

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ НА ОСНОВЕ СКВОЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CAD/CAM/CAE СИСТЕМ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

©2011 А. В. Балякин, А. И. Ермаков, Н. Д. Проничев, Л. А. Чемпинский

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

В статье рассмотрена реализация современной методики подготовки квалифицированных специалистов для авиационного двигателестроения на основе сквозного использования CAD/CAM/CAE систем. В частности, изложены этапы графogeометрической подготовки студентов, конструкторского и технологического проектирования деталей авиационных двигателей.

Подготовка специалистов, CAD/CAM/CAE системы, 3D модель, параметрическая модель, конструкторское проектирование, технологическое проектирование.

Основной тенденцией в современном авиадвигателестроении является повышение коэффициента полезного действия ГТД за счет улучшения рабочих параметров входящих в конструкцию узлов, снижение материало- и энергоемкости. При этом существенное значение имеют сроки разработки, ее качество и стоимость. Чтобы соответствовать требованиям рынка, процесс технической подготовки производства необходимо рассматривать в комплексе как систему взаимосвязанных организационных, конструкторских, технологических и расчетных мероприятий, обеспеченных информационной поддержкой на всех стадиях проекта.

Переход на подготовку специалистов, способных работать в новых условиях, связан с необходимостью формирования нового мышления. Эта необходимость диктуется особенностями современного проектирования на основе 3D моделей деталей и узлов изделия, сквозного параметрического моделирования, работой с базами данных и пр. Особое место следует уделить вопросу обучения 3D моделированию, так как объемная модель становится основным носителем информации о геометрии изделия и отодвигает традиционный плоский чертеж на второй план. Кроме того, переход на проектирование с использованием 3D моделей позволяет качественно значительно улучшить уровень подготовки специалиста.

Современный газотурбинный двигатель является сложным техническим объектом. Специалист, способный спроектиро-

вать, разработать конструкцию, организовать процесс производства ВРД с использованием современного оборудования и технологий, способен, по нашему мнению, работать в любой другой области технических знаний.

Методика сквозной подготовки разработана, опробована и в полной мере используется при проведении лабораторных и выполнении графических работ, а также курсовых и дипломных проектов в процессе осуществления учебного процесса на факультете «Двигатели летательных аппаратов» ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет)».

Каждый студент факультета в течение четырех семестров проходит первый этап: графogeометрическую подготовку. Глубина конструкторской, технологической и организационной подготовки затем осуществляется в соответствии с выбранной студентом специальностью или специализацией.

Графogeометрическая подготовка

Традиционно обучение в техническом вузе связано с вопросами создания технической (конструкторской и технологической) документации для изготовления деталей, узлов и изделий. Создание такой документации возможно при наличии у специалиста развитого пространственного мышления, опыта решения позиционных и метрических задач, знаний правил, условностей и упро-

щений в соответствии с требованиями действующих стандартов для создания технической документации, понимания принципов функционирования прикладных программ, их классификации и возможностей использования, устойчивых навыков работы в диалоге 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.

Для проведения каждого из практических занятий на кафедре инженерной графики подготовлены оригинальные методические материалы. Они состоят из отпечатанных методических указаний по выполнению самостоятельной в присутствии преподавателя 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.

В первом семестре студенты изучают начертательную геометрию, 3D моделирование: визуализацию заданных геометрическими параметрами базовых элементов формы (БЭФ) (рис. 1); отображение 3D моделей на плоскости проекций, аффинные, топологические, логические преобразования (рис. 2 - 4); способы пространственного решения позиционных и метрических задач; аффинные, топологические, логические преобразования базовых графических элементов на

плоскости; геометрическое черчение; 3D моделирование по чертежу (рис. 5); решение задач по циклу 2D–3D–2D (рис. 6); проекционное черчение с построением 3D моделей деталей и выводом на печать.

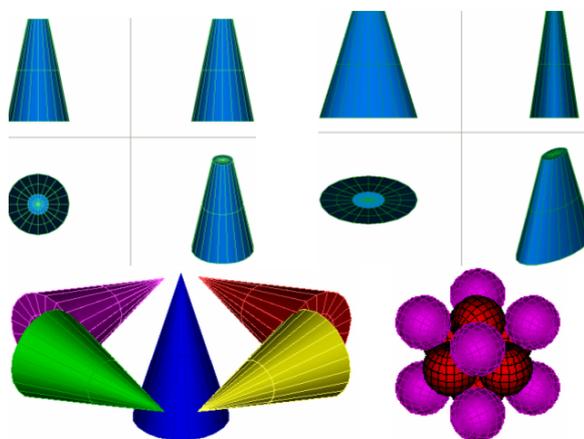


Рис.2. Аффинные преобразования БЭФ

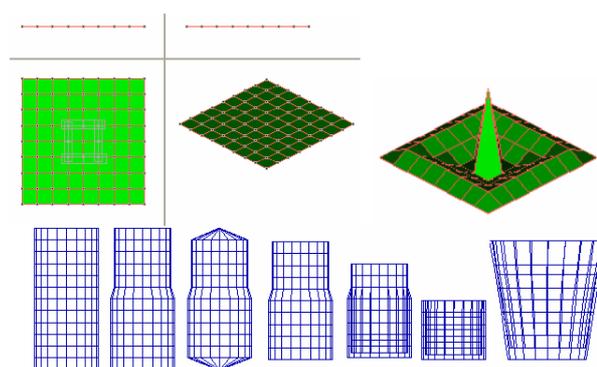


Рис.3. Топологические преобразования БЭФ

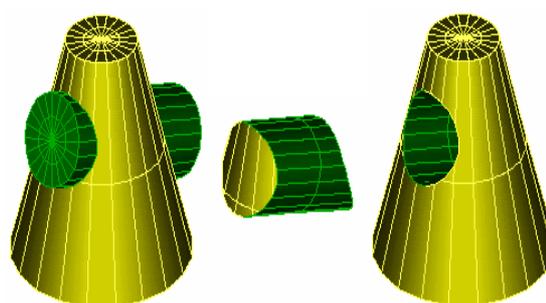


Рис. 4. Булевы операции с БЭФ

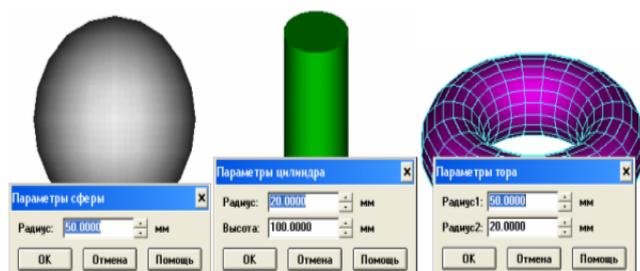


Рис.1. Визуализация БЭФ

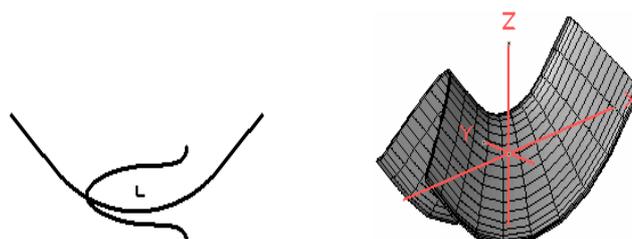


Рис.5. 3D моделирование по чертежу

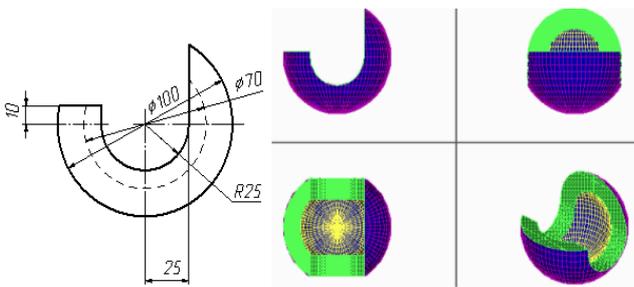


Рис. 6. Построение проекций полый сферы с вырезом

Первая работа второго семестра – «Плоская параметризация». Она включает в себя изучение тем: возможности и особенности CAD систем по созданию параметрических моделей; создание параметрических моделей деталей крепежа. Вторая работа – «Условности машиностроительного черчения» включает в себя темы, работы по которым выполняются на компьютере после выполнения эскизов на бумаге в клетку с использованием параметрических баз крепежных деталей: соединения болтом, шпилькой, винтом, шпонкой, сваркой, заклепками, соединения труб и шлицевые, а также передачи зубчатые (рис. 7).

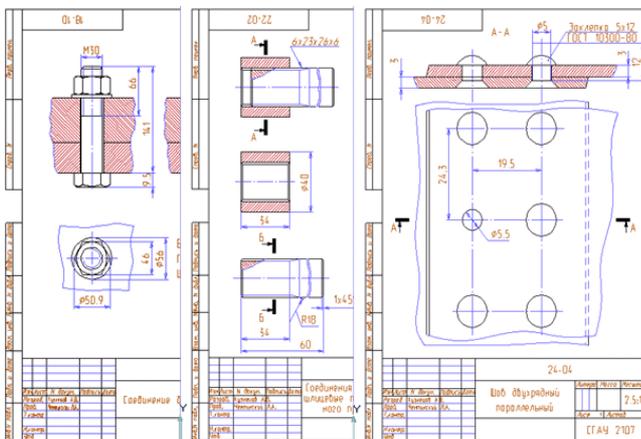


Рис. 7. Чертежи соединений деталей

Третья работа – «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, затем по проверенным преподавателем эскизам создают 3D модели деталей и составляют компьютерные рабочие чертежи и технические рисунки (рис. 8).

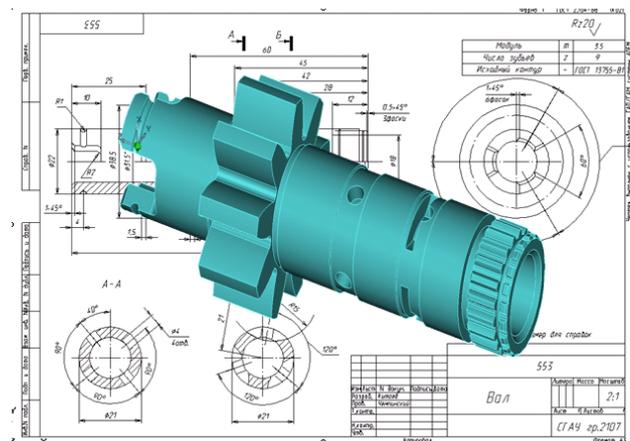


Рис. 8. 3D модель и чертеж детали

В третьем семестре студенты традиционно изучают тему: «Составление сборочного чертежа 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 студенты создают комплекты электронной документации на отдельные детали. Комплект содержит компьютерные чертежи оригинальных деталей, изображения для составления сборочного чертежа, а также объемные модели этих деталей. На базе созданных комплектов составляют спецификацию и сборочные чертежи. Комплекты электронной документации представляют собой базу данных, которая может быть использована в учебном процессе специальных и выпускающих кафедр.

В четвертом семестре студенты строят 3D модели станочных приспособлений (рис. 9) по 3D моделям деталей, составляют рабо-

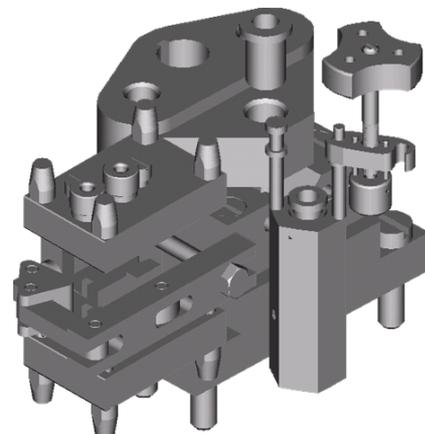


Рис. 9. 3D модели приспособлений

чие чертежи деталей по 3D моделям сборки, чтение чертежа общего вида и выполнение по нему на компьютере рабочих чертежей деталей. Содержание последнего семестра направлено на стыковку графогеометрической подготовки с конструкторским проектированием, осуществляемым на кафедре «Основы конструирования машин».

Конструкторское проектирование

Конструкторской подготовке предшествует освоение в IV семестре расчетов методом конечных элементов в среде ANSYS (в рамках информационной подготовки).

Расчет и конструирование редукторов осуществляется на кафедре «Основы конструирования машин» в V и VI семестрах, где все студенты выполняют индивидуальные задания в виде компьютерных рабочих чертежей входящих в конструкцию деталей, а также сборочных чертежей. Одновременно с этим будущие конструкторы (т.е. часть студентов) создают индивидуально 3D модели деталей и сборок редукторов (рис. 10), в том числе в виде анимации.

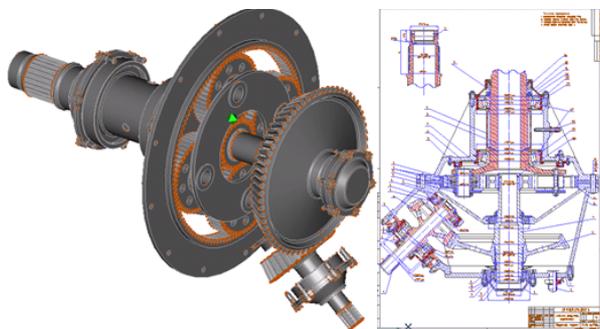


Рис. 10. 3D модель и сборочный чертеж редуктора

В течение VII и VIII семестров студенты - конструкторы учатся на кафедре «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов». По дисциплине «Динамика и прочность авиационных двигателей (АД) и энергетических установок (ЭУ)» студенты осваивают основы современных методов и моделей расчета напряженно-деформированного состояния и законы конструкционной прочности в элементах АД и ЭУ. Формируют знания, отличающиеся глубоким пониманием физики динамического поведения основных элементов и узлов АД и ЭУ и характеров влияния на него раз-

личных факторов. Осваивают компьютерные технологии проектирования, основывающиеся на интегрированном с CAD системами использовании конечно-элементного комплекса ANSYS и приобретают навыки его практического использования для расчета напряженно-деформированного состояния любых деталей и узлов АД и ЭУ с учетом реальных нагрузок и условий работы (рис. 11).

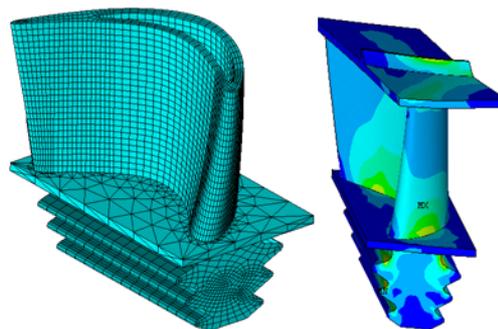


Рис. 11. Конечно-элементная модель лопатки и результат расчета на прочность

По заданию преподавателей кафедры студенты индивидуально последовательно проектируют 8-10 основных узлов ГТД на базе имеющихся типовых решений и, используя предварительно созданные базы данных авиационных ГТД, проектируют двигатель в целом (рис. 12, 13).

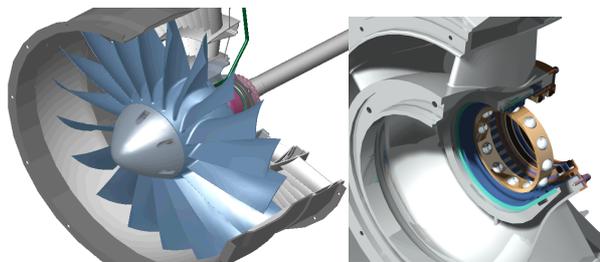


Рис. 12. 3D проектирование основных узлов

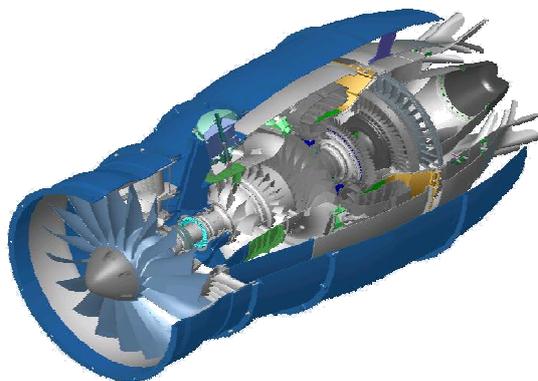


Рис. 13. 3D модель двигателя

Более детальная проработка конструкции осуществляется с использованием 3D параметрических моделей.

Дальнейшее (более углубленное) проектирование осуществляется конструкторами в IX и X семестрах с использованием средств кинематического, динамического и газодинамического анализа. При этом производится анализ перемещений и напряжений, возникающих в результате условий эксплуатации как отдельных деталей, так и в составе сборочной единицы. Следует подчеркнуть, что студенты не выполняют проверочных расчетов на прочность, а на базе параметрической САЕ модели выполняют оптимизацию, добиваясь минимальной массы конструкции.

На основе полученных знаний студенты при дипломном проектировании решают задачи на уровне квалифицированных специалистов ОКБ.

Технологическое проектирование

Технологическое проектирование в V и VI семестрах осуществляется силами кафедр механической обработки материалов и производства двигателей летательных аппаратов, где студенты - технологи изучают оборудование (в том числе с ЧПУ с использованием современных комплексных средств моделирования и верификации механической обработки), инструмент, режимы обработки современных конструкционных материалов; в курсе технологической оснастки моделируют условия работы станочных приспособлений и рассчитывают (используя МКЭ) нагрузки, испытываемые заготовками в процессе изготовления деталей, а также проектируют технологическую оснастку, используя базы данных информационно-поисковой системы.

В последующих семестрах будущие технологи осваивают методы автоматизированного проектирования маршрутных и операционных технологий, автоматизированного выпуска комплектов технологической документации (рис. 14).

В VIII семестре в курсе заготовительного производства студенты по 3D моделям деталей моделируют процессы получения заготовок (рис. 15,16).

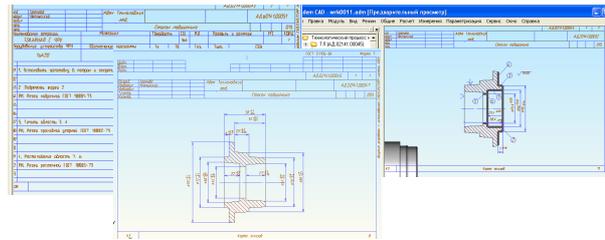


Рис. 14. Комплект технологической документации (фрагмент)

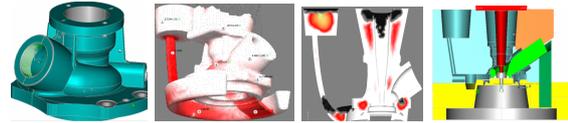


Рис.15 Модель детали, анализ процесса литья, модель оснастки

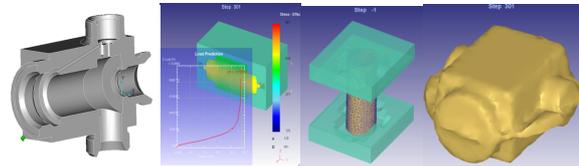


Рис.16. Модель детали, анализ процесса прессования, модель заготовки

В курсе основ заготовительного производства IX семестра студенты, в частности в автоматизированном режиме, проектируют разделительные штампы для получения заготовок из листового материала.

Разработке управляющих программ для станков с ЧПУ посвящены курсовые работы по САПР в X семестре. Студенты в интерактивном режиме в соответствии с индивидуальным заданием осуществляют процесс сквозного проектирования моторных деталей типа втулки со сложнофасонным фланцем (стаканы, переходники, втулки и т.п.) (рис. 17). Они последовательно по выданным бумажным чертежам осуществляют анализ технологичности детали, определяют этапы обработки, составляют маршрут, строят 3D модели деталей, 3D модели заготовок и путем автоматизированного определения КИМ в соответствии с заданной программой выпуска разрабатывают оптимальные способы получения заготовок. Затем, используя базу виртуальных моделей современного оборудования и инструмента, составляют управляющие программы для оборудования с ЧПУ, стремясь к оптимальному совмещению операций (рис. 18, 19).

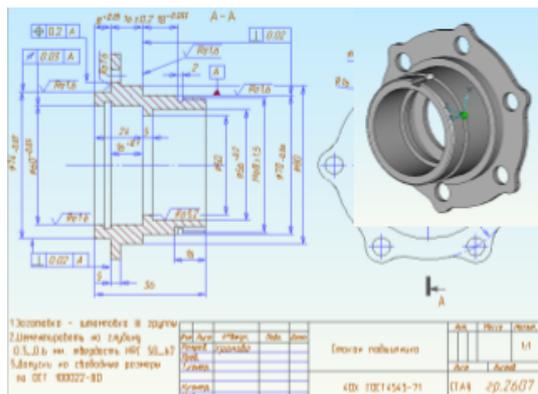


Рис. 17. Чертеж и 3D модель

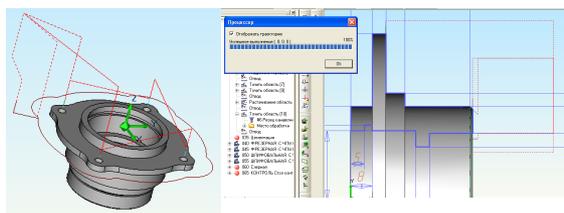


Рис. 18. Проектирование траекторий перемещения инструмента

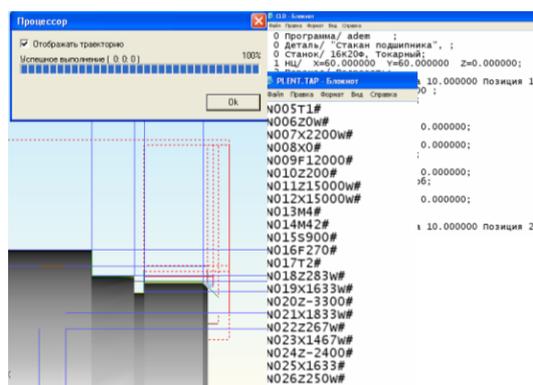


Рис. 19. Проектирование управляющих программ

Одновременно в курсе информационных технологий на лабораторных работах студенты изучают принципы и практику сквозной параметризации, вопросы проектирования и практического создания АРМ технолога, работу по концептуальному проектированию технологических процессов, вопросы автоматизированного контроля деталей по их 3D моделям (рис. 20) и пр.

На основе использования системного подхода последние 10 лет на факультете ведутся работы по совершенствованию сквозного курсового проекта, который охватывает пока основные выпускающие кафедры фа-

культета: теории двигателей, конструирования и проектирования двигателей летательных аппаратов и производства двигателей

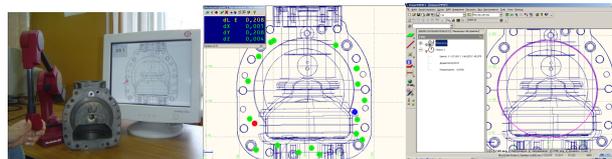


Рис. 20. Контроль геометрии детали по 3D модели

летательных аппаратов в среде единого информационного пространства (ЕИП). За это время проработаны все функциональные межкафедральные связи, построены IDFO модели, установлены серверы с программным обеспечением, которое находится в стадии отладки. В дальнейшем планируется использовать ЕИП всеми кафедрами факультета.

Существенное влияние на уровень подготовки специалистов оказывают учебные занятия в межкафедральном учебно-научно-производственном центре САМ технологий и лаборатории аддитивных технологий, которые созданы для инновационного развития специальностей, обеспечивающих сквозное использование CAD/CAE/CAM технологий, оснащены самым современным оборудованием и лицензионным программным обеспечением. Содержание занятий включает элементы научных исследований, направленных на создание студентами преимущественно в ходе дипломного проектирования новых технологических процессов изготовления заготовок и их высокопроизводительной обработки с использованием современного оборудования и средств контроля, их оптимизацию.

В результате такой подготовки наши выпускники уверенно чувствуют себя на предприятиях, ставящих задачи современного проектирования и новых подходов в изготовлении изделий (самарские ОАО «Кузнецов», «Авиаагрегат», «Электроцит», «Волгабурмаш», ОАО «Сатурн» г. Рыбинск и др.). Совместно с некоторыми из них осуществляется подготовка специалистов на контрактной основе.

SALES TRAINING METHODS BASED ON THROUGH THE USE OF CAD / CAM / CAE SYSTEMS FOR AERO ENGINES

©2011 A. V. Balyakin, A. I. Ermakov, N. D. Pronichev, L. A. Chempinsky

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov
(National Research University)

The article discusses the implementation of modern methods of training qualified specialists for the aircraft engine based on the through the use of CAD / CAM / CAE systems. In particular, sets out the stages of a geometric graph-student training, engineering and technological design of aircraft engine parts.

Training qualified specialists, aircraft engine, CAD / CAM / CAE systems, engineering design, technological design.

Информация об авторах

Балякин Андрей Владимирович, инженер ОНИЛ-1, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: a_balik@mail.ru. Область научных интересов: использование CAD/CAM/CAPP систем, подготовка специалистов.

Ермаков Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, декан факультета двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: fdla@ssau.ru. Область научных интересов: динамика и прочность двигателей.

Проничев Николай Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: pdla@ssau.ru. Область научных интересов: подготовка специалистов для инновационного машиностроения, ЭХО материалов.

Чемпинский Леонид Андреевич, кандидат технических наук, профессор кафедры производства двигателей летательных аппаратов. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: chempinskiy@mail.ru. Область научных интересов: использование CAD/CAM/CAPP систем при подготовке специалистов для инновационного машиностроения.

Balyakin Andrey Vladimirovich, engineer, Samara state aerospace university named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: a_balik@mail.ru. Area of research: the use of CAD / CAM / CAPP systems, training specialists.

Ermakov Alexander Ivanovich, doctor of technical science, professor, the decan of faculty of aviation engines, Samara state aerospace university named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: fdla@ssau.ru. Area of research: dynamics and durability of engines.

Pronichev Nikolai Dmitryevich, doctor of technical science, professor, Samara state aerospace university named after academician S.P. Korolyov (National Research University), department Engines production of the aircraft machines. E-mail: pdla@ssau.ru. Area of research: training for innovative engineering, ECM materials.

Chempinsky Leonid Andreevich, candidate of technical science, professor, Samara state aerospace university named after academician S.P. Korolyov (National Research University), department Engines production of the aircraft machines. E-mail: chempinskiy@mail.ru. Area of research: use CAD/CAM/CAPP of systems by preparation of experts for innovative mechanical engineering.