

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЕЙ В ИДЭУ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*А.И. Ермаков, Н.Д. Проничев, С.В. Фалалеев, Л.А. Чемпинский*

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва*

Современный газотурбинный двигатель является сложным техническим объектом. Специалист, способный спроектировать, разработать конструкцию, организовать процесс производства ВРД с использованием современного оборудования и технологий, способен, по нашему мнению, работать в любой другой области технических знаний.

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. Методика сквозной подготовки разработана, опробована и в полной мере используются при проведении практических занятий и лабораторных работ, а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ в процессе осуществления учебного процесса в институте авиационных двигателей и энергетических установок (ИДЭУ) Самарского университета. Каждый студент в течение четырех семестров проходит первый этап: геометро – модельную подготовку. Глубина конструкторской, технологической и организационной подготовки затем осуществляется в соответствии с выбранной студентом специальностью или специализацией.

**Геометро-модельная подготовка** студентов ИДЭУ, реализуемая на кафедре инженерной графики в течение четырёх семестров, является основной, базовой частью методики сквозного проектирования. Методика предполагает формирование современного специалиста, способного профессионально работать в среде различных систем автоматизированного проектирования, понимание им принципов функционирования прикладных программ,

их классификацию и возможности использования, приобретение устойчивых навыков работы в диалоге с системой [1].

Подготовка обеспечивает, в первую очередь, формирование у студентов первого курса, не владеющих основами черчения, развитое пространственное воображение и приобретение навыков работы с 3D моделями объёмных пространственных объектов для решения метрических и позиционных задач, традиционно рассматриваемых в курсе начертательной геометрии, в среде CAD/CAM/CAPP ADEM VX. Принципиально важное требование здесь – умение студентов создавать поверхностные и объёмные модели пространственных объектов, не пользуясь предварительно выполненными чертежами или эскизами, владение приёмами прямого редактирования геометрических объектов и их отдельных элементов. Важным требованием является также приобретение навыков построения по 3D моделям плоских (2D) моделей и развёрток, а также построение объёмной модели пространственного объекта по его 2D модели и выполнение на этой основе графических работ, традиционно реализуемых в разделе «Проекционное черчение».

Для приобретения навыков производительной и рациональной работы важным является обучение студентов приёмам создания и использования параметрических 3D моделей (3D ПРМ), поэтому работы второго семестра включают в себя изучение темы: «Возможности и особенности CAD систем по созданию и использованию параметрических моделей стандартных и типовых деталей». Созданные 3D ПРМ используются студентами при выполнении традиционных для курса инженерной графики графических работ: «Соединения деталей и их изображения на чертежах», «Эскизирование и составление чертежей деталей». В течение двух недель учебной практики студенты по индивидуальным заданиям с использованием 3D ПРМ типовых и стандартных деталей выполняют модульное конструирование 3D сборки трансмиссии редуктора вертолёта.

В третьем семестре студенты 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 доку-

ментации 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 востребована в учебном процессе специальных и выпускающих кафедр. Содержание четвертого семестра направлено на стыковку геометро-модельной подготовки с **конструкторским проектированием**, осуществляемым на кафедре «Основы конструирования машин» [2].

В 4, 5 и 6 семестрах студенты изучают специализированные пакеты, в которых проводится проектирование «виртуального» ГТД: АСТРА, NX, ANSYS, Fluent, TeamCenter [3]. Расчет и конструирование редукторов осуществляется на кафедре «Основы конструирования машин» в 5 и 6 семестрах, где все студенты выполняют индивидуальные задания в виде компьютерных рабочих чертежей деталей, входящих в конструкцию, а также сборочных чертежей. Одновременно с этим будущие конструкторы (т.е. часть студентов) создают индивидуально 3D модели деталей и сборок редукторов, реализуют прочностной анализ в CAE среде.

Перед началом 6 семестра формируется задание на сквозной групповой курсовой проект (СГКП). Задание разрабатывается кафедрой конструкции и проектирования двигателей и согласовывается с преподавателями кафедр теории двигателей, теплотехники, автоматизированных систем и технологий производства двигателей. В 6 семестре формируются бригады студентов и назначаются главные конструкторы. Более сильным коллективам в качестве задания выдается новый двигатель, не имеющий прототипа. В курсе «Конструктивные схемы АД и ЭУ» в течение первых двух недель 6 семестра студентам выдаются конкретизированные задания. Здесь же в рамках проектной работы студенты прорабатывают возможные конструктивные схемы двигателей.

В 6 семестре в курсе «Теория, расчет и проектирование АД и ЭУ» каждой бригадой студентов проводится термогазодинамическое проектирование одного двигателя с разными параметрами (возможно – разного назначения). В конце семестра на конкурсной основе выбирается облик двигателя для дальнейшей проработки. В 7 семестре в курсе «Теория, расчет и проектирование

АД и ЭУ» каждая бригада студентов работает над одним двигателем, но рассчитываются разные режимы работы двигателя, разные законы регулирования, разные характеристики (этим обеспечивается индивидуальность задания). Рассчитываются неустановившиеся режимы, разгон двигателя необходимо связать с законом подачи топлива. Студенты проектируют проточную часть всего двигателя.

Термогазодинамические расчеты многоступенчатых компрессоров и турбин студенты выполняют в течение первого месяца 7 семестра. В курсе «САПР» в 6 семестре студенты по шаблону создают дерево для PDM-модели создаваемого двигателя, которая в дальнейшем в каждом семестре наполняется выполненными работами и моделями. В курсе теории и расчета лопаточных машин в 7 семестре студенты получают проточные части своих каскадов в 3D. При этом проводится оптимизация только отдельных ступеней. В курсе «Основы конструирования АД и ЭУ» в 7 семестре студенты определяют предварительные геометрические размеры камеры сгорания, лопаток с хвостовиками и дисков. В курсе «Динамика и прочность АД и ЭУ» в 7 семестре студенты осваивают расчет динамики ротора.

В курсе «Конструирование основных узлов и систем АД и ЭУ» в 8 семестре в проектных работах студенты получают предварительные CAD-модель ротора и CAD-модели узлов двигателя. Технология выполнения проектных работ: первый уровень сложности по всем исследуемым узлам, углубленный уровень по одному из узлов (по согласованию с преподавателем).

В курсе «Вибрация и прочность АД и ЭУ» в 8 семестре студенты оптимизируют лопатку для своего узла при совместном рассмотрении деформационных и вибрационных процессов в лопатке, а также течения газа в проточной части ступени. После 8 семестра в процессе 2-ой технологической практики студенты оптимизируют диск своего компрессора или турбины. В 8 и 9 семестрах в курсе «Моделирование процессов в камере сгорания» студенты получают CAD/CAE-модели камеры сгорания и проводят исследование процессов в ней.

В 9 семестре в курсовом проекте по курсу «Конструирование основных узлов и систем АД и ЭУ» студенты проводят проектирование конструкции всех узлов двигателя и оценивают динами-

ку роторов. В 9 семестре в курсе «Автоматика и регулирование АД и ЭУ» студенты формируют облик системы топливопитания, облик системы регулирования, перечень агрегатов. Для создания модели системы управления в рамках НИР и выполнения магистерских диссертаций подключаются магистранты.

В 9 семестре в курсе «Надежность АД и ЭУ» студенты создают модель оценки ресурса двигателя. В 9 семестре в курсе «Интегрированные информационные технологии» и в 10 семестре в курсе «Индивидуальная компьютерная подготовка» студенты создают 3D-модели узлов двигателя и его компоновку.

В 10 семестре в курсе «Инновационные технологии производства АД и ЭУ» производится проектирование технологического процесса изготовления отдельных деталей и проектирование технологии сборки ротора. Здесь же подключаются магистранты технологической специализации, которые в рамках НИР и магистерских диссертаций разрабатывают техпроцессы изготовления наиболее ответственных деталей двигателя. В 10 семестре в курсе «Проектирование силовых установок» студенты завершают создание «виртуального» ГТД. Лабораторные работы в этом курсе носят исследовательский характер и интегрированы в сквозной курсовой проект. Технология выполнения исследовательских лабораторных работ: первый уровень сложности по всем исследуемым узлам, углубленный уровень по одному из узлов (по согласованию с преподавателем).

**Технологическое проектирование** в 5 и 6 семестрах осуществляется силами кафедры технологий производства двигателей, 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 комплек-

тов технологической документации. В 8 семестре в курсе заготовительного производства студенты по 3D моделям деталей моделируют процессы получения заготовок. В курсе основ заготовительного производства 9 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 10 семестре. Студенты в интерактивном режиме в соответствии с индивидуальным заданием осуществляют процесс сквозного проектирования моторных деталей типа втулки со сложно-фасонным фланцем (стаканы, переходники, втулки и т.п.). 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.

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.

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, направлено на создание студентами новых технологических процессов изготовления заготовок и их высокопроизводительной

обработки с использованием современного оборудования и средств контроля, их оптимизацию.

### **Выводы**

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

### **Библиографический список**

1. Ермаков А.И., Чемпинский Л.А. Роль объемного моделирования в подготовке специалистов для инновационного машиностроения// Вестник СГАУ. №3 (34). Ч.2, 2012. С.372-380.

2. Балякин А.В., Ермаков А.И., Проничев Н.Д., Чемпинский Л.А. Реализация методики подготовки специалистов на основе сквозного использования САД/САМ/САЕ систем для авиационного двигателестроения// Вестник СГАУ. 2011. №3. Часть 2. С. 323-329.

3. Ермаков А.И., Фалалеев С.В., Новиков Д.К. Сквозное обучение средствам проектирования авиационных двигателей и энергетических установок// Материалы международной аэрокосмической школы, Алушта. М: МАИ, 2009. С.97-99.

## **РОЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ В ТРУДОУСТРОЙСТВЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗА**

*В.А. Зеленский, А.А. Сушин*

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева*

Проблема профессиональной адаптации выпускников вуза рассматривается с различных точек зрения менеджерами по пер-