

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

**МЕТОДОЛОГИЯ СКВОЗНОГО ОБУЧЕНИЯ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОМУ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ
НА ФАКУЛЬТЕТЕ ДЛЯ**

Электронные методические указания инновационного типа

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование образовательной деятельности» Программы развития СГАУ на 2009 – 2018 годы по проекту «Разработка образовательных стандартов СГАУ по специальности 160700.65 — Двигатели летательных аппаратов со сквозной документацией и создание исследовательских лабораторных работ и прогрессивных технологий лекционных занятий»
Соглашение № 1/4 от 03 июня 2013 г.

САМАРА 2013

УДК 621.431.7.5 (075.)+004.9(075)
ББК 39.55я7
М 545

Авторы-составители: Л. А. Чемпинский, В. Н. Гаврилов

Методология сквозного обучения геометрическому моделированию на факультете ДЛА [Электронный ресурс] : электрон. метод. Указания инновац. Типа/М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королёва (нац. исслед. ун-т); авт.-сост.: Л. А. Чемпинский, В. Н. Гаврилов. ; - Электрон. текстовые и граф. дан (1,4 Мбайт). – Самара, 2013. – 1 эл. Опт. Диск (CD-ROM).

Изложены основные положения методологии сквозного обучения студентов параметрическому геометрическому моделированию на факультете «Двигатели летательных аппаратов» СГАУ.

Методические указания предназначены для преподавателей, занимающихся подготовкой бакалавров и специалистов направлений 160700.65 – Проектирование авиационных и ракетных двигателей, 080100.62 – Экономика, профиль «Экономика и управление на предприятиях», 141100.62 – Энергетическое машиностроение, 151100.62 – Технологические машины и оборудование, 151900.62 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств факультета «Двигатели летательных аппаратов», а также обучения студентов другим специальностям инженерно-технического направления.

УДК 621.431.7.5 (075.)+004.9(075)

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Параметрическое геометрическое моделирование в подготовке специалистов для инновационного машиностроения	8
Список литературы	22

ВВЕДЕНИЕ

Основными тенденциями в современном машиностроении являются улучшение рабочих параметров машин и конструкций, снижение их материалов и энергоемкости. При этом существенное значение имеют сроки разработок, их качество и стоимость. Чтобы соответствовать требованиям сегодняшнего дня, процесс автоматизации проектирования необходимо рассматривать в комплексе, как систему взаимосвязанных конструкторских, расчетных и технологических программных инструментов на всех стадиях проекта.

Последним достижением в области современных информационных технологий, используемых в машиностроении, является технология информационной поддержки жизненного цикла изделия на базе полного электронного определения изделия (CALS/ИПИИ технология). Эта технология позволяет связать в единую систему все службы предприятия, участвующие в проектировании нового изделия, технологической подготовке и его производстве, а также службы, обеспечивающие снабжение, сбыт готовой продукции и сервис.

Элементы CALS технологии уже длительное время являются практическим инструментом работы конструктора и технолога. Спектр их реализации очень широк - от простых чертежных систем до интегрированных программных сред (CAD/CAE/CAM систем), функционально охватывающих эскизное, рабочее проектирование, создание 3-х и 2-х мерных геометрических моделей, инженерный анализ, разработку графическо-конструкторской и технологической документации, подготовку управляющих программ для оборудования с ЧПУ. Порождаемая в данных системах трехмерная геометрическая модель является основой всей информационной модели изделия.

Все современные CAD/CAM/CAE системы в зависимости от решаемых ими задач можно разделить на две группы: специализированные и универсальные.

Специализированные программные комплексы могут использоваться как автономно, так и включаться в состав универсальных систем. По функциональному признаку они классифицируются на:

- программы для графического (CAD) ядра системы (Design Base, положенной в основу функционирования универсальной системы Helix и ряда специализированных систем, производимых и используемых в Японии, Parasolid – Unigraphics, Solid Works и пр., ACIS - AutoCAD, Cimatron, ADEM и пр.);

- системы для функционального моделирования (CAE, реализующие метод конечных элементов, которые, в свою очередь, также делятся на системы общего применения (NASTRAN, ANSYS, COSMOS/M и др.) и проблемно-ориентированные системы (ADAMS, MARS и др.);

- системы для подготовки управляющих программ для технологического оборудования (CAM) (SmartCAM, Euclid, и др.).

Универсальные системы предназначены для комплексной автоматизации процессов проектирования, анализа и производства продукции машиностроения. В зависимости от функциональных возможностей различают системы низкого уровня (AutoCAD, T-flex, Caddy), среднего уровня (Cimatron, Pro/JUNIOR) и полномасштабные (CATIA, Unigraphics, Pro/ENGINEER).

Все системы постоянно развиваются, дополняясь все новыми модулями и возможностями. С течением времени программные продукты приобретают способность одинаково эффективно решать в своей "весовой" категории предъявляемые пользователем задачи. В этом случае пользователь при выборе той или иной системы руководствуется в первую очередь ее ценой. В то же время развитие программных сред имеет тенденцию перехода в более "тяжелую" категорию, но никогда наоборот. Такое усовершенствование в большинстве случаев приводит к необходимости использования все более и более мощного аппаратного обеспечения.

Однако каким бы высоким ни был уровень системы, она сама по себе не функционирует. ЭВМ и установленный на ней программный продукт представляют собой хотя и высокопрофессиональный, но всего лишь инструмент, такой как, например, карандаш, линейка или счеты. Уровень эффективности использования ЭВМ зависит от степени подготовленности специалиста.

Переход на новые технологии связан с формированием нового мышления инженера, что объясняется особенностями, присущими процессу сквозного компьютерного проектирования.

Традиционно обучение геометрии и графике в техническом вузе связано с вопросами создания технической (конструкторской и технологической) документации для изготовления деталей, узлов и изделий. Создание такой документации в настоящее время возможно при наличии у специалиста развитого пространственного мышления (воображения), опыта решения позиционных и метрических задач, знаний правил, условностей и упрощений, регламентируемых стандартами при создании технической документации, понимания принципов функционирования прикладных программ, их классификации и возможностей использования, устойчивых навыков работы с системой.

Переход на безбумажные, с использованием компьютера технологии, когда информация создается, хранится и используется в электронном виде, требует выполнения новых условий при подготовке специалистов. При этом безбумажная графическая подготовка является основой сквозной подготовки современного специалиста.

На основании выше сказанного целями обучения геометрическому моделированию являются:

- всемерное развитие пространственного мышления (воображения);
- освоение алгоритмов построения геометрических (2D и 3D) моделей;
- приобретение навыков создания и редактирования объемных моделей изделий машиностроительного производства;
- приобретение опыта решения позиционных и метрических задач в среде CAD системы;
- приобретение навыков создания технической документации в автоматизированном режиме в соответствии с ГОСТами.

В результате изучения предлагаемого в пособии материала обучаемый должен знать:

- а) способы представления геометрических моделей;
- б) классификацию и возможности современных отечественных и зарубежных систем автоматизированного проектирования (САПР);
- в) современные подходы в компьютерном проектировании;
- г) основные алгоритмы, 3D и 2D моделирования и редактирования моделей;
- д) алгоритмы и правила оформления технической документации, в среде современной CAD системы обучаемый должен уметь:
 - а) создавать и редактировать 3D модели деталей;
 - б) получать необходимые для составления технической документации на изделия изображения: виды, разрезы, сечения, совмещения видов и разрезов и пр.;
 - в) решать метрические и проекционные задачи;
 - г) решать задачи геометрического, проекционного и параметрического черчения;
 - д) составлять и оформлять рабочие чертежи деталей;
 - е) составлять 3D сборки, спецификации и сборочные чертежи;
 - ж) детализовать чертежи общего вида.

При создании прикладных программных продуктов разработчики учитывают ряд особенностей их использования, как на производстве, так и в учебных заведениях. Использование прикладных систем в процессе обучения в вузе связано с относительно

небольшим количеством часов занятий, наличием ограничений в использовании мощных инструментальных средств, задачами рационального использования машинного времени.

Опыт преподавания графических дисциплин в вузах и довузовских учебных заведениях показал эффективность использования в учебном процессе, в частности, для выполнения конструкторской и технологической документации отечественной универсальной CAD/CAM системы ADEM, полностью удовлетворяющей всем перечисленным выше требованиям.

ADEM – аббревиатура, состоящая из первых букв слов Automatic Design Engineering Manufacturing (Автоматизированное Черчение, Проектирование, Производство), универсальной, интегрированной системы, предназначенной к профессиональному использованию в современном машиностроительном производстве. Первая версия CAD/CAM ADEM вышла в начале 1995 года. В настоящее время бесплатно распространяются версии ADEM 3.03 и v.8.1.

Версия ADEM 3.03 работает под Windows 3.11 и выше, и принадлежит к классу так называемых “легких” CAD/CAM систем. Система состоит из 5 модулей: плоское моделирование, объемное моделирование, разработка управляющих программ и моделирование 2X, 2.5X обработки, 3-координатного фрезерования, генерация технических документов (автоматизация составления технологической документации на универсальное оборудование, составление спецификаций и ведомостей или любых других текстовых и графических документов), генерация постпроцессоров.

В версии ADEM 8.1 за основу моделирования принята мощная математика ACIS. За счет поддержки различных форматов данных (SAT, IGES, VDA, DXF, STL) была достигнута 100% совместимость со всеми современными системами проектирования и анализа. В модуле плоского моделирования появились несколько новых команд черчения, связанных с аффинными и вариативными преобразованиями объектов, возможность применения логических (булевых) операций к плоским объектам. Расширился набор импортируемых форматов для редактирования сканированного изображения (BMP, TIF, JPG).

CAD/CAM ADEM система постоянно развивающаяся. Однако принципы, положенные в основу ранних версий остаются в новых версиях неизменными. Содержание последующих глав этой книги опирается на возможности ADEM 3.03.

В предлагаемой читателю части работы изложена методика обучения студентов - машиностроителей на кафедре инженерной графики Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ) «безбумажным» технологиям конструирования и использования полученных знаний при разработке технической документации по следующей программе:

I семестр. Студенты изучают начертательную геометрию в традиционном объеме. Одновременно с этим они изучают 3D моделирование: отображение параметризованных базовых элементов формы (БЭФ); аффинные, топологические, логические преобразования с БЭФ, решение задач; отображение 3D моделей на плоскостях проекций; 2D моделирование: аффинные, топологические, логические преобразования с базовыми графическими элементами (БГЭ), решение задач; геометрическое черчение: решение задач; 3D моделирование по чертежу: решение задач; решение задач по циклу 2D – 3D – 2D; проекционное черчение и простановка размеров; решение задач по 3D моделям с выводом на печать; создание баз 3D моделей деталей;

II семестр. Первая работа семестра - «Плоская параметризация». Она включает в себя изучение тем: возможности и особенности систем автоматизированного проектирования по созданию параметрических моделей; создание параметрических моделей деталей крепежа, зубчатых колес, шпонок, заклепок и пр.; создание баз параметрических моделей деталей. Изучая инженерную графику, студенты выполняют работу «Условности машиностроительного черчения» включающую в себя темы, работы по которым выполняются на компьютере с использованием параметрических баз деталей: соединения болтом, шпилькой, винтом, шпонкой, сваркой, заклепками, соединения труб и шлицевые, а также передачи зубчатые.

Третья работа семестра - “Эскизы и рабочие чертежи деталей машин”. Студенты изучают последовательность выполнения эскизов и составляют эскизы типовых деталей (на бумаге в клетку): вала-шестерни (зубчатого колеса), корпуса и фланца. После тщательной проработки эскизов, включающей не только нанесение размеров и обозначение шероховатостей, но и дополнение чертежа другими сведениями, присущими производственному чертежу, студенты создают комплекты электронной документации на отдельные детали.

III семестр. Традиционно на этом этапе обучения студенты изучают тему “Сборочный чертеж станочного приспособления”, в которой они знакомятся с основами технологии изготовления деталей на производстве и технологическим оборудованием, конструкцией станочных приспособлений, выполняют эскизы деталей одного из них. После тщательной проработки эскизов, включающей не только нанесение размеров и обозначение шероховатостей, но и дополнение чертежа другими сведениями, присущими производственному чертежу, студенты создают комплекты электронной документации на отдельные детали. Комплект содержит компьютерный чертеж детали, изображения для составления сборочного чертежа и чертежа общего вида сборочной единицы, а также объемную (3D) модель детали. На базе созданных комплектов составляют спецификацию и сборочный чертеж. Все комплекты электронной документации размещаются в одном разделе памяти на компьютере в виде геометрической базы данных, которая может быть использована в учебном процессе специальных и выпускающих кафедр.

IV семестр. Задание студентам состоит из построения 3D модели станочного приспособления по 3D моделям деталей, составления рабочих чертежей деталей по 3D моделям сборки, чтения чертежа общего вида и выполнения по нему на компьютере рабочих чертежей деталей.

Для проведения каждого из практических занятий на кафедре инженерной графики подготовлены оригинальные методические материалы. Они состоят из отпечатанных методических указаний по выполнению двухчасовой работы, последовательность выполнения которой иллюстрируется, при необходимости, видеофильмом. Перед началом каждого занятия студенты проходят тестирование на знание предметной области изучаемой темы; Решение учебных задач по выпуску технической документации на основе геометрических моделей осуществляется при обязательном сохранении базового блока знаний и навыков.

Такая подготовка позволяет решать задачи компьютерного сопровождения учебного процесса на общеинженерных и выпускающих кафедрах. Характер учебных заданий на них может варьироваться в широком диапазоне. Например, составление сборочного чертежа станочного приспособления на основе параметрических баз составных частей; детализация компьютерного сборочного чертежа, составление рабочего чертежа детали по его объемной модели; создание объемной модели по чертежу детали, проектирование технологического процесса обработки на основе объемной модели детали с последующим выходом на станок с ЧПУ, моделирование процесса сборки и исследование точностных характеристик на основе объемных моделей составных частей сборочной единицы и т.д.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Современный уровень проектирования процессов конструкторско-технологической подготовки производства предполагает широкое использование информационных технологий. При этом технологи используют объемные (3D) модели изделий, узлов, деталей, оборудования, средств технологического оснащения и инструмента, т.к. они являются основой при проектировании оптимальных технологических процессов изготовления деталей, заготовок, формообразующей оснастки и пр. на современном высокопроизводительном оборудовании, позволяют осуществить инженерный анализ сопутствующих преобразованию заготовки в готовую деталь процессов силового, теплового и пр. поведения технологических систем, контролировать геометрические параметры сложно-фасонных деталей с использованием современных контрольно-измерительных машин, реализовать автоматизированный выпуск необходимой технологической документации и пр.

Принципы, положенные в основу подготовки специалистов на факультете "Двигатели летательных аппаратов" СГАУ, соответствующей современному уровню проектирования и производства двигателей различного назначения:

1. Системный подход - достижение высокого качества подготовки за счет реализации учебных планов, составленных на основе объектно-ориентированного подхода, позволяющих осуществить сквозную подготовку в процессе обучения по различным направлениям в условиях ограниченного ФГОСами учебного времени и постоянно снижающегося уровня довузовской подготовки.

2. Имитационное моделирование, предполагающее погружение в различные области знаний, сопутствующих (соответствующих) современному проектированию и производству изделий.

3. Ориентация на углубленное изучение предметных областей путем исследовательского характера приобретения знаний и самостоятельной работы студентов с использованием специально разработанного методического обеспечения, соответствующего принятой на факультете методологии подготовки специалистов.

4. Широкое использование в учебном процессе современных средств информационной поддержки процессов проектирования, управления производством и изготовления изделий (лицензионных CAD/CAE/CAPP/CAM/PDM систем).

5. Сквозное конструкторско - технологическое проектирование на основе использования 3D моделей изделий, в том числе 3D параметрических моделей типовых и стандартных деталей.

6. Использование в учебном процессе современных (интерактивных) информационных технологий и ЧПУ оборудования при решении задач, необходимых производству.

7. Целенаправленная профориентационная работа с учащимися преимущественно инновационных довузовских образовательных учебных заведений.

8. Тесное сотрудничество в подготовке специалистов с базовым предприятием; совместное решение стоящих перед предприятием задач в подготовке кадров, в разработке новых технологических процессов и в изготовлении изделий с использованием оборудования с ЧПУ последнего поколения; сопровождение выпускников, переподготовка ИТР и подготовка рабочих дефицитных профессий.

С целью сокращения времени 3D моделирования конструкторы повсеместно используют параметрические 3D модели типовых деталей. Использование 3D параметрических моделей позволяет технологам реализовать сквозное проектирование

процессов изготовления типовых деталей, что особенно актуально в условиях многономенклатурного производства.

Реализация компетентностных требований государственных образовательных стандартов (ФГОСов) в дисциплинах графо-геометрического цикла на факультете "Двигатели летательных аппаратов" СГАУ осуществляется на основе использования возможностей отечественной лицензионной, свободно распространяемой для выполнения некоммерческих проектов CAD/CAM/CAPP системы ADEM v.8.1.

Каждый студент факультета с самого начала процесса обучения в течение четырех семестров последовательно приобретает опыт работы с новым для него инструментом, несмотря на изначальное отсутствие у большинства опыта черчения. Такая подготовка является базовой: реализация последующих конструкторско-технологических проектов, связанных с созданием 3D и 2D моделей (документации в виде электронных документов) осуществляется на этой основе.

В частности, в первом семестре студенты, постепенно знакомясь с возможностями CAD модуля системы ADEM v.8.1, последовательно осваивают работу с вновь созданной базой 3D параметрических моделей базовых элементов формы (БЭФ), включающей, в частности, объемные модели таких объектов, как сфера, цилиндр, конус, параллелепипед, призма, тор и пр.: по заданным ими геометрическим параметрам автоматически отображают на плоском экране монитора различные формы объемных представлений этих объектов, например, различные цвета БЭФ и их граней, осваивают возможности аффинных преобразований БЭФ (перенос, поворот, масштабирование), по выданным заданиям создают пространственные композиции (рис. 1, 2, 3).

На следующем этапе, используя возможности CAD модуля системы ADEM v.8.1 по выполнению булевых операций между объектами и базу параметрических моделей БЭФ, решают метрические и позиционные задачи (определяют расстояния между элементами

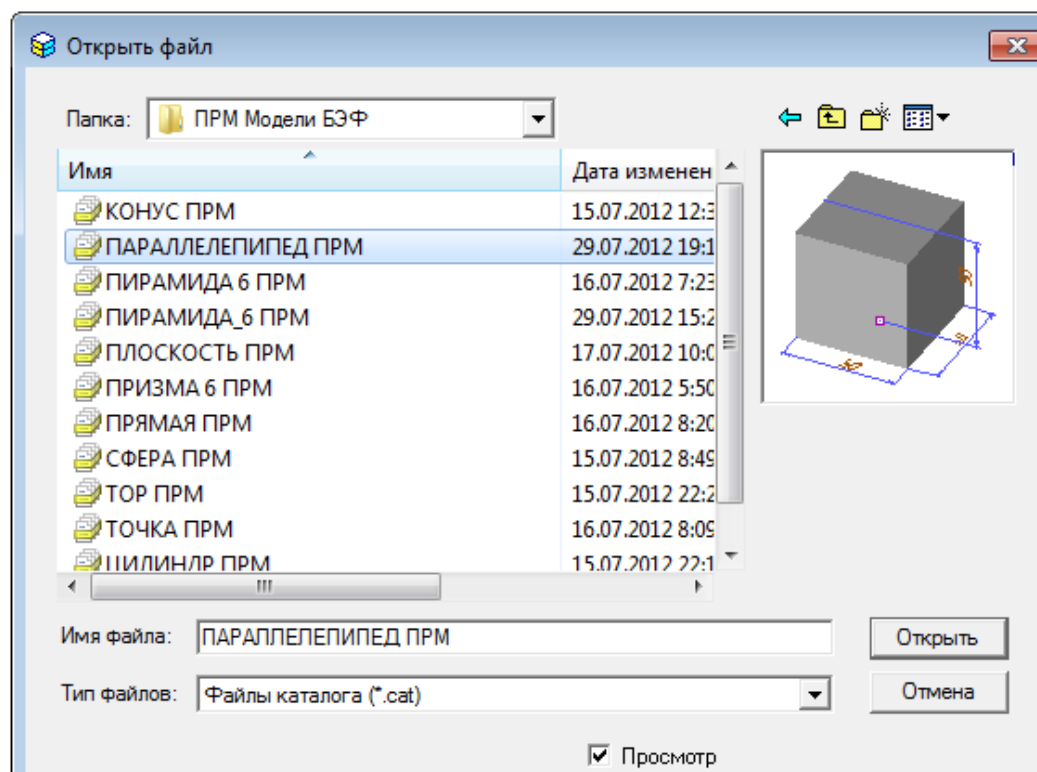


Рисунок 1- База параметрических 3D моделей БЭФ

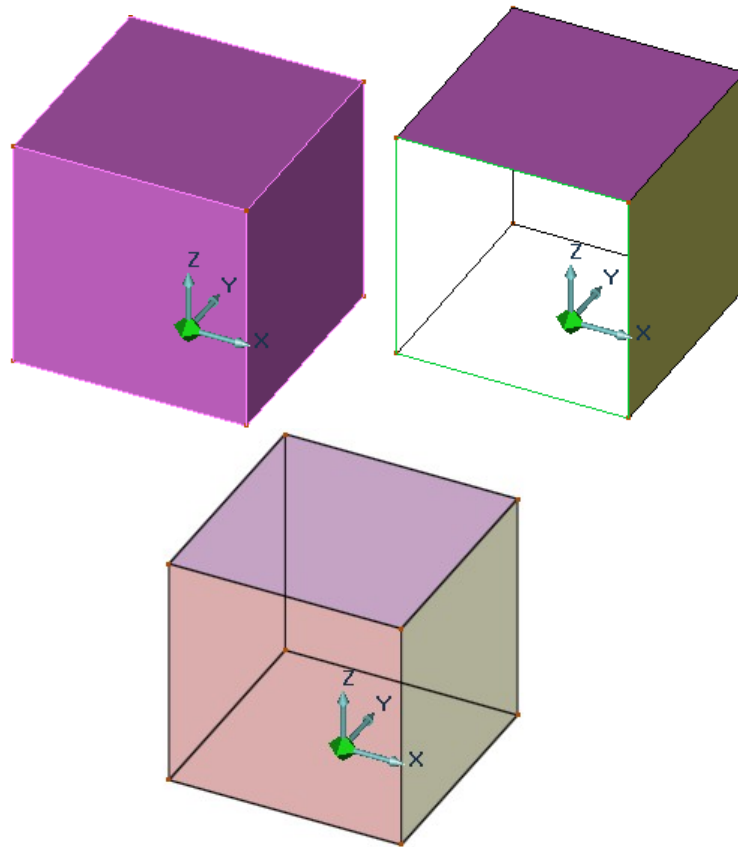


Рисунок 2 - Формы представлений 3D моделей

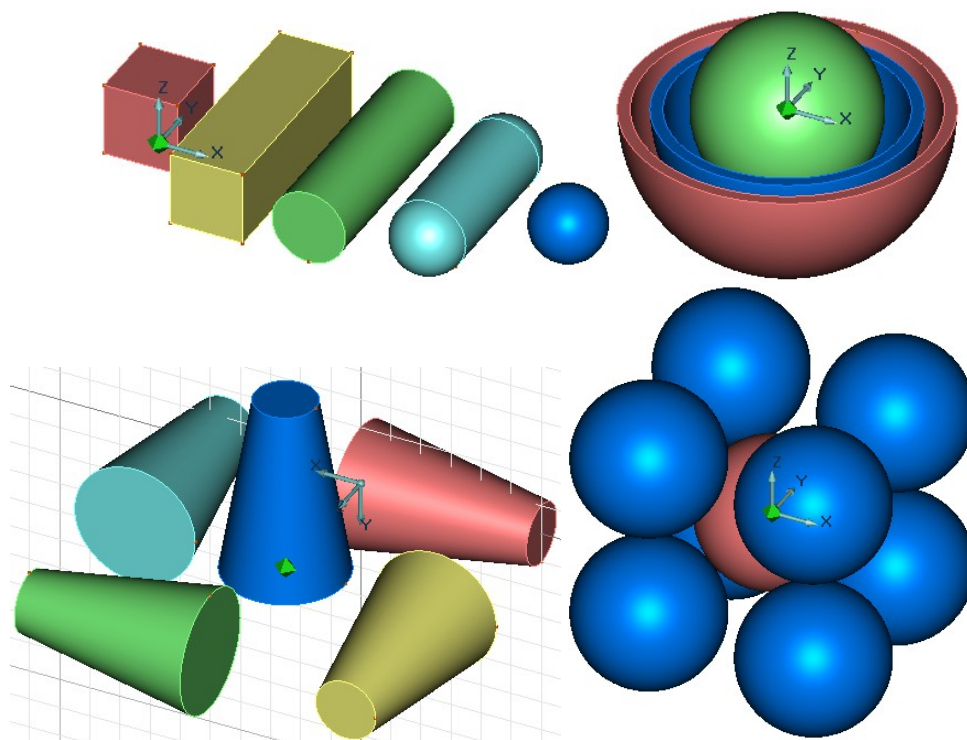


Рисунок 3- Пространственные композиции 3D моделей

пространственных объектов, вид и геометрию пространственных линий пересечения гранных поверхностей и поверхностей вращения при пересекающихся и скрещивающихся осях), в автоматизированном режиме строят точные модели разверток, в то время как реализация требований ФГОСа средствами традиционного курса начертательной геометрии путем, в частности, алгоритмического решения метрических и позиционных задач на плоско-

сти, определения линий взаимного пересечения поверхностей и пр., позволяет дать лишь качественные, не точные решения, которые не могут быть использованы в реальном производстве (рис.4, 5, 6).

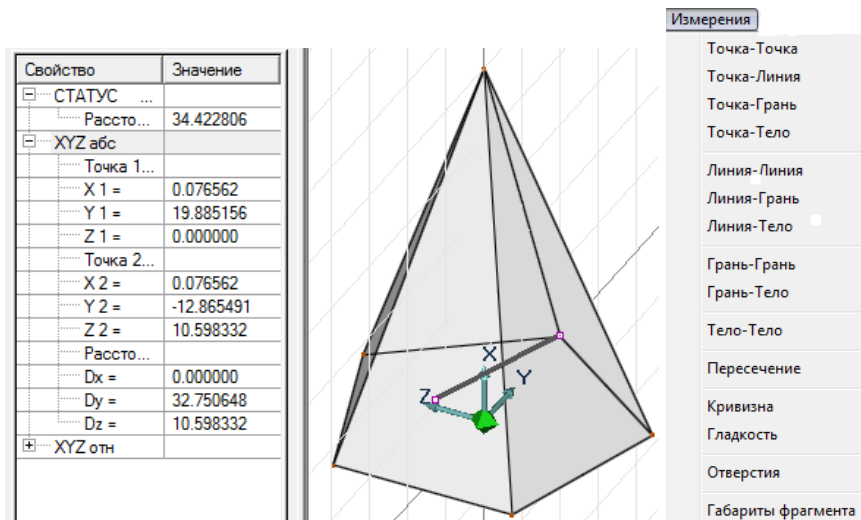


Рисунок 4 - Пример решения метрической задачи

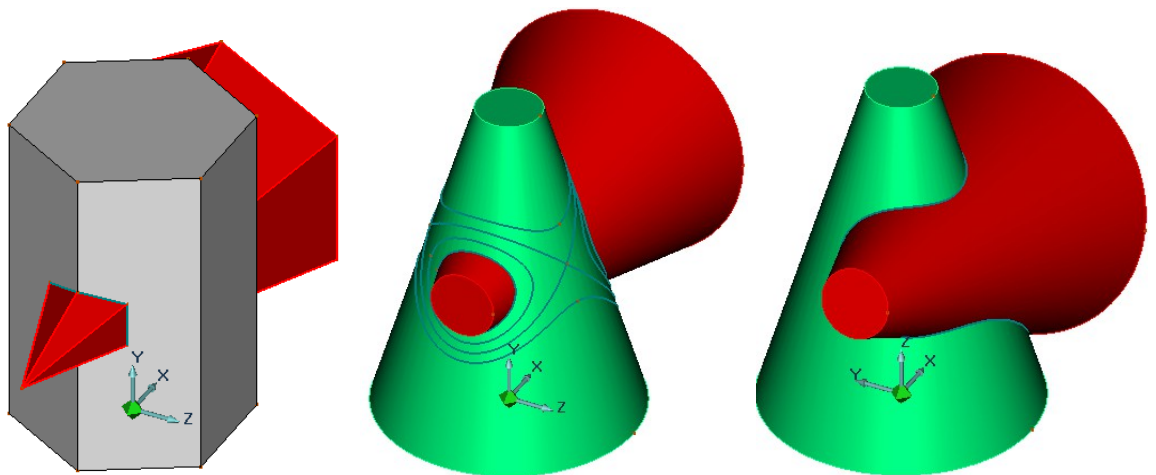


Рисунок 5 - Примеры решения позиционных задач

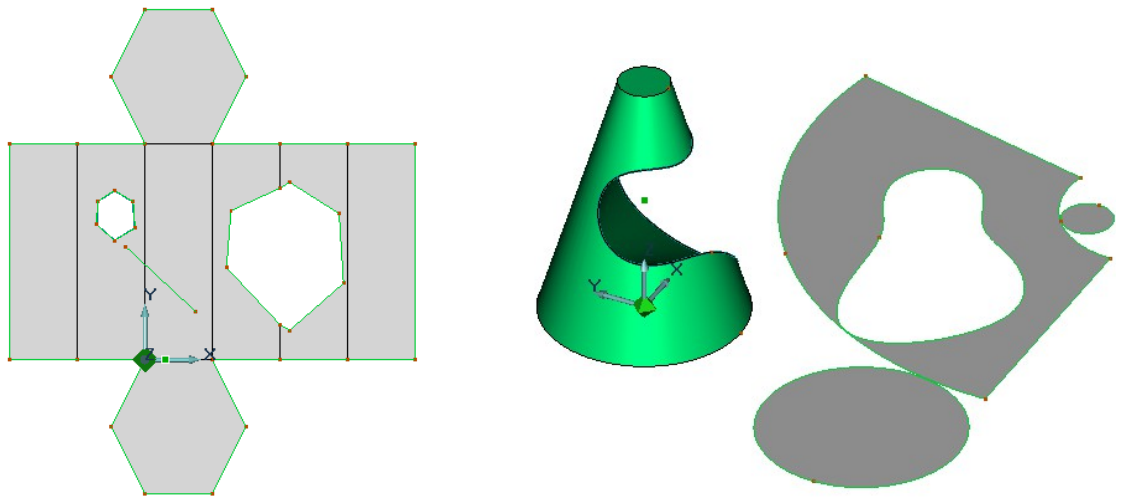


Рисунок 6 - Построение разверток

На основе полученных линий пересечения конуса плоскостью, расположенной под разными углами к его оси (конических сечений), строят 3D модели параболоидов, гиперboloидов, эллипсоидов и пр. (рис. 7).

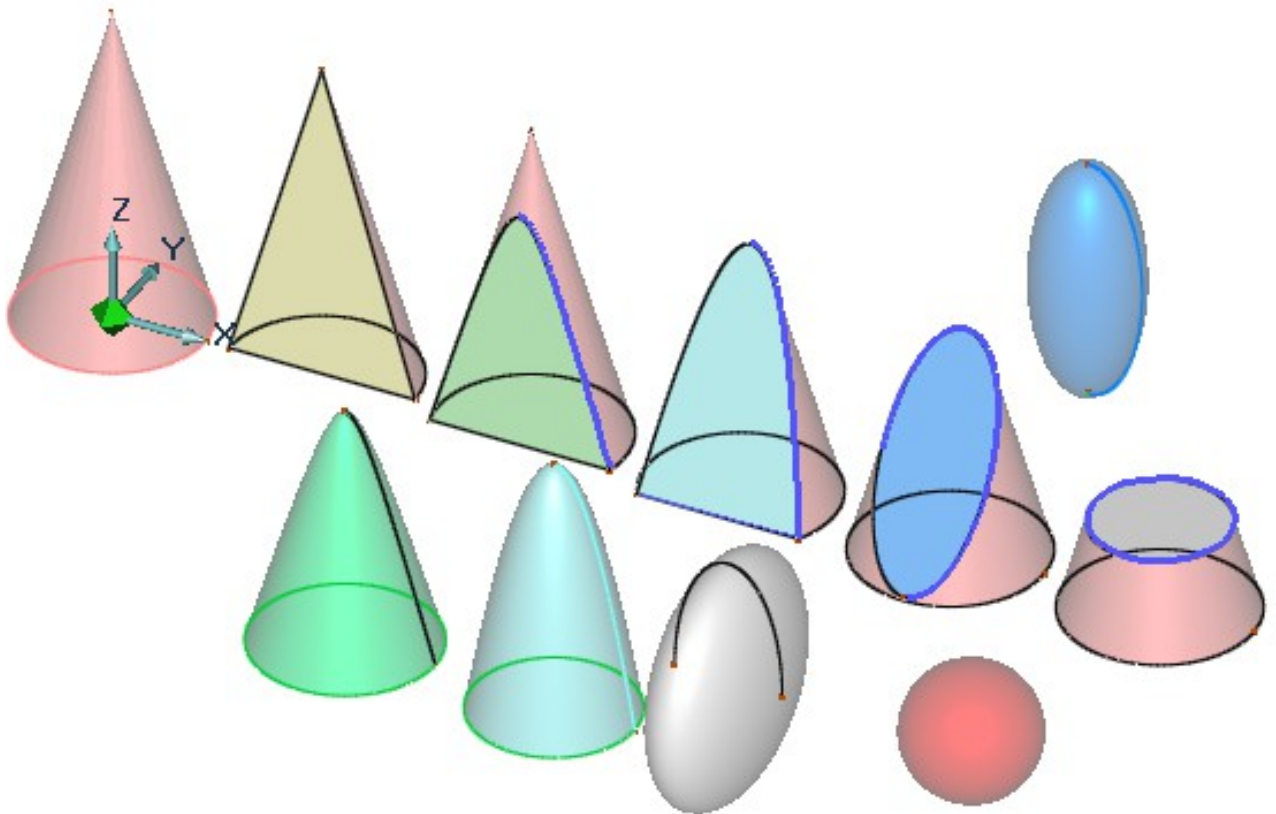


Рисунок 7- Конические сечения и 3D модели тел, полученных на их основе

На следующем этапе обучения студент осваивает возможности системы по автоматическому созданию 2D моделей (ортогональных и аксонометрической проекций на плоскости) по созданным им 3D моделям, приобретает опыт работы с 2D моделями (путем выполнения аффинных, булевых, неконформных преобразований на плоскости) для освоения правил, условностей и упрощений ГОСТов ЕСКД. Решает обратные задачи: создает 3D модели по ортогональным проекциям и по плоским контурам в рамках возможностей системы (рис.8).

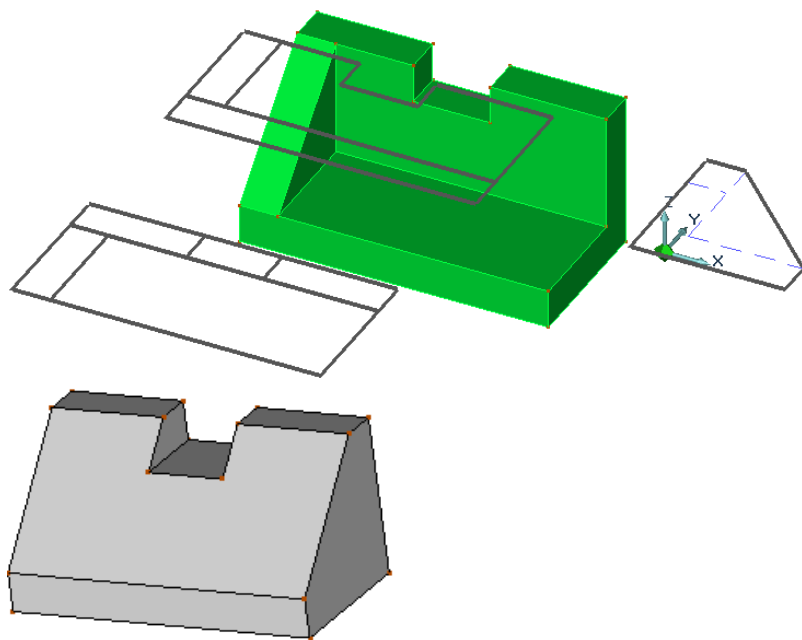


Рисунок 8 - Пример решение прямой и обратной задач

На основе приобретенных знаний и навыков в той же среде автоматизированного проектирования выполняет традиционные задачи геометрического и проекционного черчения (рис. 9).

Таким образом одновременно решается ряд задач: постепенное (с нуля) ознакомление с возможностями и последовательное приобретение навыков работы в среде современной интегрированной системы; оптимальное решение задач предметной области начертательной геометрии, в частности, развитие пространственного воображения, точное решение метрических и позиционных задач; достижение нового уровня графической подготовки за счет освоения приемов выполнения 3D моделей деталей с использованием параметрических моделей БЭФ, автоматизированное моделирование чертежей на плоскости с соблюдением правил ГОСТов ЕСКД и вывод их на печать, что значительно сокращает долю рутинной работы при создании технической документации.

Благодаря такой подготовке традиционные работы курса инженерной графики: "Соединение деталей и их изображение на чертежах" и "Эскизирование и построение рабочих чертежей деталей", выполняются студентами во втором семестре теперь быстрее и проще на основе использования базы параметрических (3D и 2D) моделей деталей крепежа и вновь созданной базы 3D параметрических моделей деталей редуктора (валов, зубчатых колес и их элементов, которыми являются зубья эвольвентного профиля, шлицы и пазы и пр.), когда чертежи (рабочие и сборочные) создаются по 3D моделям деталей и их сборок (рис.10, 11).

Содержание графических работ третьего и четвертого семестров может варьироваться в зависимости от выбранной студентом специализации. Например, будущие технологи осваивают конструкции приспособлений: по заданным чертежам и аксонометрическому изображению создают последовательно 3D модели деталей приспособлений и 3D сборку, по ней создают и оформляют сборочный чертеж и спецификацию. Затем, по созданным на кафедре механической обработки материалов в ходе выполнения лабораторных работ эскизам строят 3D модели режущего инструмента (резцов, сверл, фрез), тем самым пополняя базу 3D моделей инструмента. База режущего инструмента затем используется при моделировании в САЕ среде ANSYS поведения технологической системы при изучении процессов механической обработки резанием в пятом семестре. Для этого в четвертом семестре будущие технологи, в частности, создают 3D модели технологической системы (рис.12), а также совершенствуются в 3D моделировании сложных (ажурных) деталей, используемых в авиационном двигателестроении (рис.13).

Приобретая знания основ современного геометрического моделирования и освоив работу в среде САД модуля профессиональной системы среднего уровня, какой является ADEM 8.1, студенты, в частности, будущие конструкторы способны реализовать полученные знания в курсовом проектировании по "Деталям машин", где с использованием базы 3D параметрических моделей последовательно конструируют детали вертолетного редуктора, создают их 3D модели, 3D модели узлов (входного, промежуточного, выходного валов вместе с планетарной ступенью и корпусов) и 3D модель сборки конструкции в целом, по которой в автоматизированном режиме (как прежде) создают необходимую документацию: сборочный чертеж и спецификацию, а также рабочие чертежи деталей (рис. 14, 15, 16).

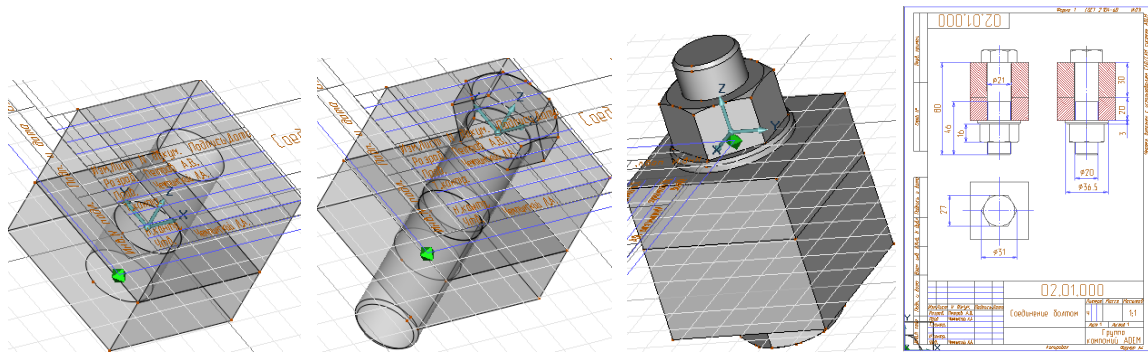
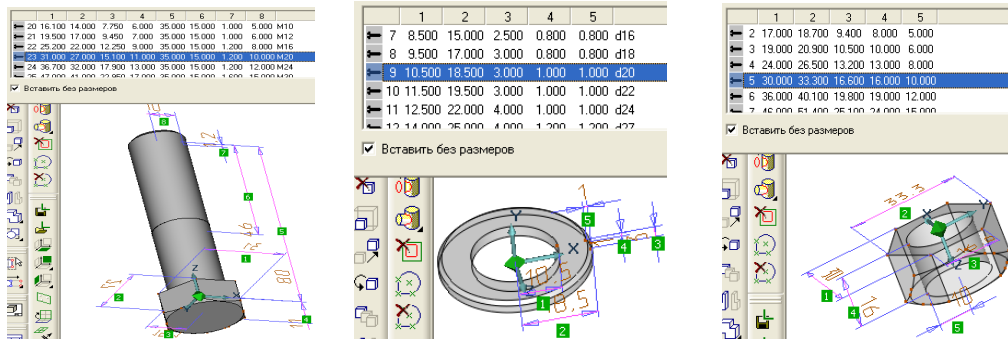


Рисунок 10 - 3D модель болтового соединения и чертёж, созданный на ее основе

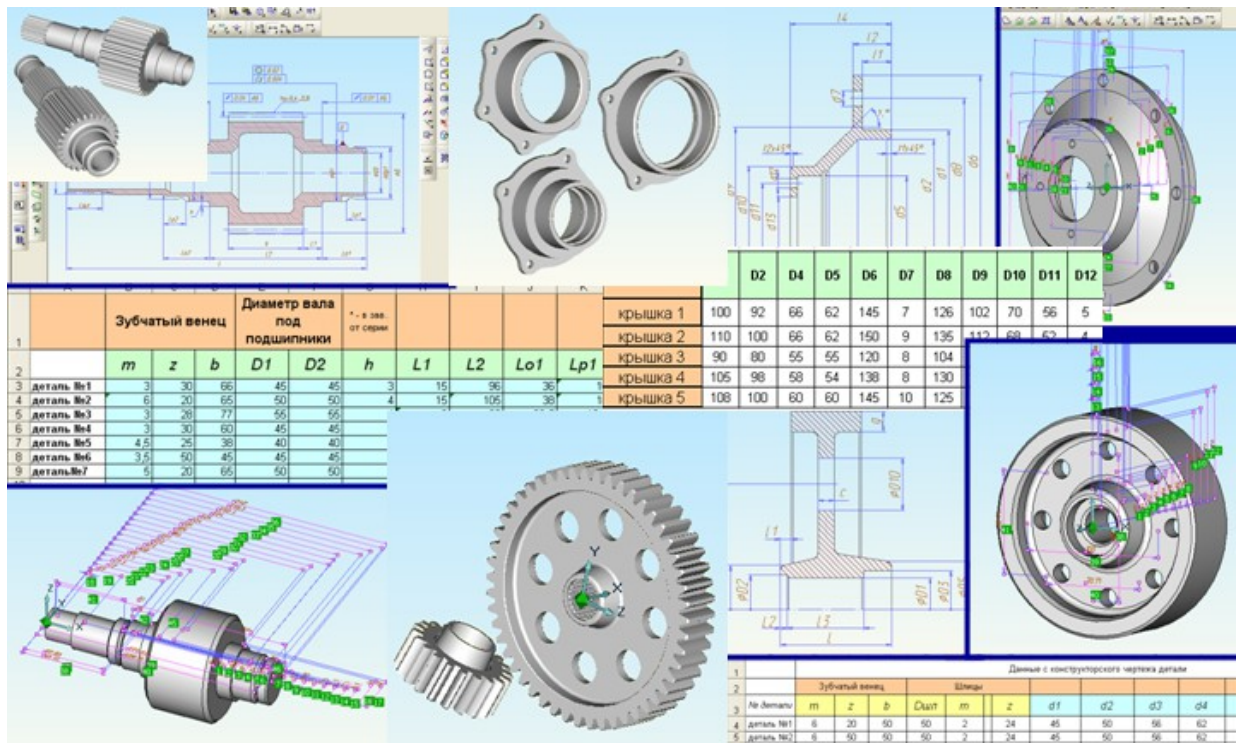


Рисунок 11 - 3D параметрические модели типовых деталей редуктора

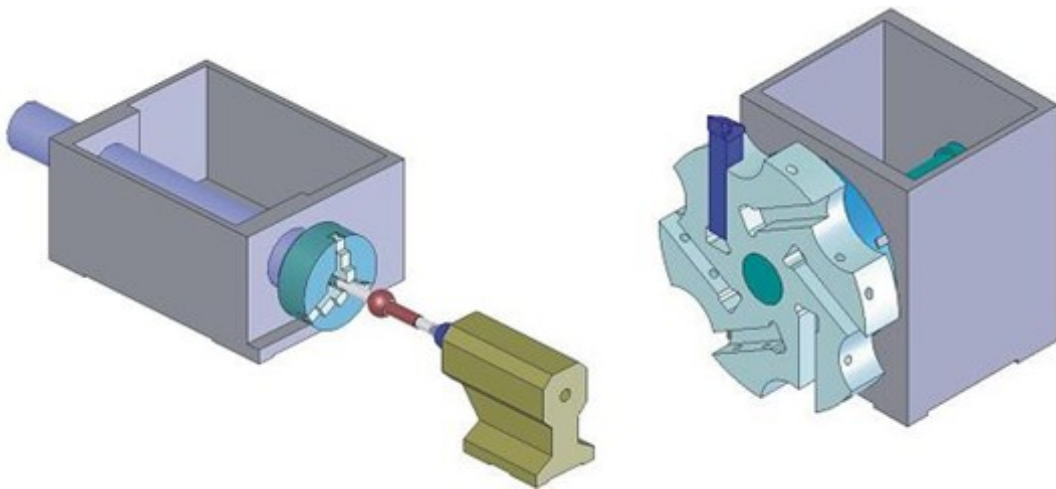


Рисунок 12 - 3D модели элементов технологической системы

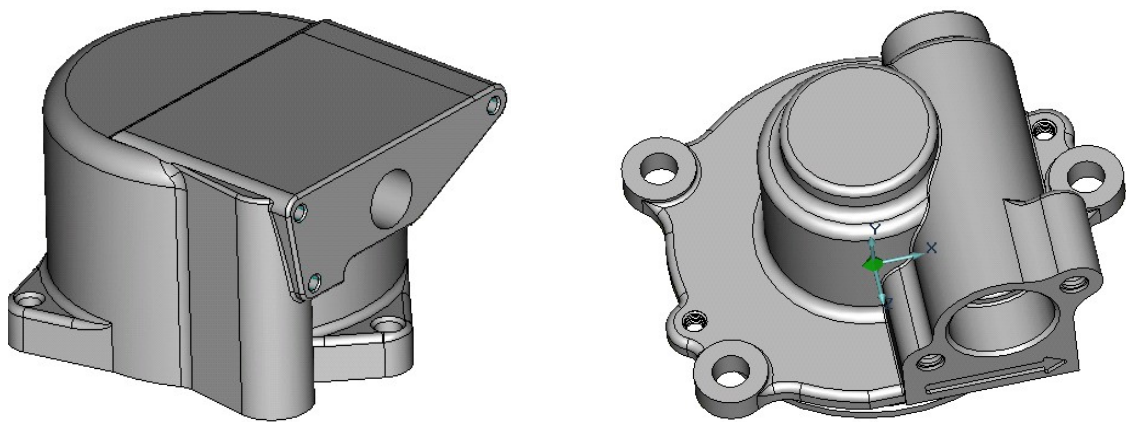


Рисунок 13 - 3D модели деталей ГТД

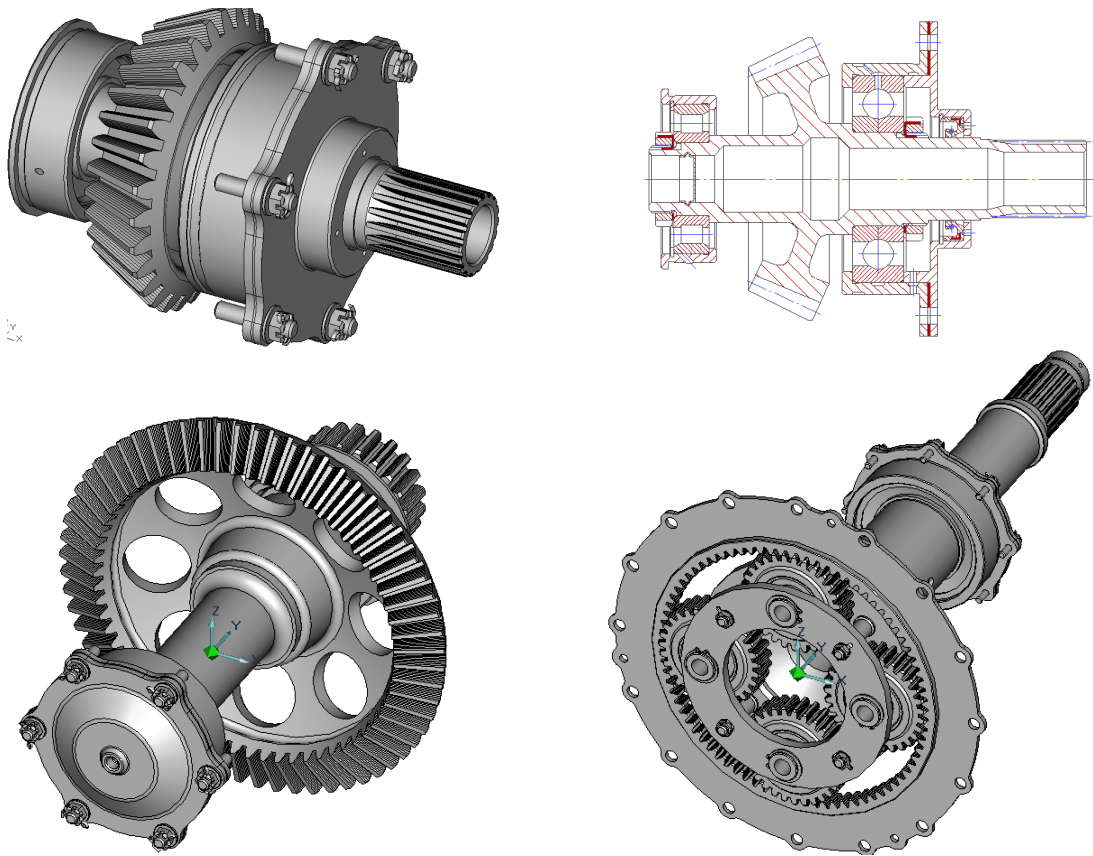


Рисунок 14 - 3D и 2D модели входного (вверху) и 3D модели промежуточного и выходного валов с планетарной передачей редуктора

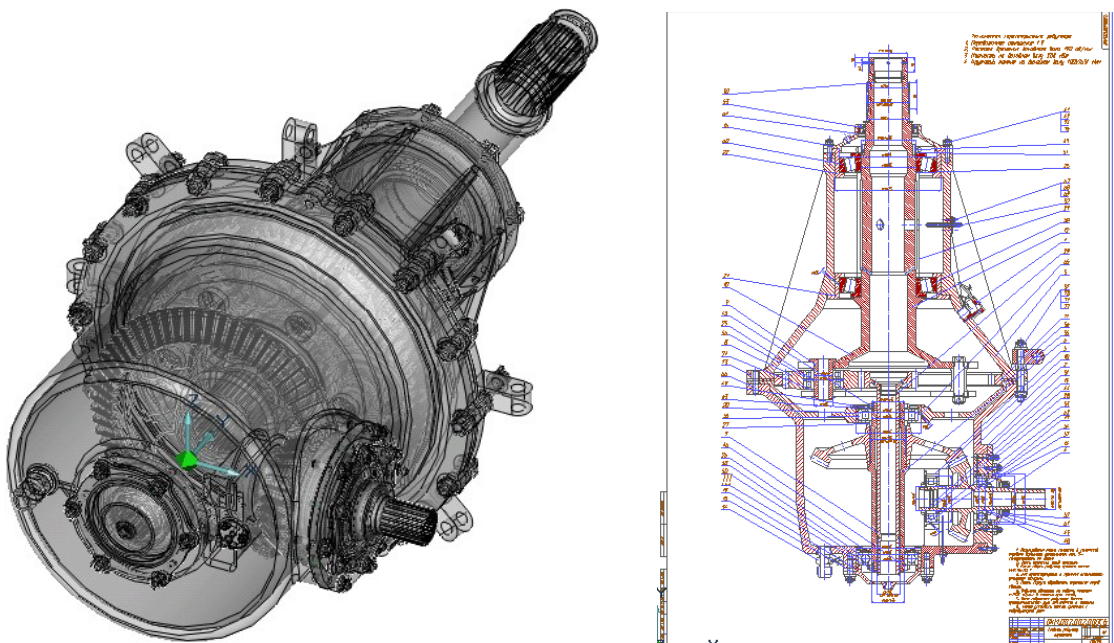


Рисунок 15 - 3D модель редуктора в сборе и созданный на ее основе сборочный чертеж

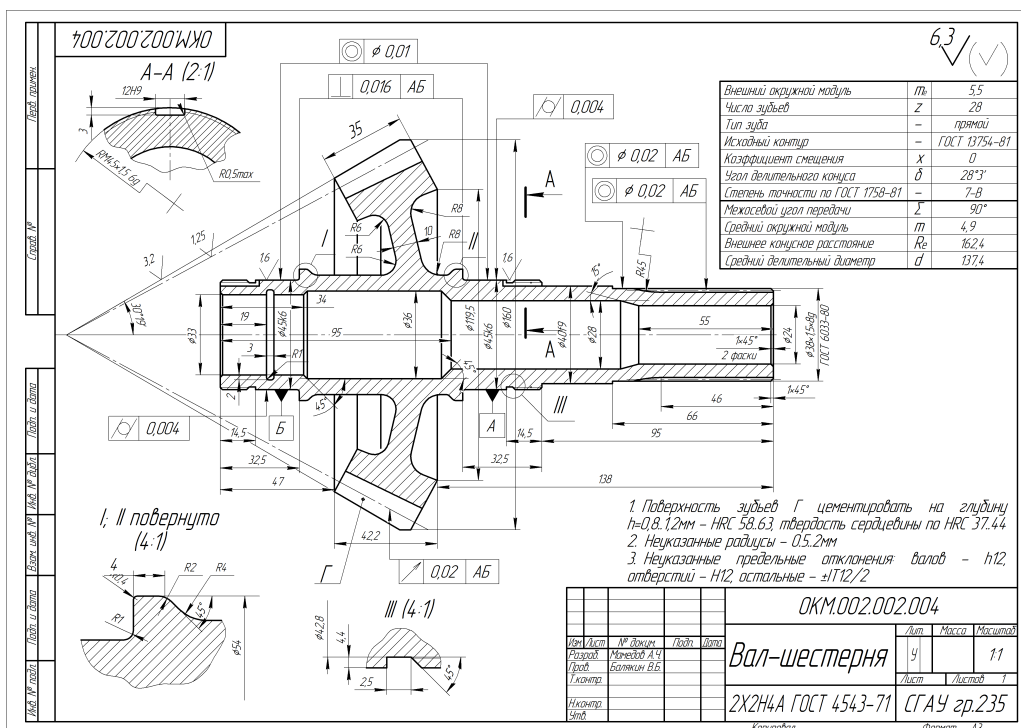


Рисунок 16 - Рабочий чертеж детали, созданный по 3D модели

Реализация такого подхода при подготовке конструкторов позволяет использовать 3D модели конструкций редукторов для инженерного анализа их функционирования в условиях эксплуатации в САЕ среде ANSYS путем моделирования силовых, тепловых и пр. нагрузок с целью оптимизации конструкции и назначения обоснованных технических требований к сборке редуктора и изготовления отдельных деталей и затем - на четвертом курсе - на основе прототипов газотурбинных двигателей в виде созданной базы 3D моделей выполнить восемь курсовых работ каждым студентом по проектированию и конструированию отдельных систем ГТД. Дипломное проектирование в этом случае предполагает решение нестандартных, прорывных задач по оптимизации конструкции, связанных, в частности, с созданием параметрических 3D моделей деталей в различных интегрированных системах, например, в Solid Works или SIEMENS NX, учитывающих газодинамические процессы и поведение деталей под действием эксплуатационных нагрузок (силовых, тепловых и пр.) путем моделирования их в системах инженерного анализа (САЕ системах).

Приобретенные знания и навыки работы с 3D моделями будущими технологами позволяют им, как уже было отмечено, в пятом и последующих семестрах при изучении процессов механической обработки резанием в ходе выполнения лабораторных работ в среде САЕ системы ANSYS последовательно моделировать, анализировать и оптимизировать условия закрепления заготовки в приспособлении, процессы взаимодействия заготовки и инструмента, поведение технологических систем в целом; моделировать формообразующую оснастку для получения заготовок литьем и штамповкой, анализировать и оптимизировать процессы формообразования заготовок (в среде ProCast и DeFORM); используя возможности CAPP модуля системы ADEM создавать автоматизированные места технолога путем формирования 3D баз оборудования, режущего, формообразующего и мерительного инструмента, материалов

заготовок, режимов обработки, и пр., проектировать разнообразные технологические процессы изготовления деталей с использованием, в частности современного оборудования с ЧПУ, в том числе штамповкой, механической обработкой резанием, электрофизической обработкой на электроэрозионных станках, лазерной и проволоочной резки и пр. с автоматическим выводом комплекта технологической документации на печать; в среде САМ модуля системы ADEM проектировать процессы обработки на оборудовании с ЧПУ, путем автоматизированного составления управляющих программ для современных малогабаритных и полноразмерных станков, их симуляции и верификации (в том числе в среде VeriCAD и IMSpot); производить контроль деталей в процессе из изготовления на станке и вне станка по 3D модели детали и использованием современных контрольно-измерительных машин.

Знания, полученные в ходе выполнения лабораторных работ, позволяют выполнить курсовой проект по проектированию технологических процессов изготовления различных деталей ГТД, в том числе групповых технологических процессов на основе сквозного использования параметрических 3D моделей типовых деталей, а также реализовать дипломное проектирование под задачи базового предприятия, в частности разработать и оптимизировать современный технологический процесс, оптимизировать выбор оборудования, инструмента и режимов обработки по экономическому критерию, создать, оптимизировать, отладить управляющие программы и реализовать изготовление новых, необходимых производству деталей на оборудовании с ЧПУ последнего поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков, А.В. ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механообработка. / А.В. Быков, В.В. Силин, В.В. Семенников, В.Ю. Феоктистов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. –320 с.
2. Быков А.В., Колывагин М.А. ADEM. Руководство пользователя. – М: Omega Technologies Ltd., 1997.
3. Компьютерные чертежно-графические системы для разработки конструкторской и технологической документации в машиностроении: Учеб. Пособие для нач. проф. образования ,А.В.Быков, В.Н.Гаврилов. Л.М.Рыжкова и др.; Под ред. Л. А. Чемпинского. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. -224с.
4. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоёмких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмин. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 320 с.
5. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: - Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 336 с.