

СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРОВ-КОНСТРУКТОРОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Старцев Н.И., Ермаков А.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Сложившаяся в советское время система подготовки специалистов для промышленности предусматривала участие в этом процессе базовых предприятий, где студенты проходили производственную и преддипломную практики, а также предприятий, на которые выпускники распределялись и где проходила их адаптация к выбранной деятельности, а если конкретнее - доучивание и окончательное формирование как специалистов.

В настоящий период времени в силу наличия острейших кадровых проблем ведущие ОКБ авиационной промышленности нуждаются в притоке таких молодых специалистов, которым не требуется доучивание. Отсюда вытекает новая задача в подготовке специалистов: они должны обладать такими навыками проектирования, которые позволяли бы им после прихода в коллектив ОКБ самостоятельно и с высокой производительностью выполнять проектные работы.

Понятны сомнения в реальности решения этой проблемы. Однако, опыт подготовки инженеров-конструкторов авиационных двигателей по специализации 130215 "Компьютерные технологии проектирования, конструирования и производства" на факультете № 2 Самарского государственного аэрокосмического университета открывает определенные перспективы в этом деле.

Любая система обучения только тогда может считаться эффективной, если в итоге дает запланированный конечный результат. В нашем случае, конечный результат - это требование стандарта специальности: студент должен уметь проектировать авиационный воздушно-реактивный двигатель (ВРД) и его элементы. Это требование стандарта специальности венчает собой изучение фундаментальных дисциплин (математика, физика, теоретическая механика, гидрогазодинамика, теплопередача) и специальных дисциплин: теория ВРД, теория лопаточных машин, динамика и прочность ВРД, проектирование и конструирование ВРД. К этим дисциплинам примыкают курсы по надежности ВРД, испытаниям двигателей, САПР двигателей и др. Важную роль играют дисциплины гуманитарного цикла и экономические науки.

Подчинить этот спектр дисциплин, предусмотренных в учебном плане, единой цели, как показывает практика, дело непростое. С этой проблемой сталкивается высшая школа многих высокоразвитых стран при формировании системы обучения инженеров, в частности, инженеров для авиационно-космического комплекса.

Опыт подготовки инженеров- конструкторов для авиационного двигателестроения

Действительно, нужно связующее начало, которое бы четко определяло вклад каждой дисциплины в конечный результат обучения. Как показал наш и зарубежный опыт подготовки инженеров авиационного профиля, таким притягательным ядром стало обучение проектированию.

Проектирование - это процесс принятия решения, в котором фундаментальные и технические науки находят приложение для достижения поставленных целей (например, для создания проекта авиадвигателя). Основными этапами этого процесса являются формирование целей и критериев оценки, синтез решения, анализ решения, детальная разработка проекта, испытание и оценка.

Оказалось, что наилучшим способом обеспечить понимание взаимодействия наук, которые они изучают в отдельности, является обучение проектированию. Так в США с середины 70-х годов это стало основным принципом, по которому строились программы авиационно-космического образования. Обучение проектированию и у нас стало как бы стержнем в учебной программе основной дисциплины "Проектирование и конструирование ВРД", изучением которой заканчивается формирование инженера-конструктора. Программы всех остальных дисциплин должны строиться на подчинении конечному результату - формированию навыков проектирования.

Осознание необходимости именно такого подхода к построению процесса обучения заняло около десяти лет.

Началось все с 1985 г., с формирования структуры и содержания обучения по комплексной программе Минвуза РСФСР "Целевая интенсивная подготовка студентов" (ЦИПС), которая предусматривала подготовку инженеров с повышенным творческим потенциалом. Анализ существующего основного лекционного курса "Конструкция и проектирование ВРД" и других видов занятий показал их несоответствие поставленной задаче.

В этой связи за период 1985-1992 г.г. были сделаны необходимые шаги по изменению процесса обучения.

Обеспечена непрерывность конструкторской подготовки студентов на кафедре конструкции и проектирования двигателей: студенты начинают обучение в 6-м семестре и заканчивают в 11-м семестре выполнением дипломного проекта.

Пересмотрен и расширен лекционный курс "Конструкция и проектирование ВРД": введен раздел "Основы проектирования ВРД", вместо описательного подхода возобладал принцип обучения проектированию всех узлов двигателя и его систем. Объем курса увеличился в 1,5 раза. Лабораторные работы по изучению и анализу конструкции

двигателей стали проводиться по индивидуальным занятиям с значительно расширенным кругом изучаемых вопросов, вместо общего задания для всей учебной группы.

Введено новое упражнение по приобретению навыков проектирования - проектные домашние работы. Суть которых состоит в том, чтобы изменяя исходную конструкцию узла ВРД по заданию преподавателя и проводя расчеты на прочность, студент обретал уверенность в своих возможностях выполнить любое проектное задание. Таких работ - восемь (по числу основных узлов), и вместе они составляют курсовую работу.

Осуществлен переход на групповое курсовое проектирование. В отличие от существовавшего оно предусматривает создание проекта не отдельного гипотетического компрессора или турбины, а проекта всего двигателя рабочей группой из 3-х студентов. Это очень эффективный вид обучения, т.к. позволяет:

- моделировать обстановку и взаимодействие членов рабочей группы при проведении проектных работ в ОКБ;
- довести проектирование до конечного результата - проекта двигателя;
- получить навыки проектирования всех узлов и двигателя в целом;
- повысить ответственность каждого члена рабочей группы за результаты и сроки выполнения своей работы.

В 10-м семестре выполняется проектное задание в рамках индивидуальной конструкторской подготовки: это или проектная задача, выполняемая по заказу отдела ОКБ, или исследовательская работа. Основная цель - представление выполняемого исследования или проекта в форме плаката для публичной защиты.

В рамках изучения дисциплины "Конструкция и проектирование ВРД" проводится 1-ая конструкторско-технологическая практика (после 6-го семестра), 2-ая конструкторско-технологическая практика (после 8-го семестра) и преддипломная практика.

Если добавить к этому, что в группу отбирались студенты по двум критериям: успехи в учебе и личное желание, то можно не оспаривать итог работы по программе ЦИПС - был сделан решительный поворот к повышению качества обучения проектированию, была создана система обучения.

Основой этой системы стали следующие принципы:

- прочность усвоения материала при решении задачи накопления знаний и создание условий для творческой деятельности студентов;
- многократность повторения учебного материала в разных формах как основа формирования навыков проектирования;
- грамотное выполнение любой проектной процедуры (создание компоновки, разработка крепежа, рисунка, расчеты на прочность и т.д.) как основное условие достижения высокой квалификации;

- обеспечение высокого уровня работ, выполняемых студентами при обучении проектированию, т.к. низкий уровень исполнения не способствует приобретению профессиональных навыков.

Эту систему обучения по достоинству оценил основной заказчик таких специалистов - Генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов - в 1991 г. базовое предприятие СНТК "Труд" заключило со студентами группы ЦИПС контракты, по которым студентам гарантировалась работа в ОКБ и 30-ти процентная надбавка к стипендии в течение последних 2,5 лет учебы.

В 1994 г. наработки по подготовке конструкторов авиадвигателей по программе ЦИПС слилась с идеями компьютерной технологии проектирования.

Компьютерная технология проектирования ВРД впитала в себя все достижения современной науки, позволяющие более точно моделировать процессы, происходящие в двигателе, формировать уточненные модели теплового, силового и вибрационного нагружения деталей. Все это обеспечивает достижение уже на первых экземплярах двигателя нормативных запасов прочности и показателей надежности, получение близких к заявленным значений КПД и удельного расхода топлива, что сокращает сроки и стоимость доводочных работ.

Конструкторские бюро зарубежных и наших отечественных фирм (Москва, Пермь, Самара) хорошо оснащены современными ЭВМ и проектируют по новым технологиям. А это означает, что на всех этапах создания проекта ВРД, начиная с обоснования концепции двигателя в составе силовой установки самолета, создания эскизного проекта и разработки рабочей документации и далее при переходе к технологии для автоматизированных станков, инженер использует ЭВМ для выполнения и графических, и расчетных работ. Производительность труда конструктора и творческая отдача при использовании информационных технологий повышается в 2-3 раза по сравнению с традиционными методами проектирования.

В свете отмеченных возможностей компьютерных технологий проектирования можно сделать следующий мобилизующий вывод: хотим мы этого или не хотим, но облик современного инженера - проектировщика, создателя новых оригинальных конструкций, связан с овладением такими технологиями. Данный вывод позволил окончательно сформулировать цель созданной для программы ЦИПС системы обучения - выпускник должен уметь проектировать двигатель и его элементы, пользуясь современными компьютерными технологиями, создавать оригинальные проекты, находить новые инженерные решения.

В решении этой задачи можно выделить основные этапы:

- на кафедре инженерной графики оборудован дисплейный класс и введено обучение в 3-м и 4-м семестрах машинной графике с использованием пакета ADEM;

- на кафедре инженерной графики оборудован дисплейный класс и введено выполнение курсового проекта по курсу “Детали машин” с использованием графического пакета АДЕМ в 6-м семестре;
- на кафедре конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов создана графическая база данных ВРД. Первоначально это были продольные разрезы 17-ти двигателей, что позволило вести учебный процесс на новой основе, практически не обращаясь к чертежам. База данных постоянно пополняется изображениями современных двигателей, и к 1999 г. она включала 25 двигателей;
- на кафедре конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов оборудован дисплейный класс с 10-ю персональными компьютерами, связанными в единую сеть и 5-ю принтерами. При обучении используется графический пакет АДЕМ и конечно-элементный комплекс YSPA;
- на кафедре конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов переработан курс “Динамика и прочность двигателей”. Курсовая работа и курсовой проект по этой дисциплине в 7-м и 8-м семестре стали выполняться с использованием конечно-элементных моделей. Поставлена задача: студент должен уметь выполнять расчет на прочность и колебания любой детали, любого элемента ВРД;
- реализована система отбора студентов на специализацию, которая получила название “Компьютерные технологии проектирования, конструирования и производства ВРД”. Это важно потому, что студент должен знать, ради чего он затрачивает больше труда при обучении, чем сокурсники на параллельном потоке, и какова перспектива получения работы. Студент должен знать и то, что обучение компьютерным технологиям проектирования обходится университету на порядок дороже, чем по существующей системе обучения, и у него должны быть определенные обязательства перед университетом;
- в январе 1996 г. впервые в нашей стране первая группа студентов, обучающихся проектированию на основе компьютерных технологий, выполнила курсовые проекты по курсу “Конструкция и проектирование двигателей” полностью на ЭВМ;
- в феврале 1997 г. та же группа студентов выполнила дипломные проекты полностью на ЭВМ.

Теперь это непреложный факт, что впервые в Российской Федерации в феврале 1997 г. в Самарском государственном аэрокосмическом университете на факультете № 2 положено начало выпуску инженеров-конструкторов, владеющих современными компьютерными технологиями проектирования авиационных ВРД, творческие возможности и производительность труда которых выше в 2-3 раза.

Каковы же возможности системы обучения на основе компьютерных технологий? Покажем это на примере проведения отдельных видов занятий.

Консультации студентов у экрана дисплея

Компьютерный класс кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов СГАУ образца 1995-1997 г.г. - это 10 рабочих мест, что порождает острый дефицит машинного времени: класс работает с полной нагрузкой.

По расписанию в день курсового проектирования все места заняты студентами 5-го курса (осенний семестр). Преподаватель - руководитель проекта обходит поочередно все рабочие места. Студент демонстрирует выполненную за неделю работу, задает вопросы по конструкции, по расчету на прочность, выслушивает замечания и советы педагога.

Важно отметить, что нужный фрагмент конструкции можно увеличить так, что видны все мельчайшие детали (радиусы перехода, фаски и т.п.), а это позволяет студенту с помощью преподавателя увидеть все графические неточности, понять ошибки. Во времени все это происходит очень быстро и такое обучающее чудо дает только компьютер.

Возможность обратиться к графическим файлам с изображением нужных элементов у разных двигателей позволяет за короткий промежуток времени сравнить несколько конструкций, показать студенту преимущества и недостатки разных исполнений. Попробуйте сделать это обычным способом: студенту нужно сходить в библиотеку курсового проектирования, заказать и получить нужные чертежи (если они все оказались в наличии!), подождать, когда преподаватель сможет опять продолжить консультацию, обсудить разные исполнения и затем вернуть эти чертежи в библиотеку. Нет необходимости убеждать в преимуществах компьютерной технологии.

Именно динамизм в каждой ситуации при создании конструкции, в составлении расчетной схемы и проведение прочностных расчетов и любых других расчетов, возможность оперативно получить нужную информацию, эффективно использовать учебное время консультации - это большое преимущество компьютерной технологии.

Когда же студент работает по свободному расписанию без преподавателя и в классе работают студенты разных курсов (4, 5 и дипломники в осеннем семестре), то действует такое обучающее правило: спроси при необходимости у старшего товарища (дипломника, например), но и не считай потерянным время на консультацию или разъяснение младшим по курсу или сокурсникам - повышается прочность знаний. Обучающий эффект компьютерного класса поразителен.

Особенности исполнения чертежей методом компьютерной графики

При выполнении сборочного чертежа ВРД в масштабе М1:1 необходимо выдержать размеры на стыке файлов (файл - обычно отдельный узел двигателя). Это важный момент и обозначить это разделение нужно уже при вычерчивании проточной части двигателя после термодинамического расчета и согласования работы узлов.

На сборочном чертеже выполняется ЕСКД: выноски от модулей (сборочных единиц), технические требования. Распечатка чертежей производится на принтере. Это дешевле и проще, чем на плоттере, а качество графики приемлемое.

Сборочный чертеж узла (сборочной единицы) получается доработкой соответствующего файла (компрессор, камера сгорания и т.д.) сборочного чертежа двигателя: простановка размеров осевых и радиальных зазоров, контрольного монтажного размера, разработка технических требований. То есть, создание сборочного чертежа узла не требует от студента больших затрат времени, как это имеет место при традиционной (ручной) технологии. Сборочный чертеж узла в таком случае - это побочный продукт при создании сборочного чертежа всего двигателя.

Защита проекта (на примере защиты группового курсового проекта)

Защита курсового проекта группой происходит перед комиссией из 3-4-х человек, возглавляемой ведущим специалистом ОКБ базового предприятия ОАО СНТК им. Н.Д. Кузнецова (например, начальник отдела прочности или начальник отдела турбин). Для студента это важная веха - первая публичная защита, процедура которой максимально приближена к защите дипломного проекта. Это накладывает на него высокую ответственность: необходимо сделать содержательный доклад на 7-10 минут и затем четко ответить на вопросы комиссии. Поэтому совершенно нелишним будет проведение защиты - репетиции, или, как ее называют, предзащиты. Студента нужно учить грамотно защищать свой проект, свои решения, свои идеи.

Перед комиссией вывешивается сборочный чертеж двигателя, который остается на все время защиты, и остальные чертежи (сборочный чертеж узла, 2 рабочих чертежа), выполненные студентом, вышедшим на защиту проекта. После защиты первого студента чертежи снимаются (кроме сборочного чертежа двигателя) и на их место развешиваются чертежи следующего студента группы. Может быть и такой порядок защиты, когда развешиваются все чертежи, выполненные группой, и сделавший доклад и ответивший на вопросы комиссии студент остается перед комиссией, отвечает при необходимости на вопросы комиссии или помогает в этом своим товарищам.

Исключительно важно экспонировать во время защиты на экране дисплея отдельные фрагменты конструкции, о которых в данный момент рассказывает докладчик: нагруженные детали (особенно эффектно демонстрируются анимационные изображения детали под нагрузкой), колебания детали или узла. За пультом дисплея обычно находится один из студентов группы.

Анализ первого опыта обучения проектированию с использованием компьютерных технологий

1. Использование компьютерной графики на основе базы графических данных (в нашем случае это изображение продольных разрезов 25-ти ВРД разных схем и конструкций) повышает производительность работ при выполнении конструкторских разработок по нашей оценке в 3-4 раза. Это позволяет в заданное учебным планом время выполнить значительно больший объем работ, чем при традиционной (ручной) технологии.
2. Большой обучающий эффект курсового проектирования при использовании компьютерной технологии дает работа студентов в компьютерном классе, возможность студенту контактировать не только с преподавателем и сокурсниками, но и со студентами-дипломниками и студентами младших курсов.
3. Обучение студентов использованию метода конечных элементов (МКЭ) при расчете на прочность и колебания, кроме повышения производительности расчетных работ, открывает возможность научить студента рассчитывать на прочность и колебания любую деталь, узел, корпус двигателя и т.п.
4. Объем и содержание группового курсового проекта, выполняемого группой в составе 3-4-х студентов с использованием компьютерных технологий, возможно спланировать так, что это будет законченная работа, моделирующая квалификационную работу - дипломный проект. В этом случае курсовой проект по конструкции ВРД является важной нитью в межкафедральных связях - он автоматически становится итогом всех предыдущих курсовых работ и курсовых проектов (по теории ВРД, теории и расчету лопаточных машин, по динамике и прочности ВРД).
5. Защиты групповых курсовых проектов перед комиссией ОКБ базового предприятия АООТ СНТК им. Кузнецова и защита дипломных проектов перед Государственной аттестационной комиссией показывает высокий уровень знаний и навыков студентов, что является подтверждением главного тезиса данного обзора: компьютерные технологии открывают возможность поднять качество подготовки инженеров-конструкторов на уровень мировых стандартов.