсов. (СРС: 2)

Тематика:

Тип: Домашнее задание

Прикрепленные файлы:

Изучение САПР.docx, Изучение САПР.pdf

1.5.1. Построение структурно-параметрических моделей в MathCad (СРС: 2)

Тематика: Разработка структурно-параметрических моделей оптимизации деталей ДЛА по массе

Тип: Домашнее задание

1.7.1. Расчет прочностных характеристик деталей ДЛА МКЭ (СРС: 4)

Тематика: Расчет прочностных характеристик деталей ДЛА МКЭ средствами T-flex Экспресс анализ

Тип: Домашнее задание

1.7.2. Расчет тепловых характеристик деталей ДЛА МКЭ (СРС: 4)

Тематика: Расчет тепловых характеристик деталей ДЛА МКЭ средствами T-flex Экспресс анализ

Тип: Домашнее задание

- 1.8.1. Разработать 2D параметрическую модель чертежа детали (СРС: 2)**
Тематика: Построение 2D параметрической модели средствами T-flex CAD 2D/
Тип: Домашнее задание
- 1.8.2. Разработать 3D модель детали средствами (СРС: 2)**
Тематика: Разработать 3D модель детали средствами T-flex 3D
Тип: Домашнее задание
- 1.8.3. Автоматизированное построение графических трехмерных сборочных чертежей элементов и узлов ДЛА в САД системе T-flex 3D (СРС: 4)**
Тематика:
Тип: Домашнее задание
- 1.8.4. Построение рабочих чертежей детали по трехмерной модели в САД системе T-flex 3D. (СРС: 2)**
Тематика:
Тип: Домашнее задание
- 1.8.5. Автоматизированная подготовка спецификаций сборочных чертежей в САД системе T-flex 3D. (СРС: 2)**
Тематика:
Тип: Домашнее задание

Вопросы к промежуточной аттестации

"Применение САД-систем в проектировании двигателей ЛА"

1. Зачет с оценкой (6 семестр)

Прикрепленные файлы: Зачет с оценкой (6 семестр).doc, Зачет с оценкой (6 семестр).pdf

6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Основная литература:

- "T-flex трехмерное моделирование" АО Топсистема - трехмерное моделирование -2006. Руководство пользователя. Электронный вариант.

Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИППИ: учеб пособие для студ. высш. учеб. заведений / [А.Н Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров]. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 304 с.

Кондаков А.И. САПР технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Кондаков. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с.

Литература из электронного каталога:

- Голубев Ю.В., Жаров А.В., и др., Яманин А.И. Компьютерно-информационные технологии в двигателестроении Учеб.пособие для вузов по напр.140500 "Энергомашиностроение"и спец.140501"Двигатели внутреннего сгорания". Машиностроение, 2005. - 479 с.

б) Дополнительная литература:

- Основы автоматизированного проектирования двигателей летательных аппаратов ред. Д.В.Хронин, М.: Машиностроение, 1984г., - 184 с.
- И.П.Норенков Основы автоматизированного проектирования, М.: изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002г. – 336 с.
- Некрасов Е.Н. , Компьютерные технологии в машиностроении, Одесса, Наука и техника, 2005г.,- 164 с.
- С.И Пестрецов CALS технологии в машиностроении: Основы работы в CAD/CAE системах. Тамбов Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 104 с.
- В.Г.Елисеев и др. Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex. М., НИЯУ МИФИ, 2010 г. – 148 с.
- Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и авто-матизированные системы в машиностроении. Волгоград. Инфолио, 2009 г. – 640с
- Корячко В.П. и др. Теоретические основы САПР: Учебник для вузов В.П.Корячко, В.М.Курейчик, И.П.Норенков.-М.: Энергоатомиздат, 1987.- 400 с.
- Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
- Набор презентаций форум «CALS технологии в авиационной промышленности» МАТИ, 2010 г.
- С.В.Протасов, С.В. Максимов T-flex CAD Начальный курс. Северодвинск , 2011 г – 215 с.
- Яманин А.И., Голубев Ю.В., Жаров А.В., Шилов С.М., Павлов А.А. Компьютерно-информационные технологии в двигателестроении: Учебное пособие. - М.: Ма-шиностроение, 2005. 480с., ил.

**7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
«ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ
ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
"ZNANIUM.COM"	
Договор № 4855 эбс/027-1-3200-20 от 08.12.2020 с ООО "ЗНАНИУМ" С «18»12.2020 г. по «17»12.2021 г	http://znanium.com
Договор № эбс/027-1-3026-21 от 22.12.2021 с ООО "ЗНАНИУМ" С «15»12.2021 г. по «31»12.2022 г	https://znanium.com/
Договор № эбс/027-1-2586-22 от 07.12.2022 с ООО "ЗНАНИУМ" С «20»12.2022 г. по «31»12.2023 г	

ООО "Издательство Лань"	
Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "Издательство Лань" С «22»_02. 2021г. по « 21» 02.2022 г	e.lanbook.com
Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «22»_02. 2021г. по « 21» 02.2022	
Договор № СЭБ 027-0-0400-21 от 15.09.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «15»_09. 2021г. по « 14» 09.2024	
Договор № 027-1-0169-22 от 07.02.2022 года с ООО "Издательство Лань" С «22»_02. 2022г. по « 21» 02.2023 г	
Договор № 027-1-0168-22 от 07.02.2022 года с ООО "ЭБС Лань" С «22»_02. 2022г. по « 21» 02.2023	
ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ"	
Электронная библиотечная система ЮРАЙТ. ЭБС "Легендарные книги"	http://biblio-online.ru , https://biblio-online.ru/catalog/legendary
Договор № 027-1-3191-20 от 04.12.2020г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО С «04»12.2020 г. по «03»12.2021	https://urait.ru/
Договор № 027-1-3194-20 от 04.12.2020г. с ООО "Электронное издательства ЮРАЙТ" С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 г	https://urait.ru/
Договор № 027-1-3034-21 от 03.12.2021г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2021 г. по «03»12.2022 г	https://urait.ru/
Договор № 150-1-3269-21 от 10.12.21 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО	https://urait.ru/
Договор № 027-1-2554-22 от 01.12.2022г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2022 г. по «03»12.2023 г	
Договор № 5537 от 25.11.2022 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО	
Электронная библиотека МАИ	
Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ). Лицензионный договор № 0267-НИЧ-13 от 11.12.2013 г. с ООО "Дата Экспресс "на право использования программы для ЭВМ Автоматизированная интегрированная библиотечная система (АИБС) «МегаПро» (для размещения Электронной библиотеки МАИ)	https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web
Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России	
Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России. Соглашение о создании Консорциума вузов России "Национальный объединенный аэрокосмический университет" от 03.09.2012 г. Договор о сетевом взаимодействии от 15.12.2014 г. Соглашение от «03»09.2012 г. бессрочно	

Библиотека РФФИ	
Библиотека РФФИ	http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/
Polpred.com	
Polpred.com. Обзор СМИ	http://polpred.com
ООО "РУНЭБ"	
Договор № 027-1-3051-20 от 07.12.2020 с ООО "РУНЭБ" С «07»12.2020 г. по «06»12.2028	http://elibrary.ru
Договор № 027-1-2895-21 от 03.12.2021 с ООО "РУНЭБ" С «03»12.2021 г. по «02»12.2039	
Договор № 027-133215-22 от 20.12.2022 с ООО "НЭБ" С «20»12.2022 г. по «19»12.2030	
ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт"	
Договор № РКТ-054/20/027-1-1129-20 от 30.05.2020 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2020 г. по «31»05.2021 г	http://text.rucont.ru/
Договор № 027-1-1235-21 от 01.06.2021 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2021 г. по «31»05.2022 г	https://text.rucont.ru/
Договор № 027-1-1467-22 от 09.06.2022 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2022 г. по «31»05.2023 г	https://text.rucont.ru/
ФГБУ "РГБ"	
Договор о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке (НЭБ) №101/НЭБ/2139 от 13.11.2018г. с ФГБУ" РГБ" С «13»11. 2018 г. по «12» 11. 2023	http://нэб.рф

НП НЭИКОН	
Соглашение № 715 ДС-2011 от 16.05.2011 о сотрудничестве в Консорциуме НЭИКОН С «16» 05.2011 г с автоматическим продлением	http://archive.neicon.ru
Национальная подписка на-2021 г с РФФИ Государственного задания № 075-00011-20-00 Web Of Science- https://apps.webofknowledge.com Scopus- http://scopus.com Elsevier- http://www.sciencedirect.com , http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct , https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections , https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections Springer Nature- http://rd.springer.com , http://www.springerprotocols.com Математическая база данных zbMATH: http://zbMATH.org American Chemical Society (ACS)- https://www.acs.org/content/acs/en.html American Institute of Physics (AIP)- https://www.scitation.org/ American Physical Society- https://journals.aps.org/about EBSCO Publishing (База CASC)- http://search.ebscohost.com Cambridge University Press (CUP)- https://www.cambridge.org/core IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers , Inc.)- https://ieeexplore.ieee.org INSPEC компании EBSCO- INSPEC Institute of Physics (IOP) издательства IOP Publishing- https://iopscience.iop.org/ MathSciNet American Mathematical Society- https://www.ams.org/home/page Optical Society of America (OSA)- https://www.osapublishing.org/about.cfm Oxford University Press- https://academic.oup.com/journals/ ProQuest Dissertations & Theses Global- https://search.proquest.com/index ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL- https://www.orbit.com/ SAGE Publication- https://journals.sagepub.com/ Annual Reviews Science Collection (AR)- https://www.annualreviews.org JSTOR- www.jstor.org Wiley. John Wiley & Sons.- https://onlinelibrary.wiley.com/	https://apps.webofknowledge.com http://scopus.com http://www.sciencedirect.com , http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct , https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections , https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections http://rd.springer.com , http://www.springerprotocols.com http://zbMATH.org https://www.acs.org/content/acs/en.html https://www.scitation.org/ https://journals.aps.org/about http://search.ebscohost.com https://www.cambridge.org/core https://ieeexplore.ieee.org https://iopscience.iop.org/ https://www.ams.org/home/page https://www.osapublishing.org/about.cfm https://academic.oup.com/journals/ https://search.proquest.com/index https://www.orbit.com/ https://journals.sagepub.com/ https://www.annualreviews.org www.jstor.org https://onlinelibrary.wiley.com

<p>Национальная подписка на 2022 г с РФФИ Государственного задания</p> <p>Springer Nature: 1. eBook Collection: журналы, книги - https://link.springer.com 2. Коллекция журналов и базы данных Springer Nature: https://link.springer.com</p> <p>Begell House Inc. https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html</p> <p>China Academic Journals (CD Edition) Electronic Publishing House Co., Ltd: https://ar.cnki.net/ACADREF</p> <p>Institute of Electrical and Electronics Engineers: https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp; https://ieeexplore.ieee.org</p> <p>EBSCO. https://www.search.ebscohost.com/ INSPEC: 1. База данных Academic Search Premier 2. База данных eBook Academic Collection 3. eBook EngineeringCore Collection</p> <p>ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL: https://www.orbit.com/</p> <p>SAGE https://journals.sagepub.com/</p> <p>Publication:</p> <p>Wiley: https://onlinelibrary.wiley.com/</p>	<p>https://link.springer.com</p> <p>https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html</p> <p>https://ar.cnki.net/ACADREF</p> <p>https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp; https://ieeexplore.ieee.org</p> <p>https://www.search.ebscohost.com/</p> <p>https://www.orbit.com/</p> <p>https://journals.sagepub.com/</p> <p>https://onlinelibrary.wiley.com/</p>
---	--

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективным способом развития творческих способностей студентов при изучении дисциплины является самостоятельная работа, которая нацелена на проработку студентами материала прошедших контактных занятий и подготовку к предстоящим занятиям.

Самостоятельная работа студентов проводится ими в соответствии с собственными возможностями. Можно, однако, рекомендовать групповое изучение материалов, обеспечивающее совместную работу нескольких студентов, что положительно влияет на качество проработки программы курса.

В то же время высокая степень усвоения изучаемой дисциплины достигается при постоянной работе студентов над текущим материалом. В этой связи желательна проработка лекционного материала в день его прочтения, что позволяет, во-первых, оперативно (на следующей лекции) снимать возникающие вопросы и, во-вторых, создавать багаж знаний по дисциплине задолго до промежуточной аттестации.

При подготовке к практическим занятиям также необходима проработка лекционного материала. Это позволит осознанно работать с предлагаемым материалом преподавателем на практическом занятии, а, следовательно, закладывать базу методик и приемов при решении практических задач.

При изучении материала необходимо делать акцент не на зазубривании материала, а на понимании его физической сути, что развивает мышление и позволяет понять методологию изучаемой дисциплины.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации.

Программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

1. CAD/CAE/CAM/PLM система T-flex CAD 2D
2. CAD/CAE/CAM/PLM система T-flex CAD 3D
3. CAD/CAE/CAM/PLM система T-flex CAD Анализ
4. САПР математических расчетов MathCad 14
5. CAD/CAE/CAM/PLM система Siemens PLM NX 7.5

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Аудитория для чтения лекций, оборудованная компьютером, видеопроектором и экраном.
2. Компьютерный класс на 14 рабочих мест, объединенный сетью и имеющий выход в интернет.

Приложение 1

к рабочей программе дисциплины
«Применение САД-систем в проектировании двигателей ЛА»

Аннотация рабочей программы

Дисциплина "Применение САД-систем в проектировании двигателей ЛА" является частью "Блока 1 Дисциплины" дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 24.03.05 "Двигатели летательных аппаратов". Дисциплина реализуется на Ступино институте "Московский авиационного института (национального исследовательского университета)" кафедрой (кафедрами) ТПАД.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ДПК-1, ДПК-7, ПКР-13, ПКР-9, ПКР-10, ДПК-10.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: автоматизированным проектированием деталей и узлов двигателей летательных аппаратов, а также автоматизацией расчетов элементов ДЛА и их оптимизацией. Данная дисциплина формирует будущую производственно-конструкторскую деятельность инженера в области совершенствования и оптимизации современных конструкций ДЛА, узлов авиационных двигателей и агрегатов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, Практическое занятие, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: рубежный контроль в форме и промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (16 часов), практические (24 часов), лабораторные (24 часов) занятия и (80 часов) самостоятельной работы студента.

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины
«Применение CAD-систем в проектировании двигателей ЛА»

Прикрепленные файлы

Изучение САПР.pdf

Изучение возможностей САПР _интернет.pdf

Зачет с оценкой (6 семестр).pdf

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ и НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
**"МАТИ - РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.Э. Циолковского"**

Кафедра "Технология производства авиационных двигателей"

**Изучение технического состава САПР, программных пакетов, их
интерфейсов**

Методические указания к выполнению
практического занятия по курсу

«Системы автоматизированного проектирования ДЛА»

Составители: Бабин С.В.

Ступино 2014

Оглавление

Введение.....	3
Состав и структура САПР	5
Существующие системы.....	13
КОМПАС	14
SolidWorks	17
T-FLEX CAD.....	23
Список литературы	27

Введение

Прогресс науки и техники, потребности в новых промышленных изделиях обуславливают необходимость выполнения проектных работ большого объема.

Проектирование машин и систем машин является многоэтапным динамическим процессом. Это процесс творческий, многоплановый и достаточно трудоемкий. Как правило, проектирование машин, в том числе подъемно - транспортных, строительных и дорожных машин и оборудования, осуществляется большим коллективом различных специалистов с использованием многочисленных расчетных, экспериментальных, эвристических методов и приемов.

Требования, предъявляемые к качеству проектов, срокам их выполнения, оказываются все более жесткими по мере увеличения сложности проектируемых объектов и повышения важности выполняемых ими функций. Удовлетворить эти требования с помощью простого возрастания численности проектировщиков нельзя, так как возможность параллельного проведения проектных работ ограничена и численность инженерно-технических работников в проектных организациях страны не может быть заметно увеличена. Решить проблему можно на основе автоматизации проектирования - широкого применения вычислительной техники.

Цель автоматизации проектирования - повышение качества, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования и ликвидация тенденции к росту числа инженерно-технических работников, занятых проектированием, повышение производительности их труда. [1]

САПР представляет собой организационно-техническую систему, состоящую из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации и выполняющую автоматизированное проектирование.

САПР содержит семь видов обеспечения (ГОСТ 23501.0-79): математическое (МО), лингвистическое (ЛО), информационное (ИО), программное (ПО), техническое (ТО), методическое (МеО), организационное

(ОО). Из всех видов обеспечений ПО занимает особое место, так как основная доля затрат при разработке САПР приходится именно на ПО.

Состав и структура САПР

Как законченное изделие САПР является совокупностью следующих компонентов:

- технических средств, обеспечивающих автоматизированное получение проектных решений;
- программ, управляющих работой технических средств и выполняющих проектные процедуры;
- данных, необходимых для выполнения программ;
- документации, содержащей все необходимые сведения для выполнения автоматизированного проектирования с помощью данной САПР.

Для реализации задач пользователей необходим программный инструментарий - точные и подробные инструкции, содержащие последовательность действий по обработке информации. Сам по себе компьютер не обладает знаниями ни в одной области своего применения, все эти знания сосредоточены в выполняемых на компьютере программах. Программное обеспечение САПР включает комплекс программ различного назначения, обеспечивающих функционирование компьютерной системы и решение задач автоматизированного проектирования.

При структурировании ПО используют понятия ППП, программных систем, комплексов и компонентов. Пакет прикладных программ-совокупность программ, объединенных общностью применения, т.е. возможностью совместного исполнения или ориентацией на определенный класс задач. Комплекс по определению в Единой системе программной документации (ЕСПД) – сложная программа, которую можно разделить на составные части. Компоненты – составные части программ, имеющие свое функциональное назначение. Понятие «комплекс – компонент» аналогичны понятиям «система – элемент» в блочно-иерархическом проектировании сложных систем, следовательно, на каждом иерархическом уровне проектирования ПО эти понятия наполняются своим конкретным содержанием. Так, операционная

система ОС ЕС – комплекс, а компилятор с ФОРТРАНА – его компонент. На уровне проектирования компилятора он рассматривается как комплекс, а синтаксический анализатор и генератор кода – его компоненты. [2]

Составными структурными частями САПР, жестко связанными с организационной структурой проектной организации, являются подсистемы, в которых при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР.

По назначению подсистемы разделяют на проектирующие и обслуживающие.

Проектирующие подсистемы. Они имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач.

Примеры проектирующих подсистем: эскизное проектирование изделий, проектирование корпусных деталей, проектирование технологических процессов механической обработки.

Обслуживающие подсистемы. Такие подсистемы имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и вывод полученных в них результатов.

Примеры обслуживающих подсистем: автоматизированный банк данных, подсистемы документирования, подсистема графического ввода-вывода.

Формирование и использование моделей объекта проектирования в прикладных задачах осуществляется комплексом средств автоматизированного проектирования (КСАП) системы (или подсистемы).

Структурными частями КСАП системы являются различные комплексы средств, а также компоненты организационного обеспечения.

Комплексы средств относят к промышленным изделиям, подлежащим изготовлению, тиражированию и применению в составе САПР, и документируют как специфицируемые изделия.

Виды комплексов средств и компонентов САПР представлены на рис. 1.

Комплексы средств подразделяют на комплексы средств одного вида обеспечения (технического, программного, информационного) и комбинированные.

Комплексы средств одного вида обеспечения содержат компоненты одного вида обеспечения; комплексы средств комбинированные — совокупность компонентов разных видов обеспечения.

Комбинированные КСАП, относящиеся к продукции производственно-технического назначения, подразделяются на:

- программно-методические (ПМК);
- программно технические (ПТК).

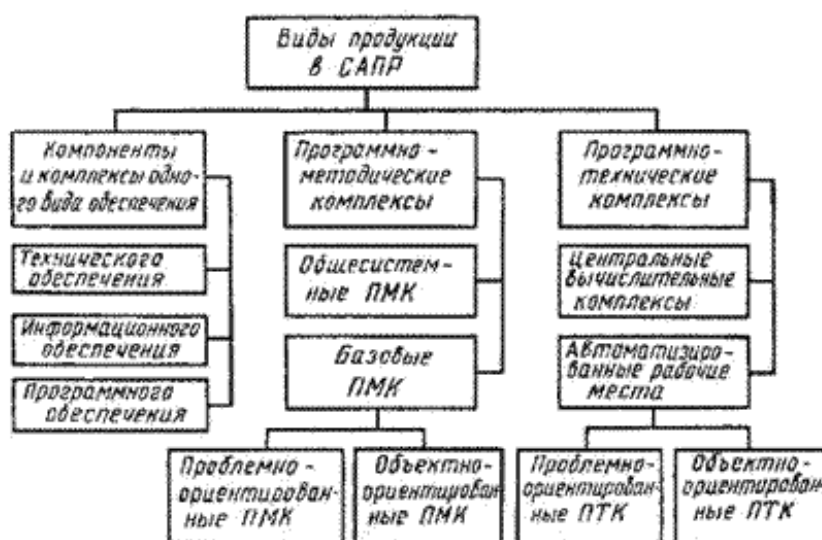


Рис. 1. Виды комплексов и компонентов САПР.

Программно-методический комплекс представляет собой взаимосвязанную совокупность компонентов программного, информационного и методического обеспечения (включая компоненты математического и лингвистического обеспечения), необходимую для получения законченного проектного решения по объекту проектирования (одной или несколькими его частям или объекту в целом) или выполнения унифицированных процедур.

В зависимости от назначения ПМК подразделяют на общесистемные и базовые.

Общесистемные ПМК направлены на объекты проектирования и вместе с операционными системами ЭВМ являются операционной средой, в которой функционируют базовые комплексы.

Базовые ПМК могут быть проблемно-ориентированными и объектно-ориентированными, в зависимости от того, реализуют ли они проектные процедуры унифицированные или специфические для определенного класса объектов.

Проблемно-ориентированные ПМК могут включать программные средства, предназначенные для автоматизированного упорядочения исходных данных, требований и ограничений к объекту проектирования в целом или к сборочным единицам; выбор физического принципа действия объекта проектирования; выбор технических решений и структуры объекта проектирования; оценку показателей качества (технологичности) конструкций, проектирование маршрута обработки деталей.

Объектно-ориентированные ПМК отражают особенности объектов проектирования как совокупной предметной области. К таким ПМК, например, относят ПМК, поддерживающие автоматизированное проектирование сборочных единиц; проектирование деталей на основе стандартных или заимствованных решений; деталей на основе синтеза их из элементов формы; технологических процессов по видам обработки деталей и т. п.

Программно-технический комплекс представляет собой взаимосвязанную совокупность компонентов технического обеспечения.

В зависимости от назначения ПТК различают: автоматизированные рабочие места (АРМ); центральные вычислительные комплексы (ЦВК).

Комплексы средств могут объединять свои вычислительные и информационные ресурсы, образуя локальные вычислительные сети подсистем или систем в целом.

Структурными частями комплексов средств являются компоненты следующих видов обеспечения: программного, информационного, методического, математического, лингвистического и технического.

Компоненты видов обеспечения выполняют заданную функцию и представляют наименьший (неделимый) самостоятельно разрабатываемый (или покупной) элемент САПР (например, программа, инструкция, дисплей и т. п.). Эффективное функционирование КСАП и взаимодействие структурных частей САПР всех уровней должно достигаться за счет ориентации на стандартные интерфейсы и протоколы связи, обеспечивающие взаимодействие комплексов средств.

Эффективное функционирование КСАП должно достигаться за счет взаимосогласованной разработки (согласование с покупными) компонентов, входящих в состав комплексов средств.

КСАП обслуживающих подсистем, а также отдельные ПТК этих подсистем могут использоваться при функционировании всех подсистем.

Общесистемные ПМК включают в себя программное, информационное, методическое и другие виды обеспечения. Они предназначены для выполнения унифицированных процедур по управлению, контролю, планированию вычислительного процесса, распределению ресурсов САПР и реализации других функций, являющихся общими для подсистем или САПР в целом.

Примеры общесистемных ПМК: мониторные системы, системы управления БД, информационно-поисковые системы, средства машинной графики, подсистема обеспечения диалогового режима и др.

Мониторные системы управления функционированием технических средств в САПР. (Монитор – управляющая программа).

Основными функциями мониторных систем являются: формирование заданий с контролем пакета задач, требуемых и наличных ресурсов, права доступа к базе данных с установлением приоритета и номера очереди; обработка директив языков управления заданиями и задачами, а также реакция на прерывания с перехватом управления, анализом причин и их интерпретацией в терминах, понятных проектировщику; обслуживание потоков задач с организацией диалогового и интерактивно-графического сопровождения в условиях параллельной работы подсистем; управление проектированием в

автоматических режимах с анализом качества исполнения проектных операций, проверкой критериев повторения этапа или продолжения маршрута, выбором альтернативных вариантов маршрута; ведение и оптимизация статистики эксплуатации системы; распределение ресурсов САПР с учетом приоритетов заданий, задач и подсистем, плановых заданий и текущих указаний и запросов; защита ресурсов и данных от несанкционированного доступа и непредусмотренных воздействий.

Информационно-поисковые системы (ИПС) в САПР выполняют такие функции, как заполнение информационного фонда (инфотеки) сведениями; арифметическую обработку цифровых данных и лексическую обработку текстов; обработку информационных запросов с целью поиска требуемых сведений; обработку выходных данных и формирование выходных документов. Особенности ИПС заключаются в том, что запросы к ним формируются не программным путем, а непосредственно пользователями, и не на формальном языке, понятном монитору, а на естественном языке в виде последовательности ключевых слов — дескрипторов. Перечень дескрипторов, содержащихся во всех принятых на хранение описаниях, составляет словарь дескрипторов, или тезаурус, и предназначен для формирования поисковых предписаний.

Существуют и более сложные ИПС по сравнению с дескрипторными. Важную роль в них играет информационно-поисковый язык, в котором учитываются семантические взаимоотношения между информационными объектами. Это позволяет уменьшить число неправильно распознаваемых языковых конструкций, а обработку запросов производить на основе различных критериев смыслового соответствия.

Система управления базами данных (СУБД) — программно-методический комплекс для обеспечения работы с информационной базой, организованной в виде структуры данных.

Банки данных являются наиболее высокой формой организации информации в больших САПР. Они представляют собой проблемно-ориентированные информационно-справочные системы, обеспечивающие ввод

необходимой информации, не зависящие от конкретных задач ведения и сохранения информационных массивов и выдачи необходимой информации по запросам пользователей или программ. В банках данных используется информация фактографического вида.

СУБД выполняет следующие основные функции: определение баз данных, т. е. описание концептуального, внешнего и внутреннего уровней схем; запись данных в базу; организацию хранения, выполняя изменение, дополнение, реорганизацию данных; предоставление доступа к данным (поиск и их выдача).

Для определения данных и доступа к ним в СУБД имеются языковые средства. Так, определение данных, состоящее в описании их структур, обеспечивается с помощью языка определения данных. Функции доступа к данным реализуются с помощью языка манипулирования данными и языка запросов. По типу поддерживаемых структур различают следующие виды СУБД:

- иерархический
- сетевой
- реляционный

Программно-методические комплексы машинной графики обеспечивают взаимодействие пользователя с компьютером при обмене графической информацией, решение геометрических задач, формирование изображений и автоматическое изготовление графической информации. Графическое взаимодействие пользователя с компьютером (так называемый графический метод доступа) базируется на подпрограммах ввода-вывода, которые обеспечивают прием и обработку команд от устройства ввода-вывода и выдачу управляющих воздействий на эти устройства. Решение геометрических задач (геометрическое моделирование) сводится к преобразованию графической информации, которое представляет собой выполнение в той или иной последовательности элементарных графических операций типа сдвиг, поворот, масштабирование и т. п. Для геометрического моделирования используется ПМК, в котором кроме отдельных элементарных графических операций могут

быть реализованы графические преобразования трехмерных изображений, процедуры построения проекций, сечений и т. п. В ПМК графических преобразований обычно предусматриваются средства для формирования некоторых часто используемых изображений, управления графической базой данных, отладки графических подпрограмм.

Диалоговый режим обеспечивается программно-методическими комплексами, осуществляющими ввод, контроль, редактирование, преобразование и вывод графической и/или символьной информации. Диалоговый удаленный ввод заданий обеспечивает ввод и редактирование заданий через каналы связи, выполнение заданий в пакетном режиме и вывод результатов через линии связи на удаленные терминалы. В САПР могут использоваться как диалоговые ПМК общего назначения, так и специализированные. ПМК общего назначения целесообразно применять на начальных стадиях создания и эксплуатации САПР для отработки и проверки методологии проектирования, технологии обработки данных и прикладных программ. В дальнейшем возможна модификация ПМК с учетом специфических требований по организации диалога в САПР. При этом необходимо учитывать наличие диалогового или пакетного режима обработки запросов; ориентацию системы на пользователя непрограммиста; возможность расширения системы путем включения диалоговых прикладных программ на языках высокого уровня; возможность управления диалогом с помощью «меню» и директив, желательность общения на родном языке и т. п.

Примеры ПМК обеспечения диалоговых режимов: система диалогового управления вводом заданий, система режима разделения времени и др.

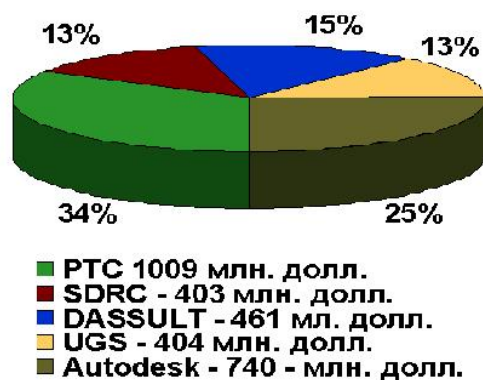
Существующие системы

В российском производстве в понятие системы автоматизированного проектирования (САПР) принято включать CAD, CAE и CAM, хотя зарубежные проектировщики ассоциируют САПР только с CAD.

Тут стоит пояснить виды существующих систем:

- CAD - компьютерная помощь в дизайне, проще говоря, программа черчения
- CAM - компьютерная помощь в производстве.
- CAE - компьютерная помощь в инженерных расчетах.
- GIS - географическая информационная система

Непосредственно в машиностроении применяются специализированные пакеты и различные надстройки более общих и распространенных систем проектирования, таких как Autodesk AutoCAD, ZWCAD, BricsCAD, Космос, SolidWorks и другие. Рассмотрим подробнее некоторые из систем.



Распределение влияния компаний-разработчиков на рынок САПР

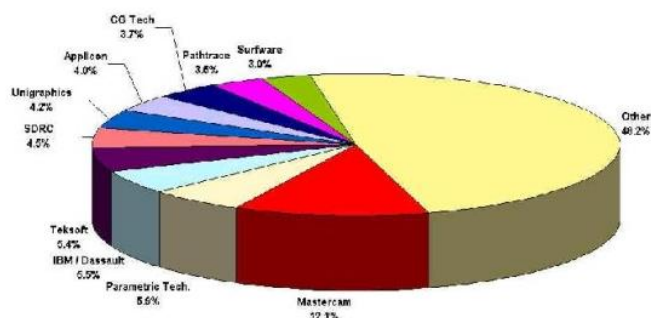


Рис. 2. Распределение влияния участников рынка систем автоматизированной подготовки производства.

КОМПАС

Краткая информация:

Компас - один из лидирующих российских продуктов. Является CAD-системой, предназначена для широкого спектра проектно-конструкторских работ, лёгка в освоении, удобна в работе и при этом имеет стоимость, приемлемую для комплексного оснащения российских предприятий, в том числе средних и малых. Позволяет осуществлять двумерное проектирование и конструирование, быструю подготовку и выпуск разнообразной чертёжно-конструкторской документации, создание технических текстово-графических документов.

Разработчик продукта - Аскон, Россия.

КОМПАС существует в нескольких версиях:

- КОМПАС-График
- КОМПАС-СПДС
- КОМПАС-3D
- КОМПАС-3D LT

КОМПАС-График может использоваться как полностью интегрированный в КОМПАС-3D модуль работы с чертежами и эскизами, так и в качестве самостоятельного продукта, полностью закрывающего задачи 2D-проектирования и выпуска документации. А КОМПАС-3D LT является облегченной некоммерческой версией КОМПАС-3D.

В следующей таблице представлено сравнение продуктов семейства «Компас».

Функция	КОМПАС-График	КОМПАС-СПДС	КОМПАС-3D	КОМПАС-3D LT
Возможность коммерческого использования	Да	Да	Да	Нет
Создание чертежей любой сложности	Да	Да	Да	Да
Трёхмерное моделирование деталей	Нет	Нет	Да	Да
Трёхмерное моделирование сборок	Нет	Нет	Да	Нет
Поверхностное моделирование	Нет	Нет	Да	Да
Создание текстовых документов	Да	Да	Да	Нет
Создание спецификаций	Да	Нет	Да	Нет
Импорт DXF и DWG	Да	Да	Да	Да
Импорт 3D-форматов	Нет	Нет	Да	Ограниченные возможности
Экспорт документов в другие системы	Да	Да	Да	Нет

КОМПАС-3D — система трехмерного моделирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря удачному сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования, которые решают все основные задачи пользователей.

Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

Основные компоненты КОМПАС-3D — собственно система трехмерного твердотельного моделирования, универсальная система автоматизированного проектирования КОМПАС-График и модуль проектирования спецификаций. Все они легки в освоении, имеют русскоязычные интерфейс и справочную систему.

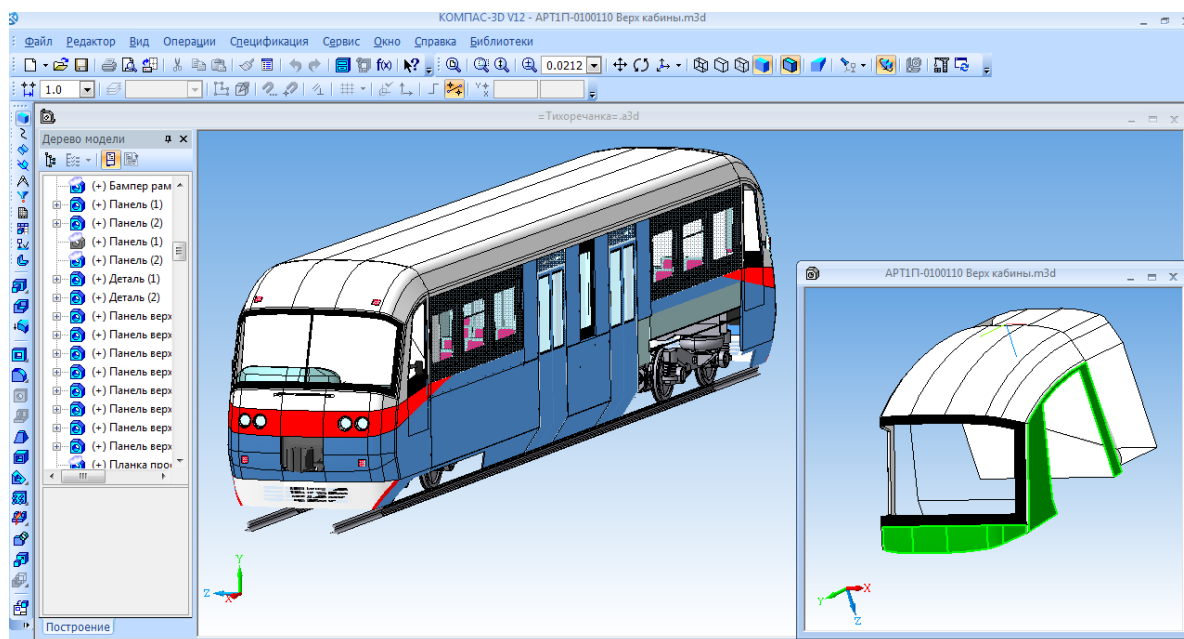


Рис. 3. Интерфейс программы.

Базовый функционал системы включает в себя [6]:

- развитый инструментарий трехмерного моделирования, в том числе возможности построения различных типов поверхностей;
- механизм частичной загрузки компонентов и специальные методы оптимизации, позволяющие обеспечить работу со сложными

проектами, включающими десятки тысяч подборок, деталей и стандартных изделий;

- функционал моделирования деталей из листового материала — команды создания листового тела, сгибов, отверстий, жалюзи, буртиков, штамповок и вырезов в листовом теле, замыкания углов и т.д., а также выполнения развертки полученного листового тела (в том числе формирования ассоциативного чертежа развертки);
- специальные возможности, облегчающие построение литейных форм — литейные уклоны, линии разъема, полости по форме детали (в том числе с заданием усадки);
- инструменты создания пользовательских параметрических библиотек типовых элементов;
- возможность получения конструкторской и технологической документации: встроенная система КОМПАС-График позволяет выпускать чертежи, спецификации, схемы, таблицы, текстовые документы;
- встроенные отчеты по составу изделия, в том числе по пользовательским атрибутам;
- возможность простановки размеров и обозначений в трехмерных моделях (поддержка стандарта ГОСТ 2.052–2006 «ЕСКД. Электронная модель изделия»);
- поддержку стандарта Unicode;
- средства интеграции с различными CAD/CAM/CAE системами;
- средства защиты пользовательских данных, интеллектуальной собственности и сведений, составляющих коммерческую и государственную тайну (реализовано отдельным программным модулем КОМПАС-Защита).

SolidWorks

Краткая информация:

Мощный машиностроительный CAD пакет для твёрдотельного параметрического моделирования сложных деталей и сборок. Система конструирования среднего класса, базирующаяся на параметрическом геометрическом ядре Parasolid. Создана специально для использования на персональных компьютерах под управлением операционных систем Windows 95 и Windows NT.

SolidWorks распространяется в трех коммерческих и трех образовательных вариантах:

- SolidWorks Mechanical
- SolidWorks Office Professional
- SolidWorks Office Premium

Основной продукт SolidWorks включает инструменты для трехмерного моделирования, создания сборок, чертежей, работы с листовым металлом, сварными конструкциям и поверхностями произвольной формы. Присутствует возможность импортирования большого числа файлов 2D и 3D CAD программ. Имеется API для программирования в среде Visual Basic и C. Также включена программа для анализа методом конечных элементов начального уровня COSMOSWorks.

Пакет SolidWorks Office Professional включает в себя основной продукт и несколько расширений:

- Animator (создание AVI анимации модели в движении)
- Design Checker (Проверка заметок, размерностей и других параметров чертежей чтобы они соответствовали стандартам компании)
- eDrawings Professional (добавляет возможность рецензирования к бесплатному eDrawings)
- FeatureWorks (добавляет возможность редактирования к импортированным элементам)

- PDMWorks Workgroup (PDM система)
- PhotoWorks (создание фотореалистичных изображений построенных объектов)
- Task Scheduler (Планировщик для объёмной печати, импорта/экспорта файлов, и создания eDrawings)
- Toolbox (коллекция крепежа и соединений)
- Utilities (поэлементное сравнение деталей)
- 3D Instant Website (Публикация файлов SolidWorks как HTML документ, используя eDrawings для просмотра)

Пакет SolidWorks Office Premium Представляет собой SolidWorks Office Professional с дополнительными инструментами:

- SolidWorks Simulation (ранее называвшийся CosmosWorks) — анализ методом конечных элементов
- CosmosMotion (Анализ движения)
- Маршрут (англ. Routing) (для создания пути маршрута трубопровода, труб или электрических кабелей между компонентами)
- ScanTo3D (утилита для конвертирования данных, полученных с 3D-сканера, в модель)
- TolAnalyst (GD&T Tolerance analyse tool)
- CircuitWorks (проектирование печатных плат)

Традиционно CAD-системы ориентированы на создание геометрических моделей изделий из геометрических примитивов, и основное время в работе с такими системами тратится на выбор элементов нужных типов и, главное, на выбор оптимальной последовательности их создания. Далее задействуются специальные программные продукты для выполнения инженерного или технологического анализа, по результатам которого модель корректируется, и порой весьма существенно.

Создатели SolidWorks начали внедрять в систему элементы экспертной системы, призванные сократить объем необходимых размышлений

конструктора над CAD-системой как инструментом и минимизировать издержки неоптимальной последовательности работы над моделью, типичные для существующих параметрических CAD-систем. Программный пакет Solid Works глубоко развивает данный подход. Программный пакет SolidWorks во многом построен на базе технологии SolidWorks Intelligent Feature Technology, сокращенно SWIFT. Это комплекс встроенных экспертных систем, позволяющих на самых ранних этапах проектирования с высокой степенью автоматизации решать задачи оптимизации проекта. Это и инженерный экспресс-анализ (прочность, аэромеханика, кинематика и динамика механизмов), и анализ технологичности (применительно к механической обработке или требований к литью пластмасс), и комплексная проверка соответствия электронного документа выбранным стандартам, а также анализ размерных цепей, проверка собираемости изделия, поиск конфликтов, автоматическая простановка размеров и технологических обозначений, и даже автоматическое создание нового проекта на основе существующего по ряду формальных параметров.

В целом же в продукте содержится более 250 запрошенных пользователями усовершенствований, а также переработанный и оптимизированный пользовательский интерфейс. Также в SolidWorks существенно повышено быстродействие при работе со сложными сборками, добавлены новые функции анализа работоспособности сборок, улучшена работа с чертежами, добавлены новые типы сопряжений.

Моделирование и получение чертёжно-конструкторской документации – это лишь один из этапов на пути от принятия решения о проектировании изделия до выпуска готовой продукции. Поэтому необходимо обеспечить доступ других приложений CAD/CAM к созданной в SolidWorks твёрдотельной модели.

Система поддерживает обмен информацией через следующие стандартные форматы:

- IGES, наиболее распространенный формат обмена между системами объёмного моделирования;
- X_T, формат для обмена с системами объёмного моделирования, использующими геометрическое ядро Parasolid;
- SAT, формат для обмена с системами объёмного моделирования, использующими геометрическое ядро ACIS;
- STL, формат для обмена с системами быстрого прототипирования (стереолитографическими системами);
- DXF для обмена данными с различными чертёжно-графическими системами;
- DWG для обмена данными с AutoCAD;
- VRML для обмена данными проектирования через Internet.

Пример работы, выполненной в пакете SolidWorks:

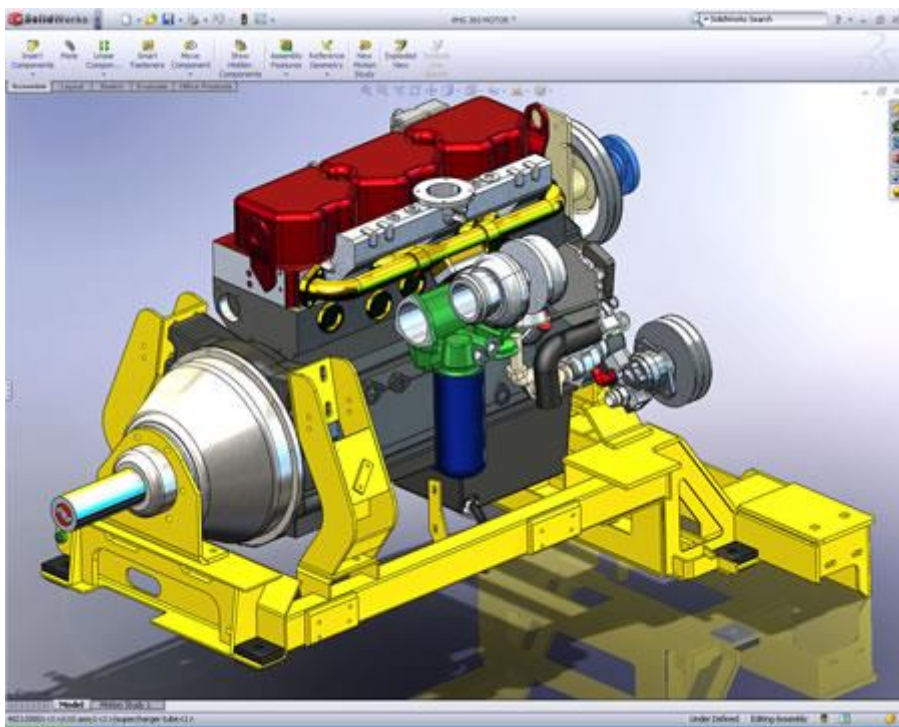


Рис. 4. Модель, выполненная в SolidWorks.

Пользователю предоставляются несколько различных средств создания объёмных моделей. Основными формообразующими операциями в SolidWorks являются команды добавления и снятия материала. Система позволяет выдавливать контур с различными конечными условиями, в том числе на заданную длину или до указанной поверхности, а также вращать контур вокруг

заданной оси. Возможно создание тела по заданным контурам с использованием нескольких образующих кривых (так называемая операция лофтинга) и выдавливанием контура вдоль заданной траектории. Кроме того, в SolidWorks необычайно легко строятся литейные уклоны на выбранных гранях модели, полости в твёрдых телах с заданием различных толщин для различных граней, скругления постоянного и переменного радиуса, фаски и отверстия сложной формы.

При этом система позволяет отредактировать в любой момент времени однажды построенный элемент твердотельной модели.

Важной характеристикой системы является возможность получения развёрток для спроектированных деталей из листового материала. При необходимости в модель, находящуюся в развёрнутом состоянии, могут быть добавлены новые места сгиба и различные конструктивные элементы, которые по каким-либо причинам нельзя было создать раньше.

При проектировании деталей, изготавливаемых литьём, очень полезной оказывается возможность создания разъёмных литейных форм. Если для работы необходимо использовать какие-либо часто повторяющиеся конструктивные элементы, на помощь приходит способность системы сохранять примитивы в виде библиотечных элементов.

Кроме проектирования твердотельных моделей, SolidWorks 97 поддерживает и возможность поверхностного представления объектов. При работе с поверхностями используются те же основные способы, что и при работе с твёрдыми телами. Возможно построение поверхностей, эквидистантных к выбранным, а также импорт поверхностей из других систем с использованием формата IGES.

Значительно упрощают работу многочисленные сервисные возможности, такие как копирование выбранных конструктивных элементов по линии или по кругу, зеркальное отображение как указанных примитивов или модели.

Постоянное совершенствование и расширение функциональных возможностей САПР закономерно приводит к тому, что с каждой новой

версией начинающим пользователям все сложнее становится осваивать программные продукты. SolidWorks Corp. всегда лидировала и продолжает быть первой среди западных компаний, представляющих свои продукты на российском рынке, в поддержке русского языка и отечественных чертежных стандартов. Простота изучения – это сокращение затрат на освоение продукта и, в конечном счете, на внедрение системы. Русская документация SolidWorks среди пользователей САПР всегда считалась лучшим образцом описания технических возможностей системы, и с каждой новой версией системы документация становится все информативней, оставаясь при этом понятной и удобной для восприятия.

T-FLEX CAD

Краткая информация:

Система параметрического проектирования и черчения T-FLEX CAD является разработкой российской фирмы "Топ Системы". Система обладает следующими основными возможностями:

- параметрическое проектирование и моделирование;
- проектирование сборок и выполнение сборочных чертежей;
- полный набор функций создания и редактирования чертежей;
- пространственное моделирование, базирующееся на технологии ACIS;
- параметрическое трёхмерное твёрдотельное моделирование;
- управление чертежами; подготовка данных для систем с ЧПУ;
- имитация движения конструкции.

Система T-FLEX CAD попала в обзор за 1997 год лучших САПР.

Разработчик - Топ-Системы, Москва.

«T-FLEX CAD» является ядром комплекса «T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM» — набора средств для решения задач технической подготовки производства в различных отраслях промышленности. Комплекс объединяет системы для конструкторского и технологического проектирования, модули подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и инженерных расчётов. Все программы комплекса функционируют на единой информационной платформе системы технического документооборота и ведения состава изделий.

САПР T-FLEX CAD 3D построена на геометрическом ядре Parasolid, которое сегодня считается лучшим ядром для 3D-моделирования. На сегодняшний день системы на Parasolid установлены на более чем 1.000.000 рабочих мест по всему миру. Использование ядра Parasolid не только обеспечивает T-FLEX CAD 3D мощными и надежными инструментами, но также и интеграцию с лучшими программами проектирования и расчетов [7].

Проектирование и 3D-моделирование в T-FLEX CAD 3D может осуществляться как непосредственно в 3D-пространстве, так и на основе данных 2D-чертежа. Проектировщик может выбрать любой способ работы или их комбинацию.

Рабочее пространство T-FLEX CAD 3D едино как для сборок, так и для отдельных деталей, в нем допускается работа с несколькими телами. Допускаются булевы операции (сложение, вычитание, пересечение) между телами и поверхностями. Единство модельного пространства, многотельность сцены, единообразие работы с твердотельными 3D-моделями и поверхностями, управление телами создают уникальные возможности для реализации различных задач.

Команда фотореалистичного изображения выведет качественную картинку с учетом материала детали. Мощная подсистема создания спецификаций автоматически по вставленным фрагментам сгенерирует спецификацию, которая будет параметрически связана с 3D-моделью.

Для создания базовых элементов изделий при 3D-моделировании в T-FLEX CAD 3D используется следующий набор 3D-операций: выталкивание, вращение, тело по сечениям, оболочка, тело по траектории, уклон, трубопровод, сглаживание, создание линейных и круговых массивов, отсечение, пружины, спирали, создание отверстий, нанесение резьбы. Используются специализированные группы команд для работы: с листовым материалом, трубопроводом, гранями модели.

Группа команд для работы с листовым материалом существенно облегчает моделирование тонкостенных деталей. Моделируя процессы гибки и штамповки, конструктор может создавать сложные модели листовых деталей и получать исходные заготовки для их изготовления.

При работе с листовым материалом учитываются специальные параметры заготовок (коэффициент нейтрального слоя и др.). При работе с данной группой команд отсутствуют ограничения на использование других инструментов

твердотельного и поверхностного 3D-моделирования (выталкивания, вращения, отверстий, резьб, сглаживаний и т.д.).

Уникальный интерфейс команды «По сечениям» позволяет создавать тела и поверхности различной сложности: твердые тела, поверхности из набора профилей, путей, ребер, узлов. Поддерживается управление точками соответствия на профилях сечений.

Возможность создания эквидистантного тела позволяет создавать не только увеличенные тела, например, на величину усадки при литье, но и оболочки к исходному телу, а также выравнивать выступающие элементы относительно сложной фасонной поверхности.

T-FLEX CAD предлагает много уникальных функций в командах создания вспомогательных элементов - 3D-построений. Например, в команде создания профиля существует возможность построения разверток трехмерных тел, в том числе включающих цилиндрические, конические и линейчатые поверхности.

Профиль можно создавать не только на основе замкнутой области, но и на основе произвольного набора линий изображения. При необходимости, линиям контура может быть назначена толщина.

Отличительной особенностью T-FLEX CAD 3D от аналогичных систем является возможность располагать на «листе» 2D-окна несколько рабочих поверхностей (плоскостей). Это дает возможность не только параметрически увязать виды, но и наиболее естественным образом работать над 3D-обводами судов по теоретическим чертежам или проектировать гребной винт в цилиндрической системе координат и решать другие задачи.

T-FLEX CAD 3D позволяет обеспечивать ассоциативность чертежа и 3D-модели, то есть изменение параметров чертежа будет приводить к изменению 3D-модели, а изменение параметров 3D-модели будет автоматически обновлять чертежи, созданные по ней.

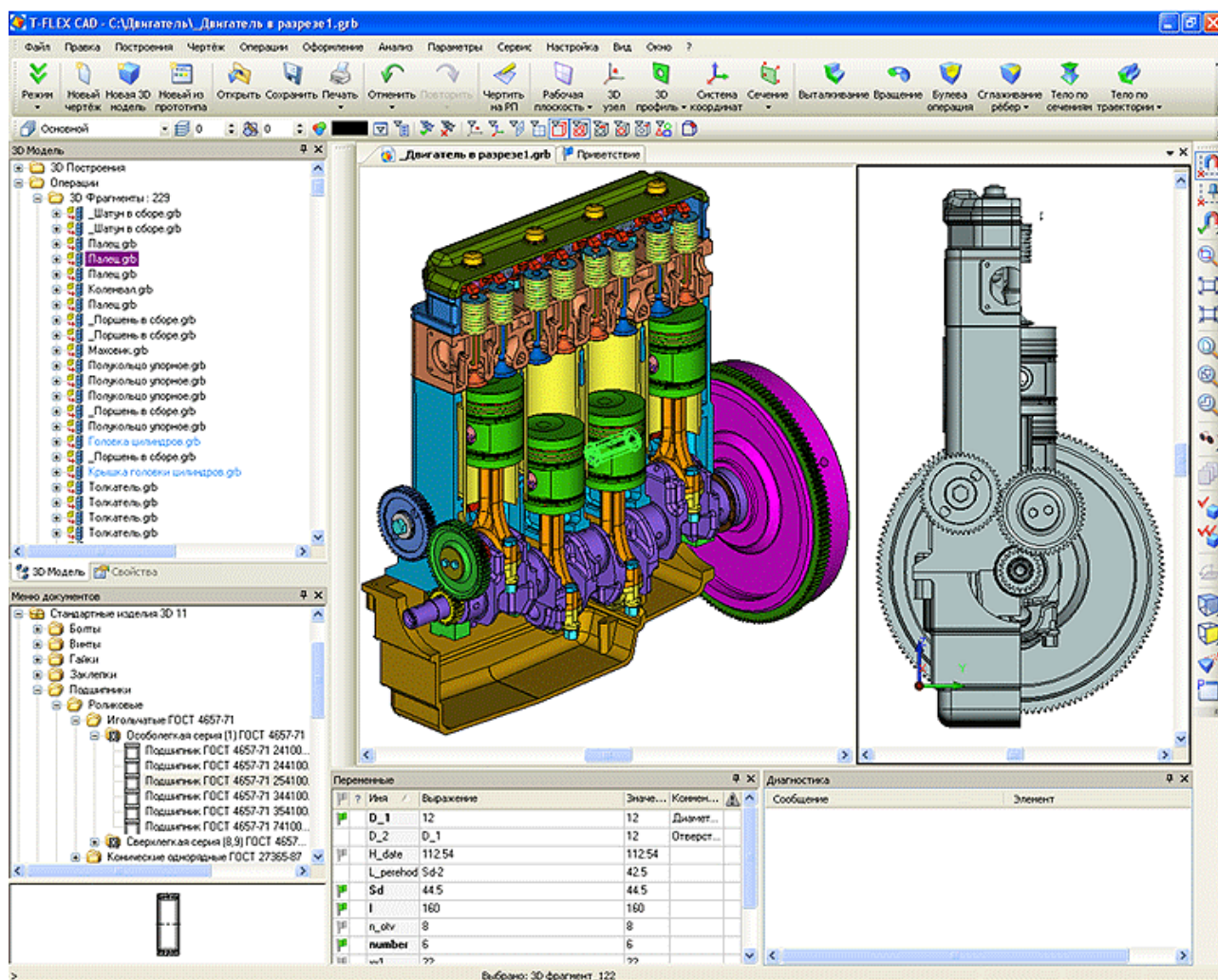


Рис. 5. Интерфейс программы T-FLEX CAD.

T-FLEX CAD 3D позволяет работать с сборочными 3D-моделями спроектированными по схеме как от детали к сборке, так и наоборот - от сборки к детали. 3D-сборка в T-FLEX CAD параметрическая - она состоит из отдельных деталей, связанных между собой переменными, либо сопряжениями. Это означает, что при изменении размера или положения какой-либо детали, другие будут автоматически скорректированы.

Список литературы

- [1] САПР в машиностроении - все о САПР в машиностроении - <http://www.ieportal.net/modules/sections/index.php?op=viewarticle&artid=1&page=0>
- [2] Б.С.Федоров Н.Б.Гуляев – «Проектирование программного обеспечения САПР». Москва : Издательство «Высшая школа». 1990 г.
- [3] Системы автоматизированного проектирования в машиностроении. Краткий обзор. - <http://www.i-mash.ru/materials/automation/3955-sistemy-avtomaticheskogo-proektirovaniya-v.html>
- [4] Обзор различных систем CAD/CAM/CAE/GIS - <http://www.cad.dp.ua/obzors/cads.php>
- [5] Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D - <http://machinery.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=6&prpid=7>
- [6] А. Борисов., Э. Ермаков., А. Долгополов. SolidWorks 2010: быстро, качественно, удобно., - www.solidworks.ru
- [7] Программа для конструкторской подготовки и 3D-моделирования T-FLEX CAD 3D - <http://www.tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/>

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ и НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МАТИ - РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.Э. Циолковского"**

Кафедра "Технология производства авиационных двигателей"

**Изучение возможностей различных САПР с использованием поиска
в интернет**

Методические указания к выполнению
практического занятия по курсу

«Системы автоматизированного проектирования ДЛА»

Составители: Бабин С.В.

Ступино 2014

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- Данная работа выполняется самостоятельно и основывается на литературном и Internet обзоре и сравнительном анализе некоторых характеристик современного программного обеспечения САПР, применяемых в области конструирования технических изделий, применяемых в машиностроении.
 - Выполнение работы предполагает распределение информационно-поисковой работы между студентами учебной группы и последующий обмен аналитической информацией.
 - Работа является завершающей в курсе дисциплины САПР и содержит указания по оформлению отчетных материалов по всему лабораторному практикуму.
1. Ознакомиться с составом классификационных признаков САПР (см. далее данное руководство).
 2. Ознакомиться с пояснениями к составу классификационных признаков САПР (см. электронную версию лекционного курса САПР).
 3. Ознакомиться со списком программных пакетов САПР, предложенных к рассмотрению. Список может быть расширен по предложению студента.
 4. По согласованию с преподавателем распределить полный состав анализируемых программных пакетов по составу студентов группы. За каждым студентом должно быть закреплено *не менее трех* анализируемых пакетов. При распределении обеспечить равномерное дублирование.
 5. Ознакомиться с составом характеристик САПР, требующих определения (см. далее таблица характеристик).
 6. По результатам литературного и Internet обзора указанных трех САПР заполнить таблицы характеристик. Электронную информацию разместить на компьютере.
 7. Собрать электронные версии обзорных таблиц по всему составу САПР.
 8. Произвести формирование электронных и бумажных отчетных материалов по дисциплине согласно списка (см. далее).
 9. Сформированный пакет отчетных материалов представляется к зачету по дисциплине.

СОСТАВ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ САПР

1. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – определяют функционирование САПР как единого целого.

По назначению систем (по приложению):

1. Машиностроительные САПР
2. САПР радиоэлектроники
3. САПР архитектуры и строительства
4. Геоинформационные САПР

По способу организации информационных потоков:

1. Индивидуальные АРМ
2. Распределенная одноуровневая система
3. Распределенная многоуровневая система
4. Интегрированная многоуровневая система
5. Интегрированная система управления предприятием

2. ПРОГРАММНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – разделяют системы по отдельным особенностям программных решений.

По специализации программных средств

1. Специализированные системы
2. Универсальные системы
3. Комплексные системы

По способу характеру базовой системы

1. САПР на базе подсистем машинной графики и геометрического моделирования
2. САПР на базе СУБД
3. САПР на базе конкретного прикладного пакета
4. Комплексные (интегрированные) САПР

По способу организации внутренней структуры САПР

1. Нерасширяемые системы
2. Масштабируемые модульные системы

По возможности функционального расширения

1. Закрытые системы
2. Системы с интерфейсом, настраиваемым пользователем
3. Системы с пакетной обработкой команд
4. Системы со встроенным макроязыком и библиотекой функций
5. Системы с возможностью подключения внешних модулей
6. Инструменты разработчика САПР

По возможности обмена информацией

1. Замкнутые системы
2. Системы с текстовыми файлами обмена информацией
3. Системы со стандартными средствами обмена данными

По способу создания изменяемых прототипов

1. Неизменяемые готовые блоки
2. Элементы, программно формируемые во внешних модулях

3. Параметрически задаваемые элементы
4. Адаптивно изменяемые элементы
5. Комбинированные методы

По методам моделирования функционирования изделий

1. Без специальных методов
2. Проверочные расчеты с использованием МКЭ
3. Специализированные подсистемы моделирования

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – определяют особенности используемых в САПР средств вычислительной техники и периферийного оборудования.

По используемым средствам вычислительной техники

1. Персональные компьютеры
2. Рабочие станции

По способу объединения технических средств:

1. Автономные рабочие станции
2. Многотерминальные ЭВМ
3. Одноранговая локальная сеть
4. Локальная сеть с выделенным сервером
5. Гетерогенная сеть со сложной структурой

По используемому периферийному оборудованию

1. САПР минимальной конфигурации
2. Технически развитые САПР

4. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – оценивают эффективность взаимодействия пользователя с программно-техническими средствами САПР.

По способу организации пользовательского интерфейса

1. С командной строкой
2. С системой иерархических меню и диалоговых окон с контекстной помощью: в виде текстовых строк или в виде условных пиктограмм;
3. С объектно-ориентированным интерфейсом и мультимедийной системой помощи

По удобству диалога системы с пользователем

1. С интуитивным и удобным пользовательским интерфейсом
2. С пользовательским интерфейсом, требующим долгого обучения

По поддержке визуализации

1. Двумерные системы
2. Трехмерные каркасные
3. Трехмерные с удалением скрытых линий
4. Трехмерные со светотеневой раскраской
5. Трехмерные с фотореалистическим отображением

СОСТАВ АНАЛИЗИРУЕМЫХ САПР

	САПР			
1.	AutoCAD			
2.	Mechanical Desktop			
3.	SolidWorks			
4.	Simens PLM NX 7.5			
5.	CATIA			
6.	Pro/ENGINEER			
7.	T-FLEX 3D			
8.	ADEM			
9.	КОМПАС-3D			
10.	КРЕДО			
11.	Inventor			
12.	Solid Edge			
13.				
14.				

ТАБЛИЦА ХАРАКТЕРИСТИК

ВНИМАНИЕ! Описываются возможности базовой конфигурации. Для модулей расширения приводиться только из наименование.

1.	Торговая марка программного продукта	
2.	Наименование современной официальной версии	
3.	Фирма разработчик (на настоящий момент)	
4.	Официальный сайт российского сопровождения	
5.	Другие сайты сопровождения	
6.	Ядро геометрического моделирования	
7.	Ориентировочная стоимость лицензионной профессиональной (не учебной) версии базовой конфигурации (1 раб.место / 10 раб.мест)	
8.	Возможности льготной поставки университетских версий в учебных целях (если есть)	
9.	Объем пространства на жестком диске, занимаемый базовой конфигурацией одного рабочего места	
10.	Возможности базовой конфигурации 2D моделирование	
11.	Возможности базовой конфигурации 3D моделирование	
12.	Разделение пространств моделирования геометрии и оформления чертежей	
13.	CAM – возможности базового пакета (какие, до 255 букв)	
14.	CAE – возможности базового пакета (какие, до 255 букв)	
15.	PDM – возможности базового пакета (какие, до 255 букв)	
16.	Возможности параметризации (какие, до 255 букв)	
17.	Реализация ассоциативности (какие, до 255 букв)	
18.	Поддержка истории конструирования	
19.	Возможности анализа сборок, кинематики, анимации в базовом пакете	
20.	Возможности фотореалистической визуализации	
21.	Поддерживаемые стандарты обмена информацией	
22.	Модули функционального расширения, предлагаемые отдельно на рынке САПР (какие, до 255 букв)	
23.	Составитель справки	
24.	Авторское мнение о программном пакете (если есть, до 255 букв)	

ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ. Состав электронных документов

1.	2D, 3D – чертеж «Плита» Параметрический чертеж.	Tflex-2D, Tflex-3D
2.	2D, 3D корпусная деталь. Учебная	Tflex-2D ,Tflex-3D
3.	3D деталь вращения. Учебная	Tflex-3D
4.	3D корпусная деталь. Учебная	Tflex-3D
5.	3D деталь «Фланец» Учебная	Tflex-3D
6.	3D сборка. «Пистолет» Учебная	Tflex-3D
7.	3D сборка «Кондуктор» Учебная	Tflex-3D
8.	Индивидуальное задание. Сборка приспособления 3D, сборка 2D, размеры, штамп, технические требования.	Tflex-3D
9.	Анализ современных САПР (электронная версия включает состав признаков классификации и 10 таблиц по характеристикам пакетов САПР)	Ms Word

Промежуточная аттестация №1

Зачет с оценкой (6 семестр)

Семестр: 6

Вид контроля: Зо

Вопросы:

Типовые вопросы к промежуточной аттестации дифференцированному зачёту.

1. Определение САПР АД и ЭУ. Назначение САПР, основные преимущества.
2. Назовите виды обеспечения САПР.
3. Что представляет собой техническое обеспечение САПР АД и ЭУ.
4. Что представляет собой лингвистическое обеспечение САПР АД и ЭУ.
5. Что представляет собой информационное обеспечение САПР АД и ЭУ.
6. Укажите общую структуру АРМ.
7. Выделите этапы конструирования АД и ЭУ с использованием ЭВМ.
8. Укажите признаки классификации САПР.
9. Укажите алгоритм структурно-параметрического синтеза.
10. Укажите основные способы автоматизации подготовки графической документации при проектировании АД и ЭУ.
11. Что представляет собой программный(вариантный способ) подготовки графических изображений.
12. Что представляет собой интерактивный способ проектирования АД и ЭУ.
13. Укажите виды геометрического моделирования.
14. Что такое CALS системы.
15. Что такое CAD системы.
16. Укажите требования предъявляемые к современным САПР.
17. Что такое CAE системы.
18. Укажите принцип конечно элементного анализа.
19. Какие САПР вы знаете.
20. Расшифровать понятие PDM системы.
21. Какие интегрированные CAD/CAM/CAE системы вы знаете.
22. Укажите методы оптимизации конструкций ДЛА.
23. Укажите основные возможности интегрированного пакета T-flex.
24. Укажите основные возможности интегрированного пакета NX.
25. Укажите основные возможности интегрированного пакета Inventor.
26. Укажите основные возможности интегрированного пакета SolidWorks
27. Перечислить основные классы информации, сопровождающей изделие на этапах ЖЦ.
28. Что включает дерево конструирования изделия?
29. Что позволяет дерево конструирования?
30. Что включает типовой набор модулей полномасштабных систем САПР?
31. Основные функциональные виды CAE-системы в машиностроении.
32. Этапы подготовки чертежной документации.
33. Основные функции библиотеки элементов в САПР.