

- В спекулятивной философии - в сфере духа и посредством духа;
- В теоретической философии - в сфере социальной истории и посредством социально – исторической деятельности человека;
- Экзистенциально - аксиологической философии – в сфере человеческой психики и языка посредством переживания (понимания) и его реализации - поступка.

Философия – как развернутая в систему концепций идея тождества. по-разному определяя свой предмет и метод собственного мышления, формирует их проблемы и концептуально их разрешает, но в силу противоречивости концепций в качестве результата мы всегда получаем проблему понимания предмета и проблему метода философии.

Таким образом, формируется вопрошающая философия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.С., Ойзерман Г.И. Основы теории историко философского процесса. М.: Наука, 1983.
2. Библер В.С. Что есть философия /Очередное возвращение к исходному вопросу// Вопросы философии, 1995, №1. – С.159-184;
3. Желнов М.В. Предмет философии в истории философии: Предыстория. М.: Изд. МГУ, 1981. С.727
4. Заблуждающийся разум?: Многообразие вненаучного знания / Отв. ред. и сост. И.Г. Касавин – М.: Политиздат, 1990, С.464.
5. Кумпф Ф., Оруджев З. Диалектическая логика: Основные принципы и проблемы. – М.: Политиздат, 1939, С.285.
6. Никулин Д.В. Теория циклов истории философии //Историко – философский ежегодник'93. – М.:Наука, 1994, С.5 -10.
7. Хюбнер К. Истина мифа: Пер. с нем. – М.: Республика, 1996 , С.448

ББК Ч480.253

Т.А.Вейсхаар, В.А.Комаров

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР В ПРОЕКТИРОВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ (Университет Пурдю, США; Самарский государственный аэрокосмический университет)

*Учись, мой сын: наука сокращает
Нам опыты быстротекущей жизни ...*
Пушкин

Статья отражает двухлетние дискуссии авторов об особенностях подготовки авиационных конструкторов в России и в США на современном

этапе, а также некоторые результаты совместных исследований по теме "Advanced Aircraft Structural Design", выполненных с поддержкой Air Force Office of Scientific Research/EOARD.

Изменения в содержании и условиях труда конструкторов

Разработку, производство и эксплуатацию авиационной техники можно уверенно отнести к одной из самых сложных и высокоинтеллектуальных сфер деятельности человека. Развитие самолетостроения обеспечивается достижениями в таких фундаментальных дисциплинах, как аэрогидромеханика, механика твердого тела, строительная механика, материаловедение, в науках производственных и экономических групп. Работа авиационного конструктора требует способности творчески объединять и использовать достижения этих дисциплин. Поэтому подготовка авиационных конструкторов всегда была и остается очень трудным и долгим делом.

Сейчас, на рубеже XXI века накопился целый ряд обстоятельств, которые заставляют задуматься о том, как наилучшим образом адаптировать подготовку авиационных конструкторов к изменениям в целях и содержании их труда. К этим обстоятельствам можно отнести следующие.

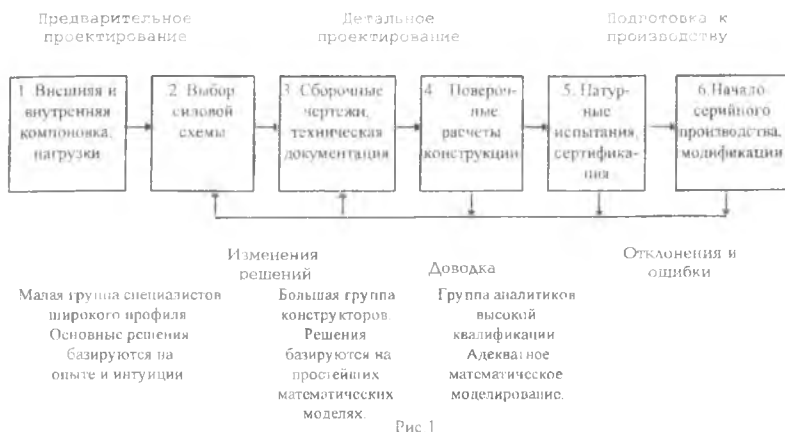
1. Происходит смена поколений конструкторов. Авиация и соответственно конструкторские бюро пережили период экстенсивного развития между 1950-1970 гг. В это время шло наиболее активно соревнование двух социально-политических систем в военной области и становление авиации как массового вида транспорта. Для этого требовалось все больше и больше конструкторов, которые проектировали и испытывали множество различных самолетов. Время между проектированием и испытаниями было относительно коротким, и квалификация конструкторов росла быстро за счет накопления опыта. Возраст этих людей сейчас 60-70 лет, и рассчитывать на их безболезненную смену едва ли можно.

Начиная примерно с 1990 года, количество вновь проектируемых самолетов резко сократилось, но также резко возросли их сложность и требования к совершенству проектов по ресурсу, надежности, коэффициенту топливной эффективности и ряду других важнейших технических характеристик. Возросли требования к сокращению сроков разработки новых машин.

В это же время произошло снижение престижности конструкторской работы для молодых людей. Большая часть талантливой молодежи стала выбирать для себя другие направления в образовании и будущей работе.

2. Достижения в основных авиационных дисциплинах и их компьютерные реализации, а также достижения в формализации проектных задач как оптимизационных математических задач и разработка эффективных методов их решения привели к тому, что существенно изменяется сама технология конструкторской работы [1]. На рис.1 показан традиционный порядок проектирования авиационных конструкций.

Традиционное проектирование



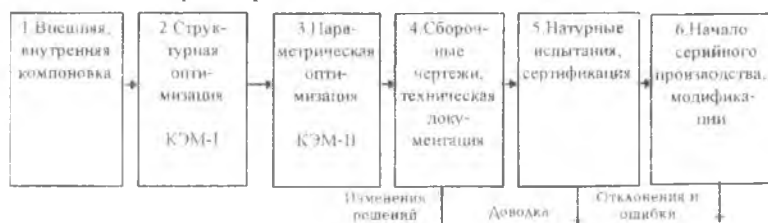
Главные недостатки этого порядка проектирования:

1) На ранних стадиях проектирования концептуальные решения об облике самолета, о размещении вырезов и стыков, о выборе силовой схемы планера решаются, как правило, интуитивно, на основе прототипов, в лучшем случае с анализом нескольких вариантов решений. Отыскание оптимального решения не гарантируется, и отклонение от оптимума может быть большим.

На стадии рабочего проектирования отдельных агрегатов самолета назначение размеров силовых элементов конструкции производится по так называемым "проектировочным расчетам". Обычно они сильно упрощены и недостаточно точны. В итоге "проверочные расчеты" и натурные испытания выявляют много ошибок и неточностей, устранение которых приводит к большому, трудно прогнозируемому увеличению общего календарного времени разработки самолета и стоимости проекта в целом.

На рис.2 показан складывающийся сейчас более прогрессивный порядок проектирования.

Проектирование по технологии "точное попадание"



Аналитики и конструкторы работают вместе. Количество ошибок уменьшается. Время для изменения решений сокращается благодаря адекватному математическому моделированию всех проблем

Рис. 2

Главные особенности этого порядка проектирования и его отличия от традиционного состоят в том, что на этапе выбора силовых схем дизайнеры и аналитики работают вместе и используют научно обоснованные методы структурной оптимизации, КЭМ- I. Затем строят конечно-элементную модель будущей конструкции КЭМ-II и при этом используют конечные элементы как язык для описания принятых структурных решений. Проводят на конечно-элементной модели параметрическую оптимизацию и только после этого ведут рабочее проектирование и выпускают чертежи отдельных узлов и деталей конструкции, зная их рекомендуемые размеры и действующие в них усилия из общего расчета планера самолета как единой упругой системы [8].

Важно заметить, что в традиционном подходе при выполнении "проверочного расчета" адекватность математической модели и конструкции обеспечивает аналитик (см. например [2]), и иногда это очень трудная задача. В новом подходе эту адекватность обеспечивает в большей мере конструктор.

Новый подход использует математическое моделирование высокого уровня, начиная с ранних стадий проектирования. Он обеспечивает значительное сокращение общего времени проектирования за счет сокращения объема испытаний и доводок.

В американской технической литературе для обозначения такой технологии, а вернее сказать - идеологии проектирования, используется термин "concurrent design paradigm" [3], который может быть переведен в свою очередь на русский язык как "проектная технология точного попадания".

Внедрение технологии "точного попадания" требует определенных организационных изменений в структуре проектных организаций и специальной подготовки или переподготовки конструкторов, и этот процесс уже начался.

3. Продолжается тотальная компьютеризация многих важнейших видов деятельности людей. Однако, если в производстве, информационных сетях она безоговорочно полезна, то в таких видах деятельности, как проектирование и, особенно, обучение инженерному искусству, вместе с пользой есть и проблемы, которые заслуживают специального обсуждения.

Роль человека в общей схеме решения проектной задачи

Один из авторов этой статьи в течении ряда лет читает курс "Теоретические основы автоматизации проектирования авиационных конструкций" [4] для инженеров с опытом практической работы. При этом, как правило, уже на первых занятиях выясняется, что практически никто из них не может дать четкого определения для термина "проектирование". Заметим, кстати, что эти трудности интересно обсуждаются в монографиях [5, 6].

Для целей данного обсуждения в работе инженеров конструкторского бюро полезно выделить два характерных вида деятельности: анализ и синтез. Дадим для них такие определения.

Анализ - деятельность, направленная на установление связей между параметрами уже спроектированного объекта и его характеристиками. Например, определение максимальных напряжений в крыле, когда выбраны все его геометрические параметры. Заметим, что такая задача может быть решена как математическим моделированием, так и натурным экспериментом.

Синтез, или проектирование - деятельность, направленная на выбор такой структуры и таких параметров создаваемого объекта, которые обращают в минимум или максимум одну из его характеристик (или свертку характеристик) и удовлетворяют всем ограничениям. Например, выбор числа и расположения лонжеронов и нервюр, размеров поперечных сечений силовых элементов конструкции и т.д. Заметим, что в подавляющем большинстве случаев задача синтеза не может быть решена экспериментально, и ее решение является прерогативой творческих способностей ума человека.

Общую схему решения проектной задачи в современных условиях с существенной компьютерной поддержкой можно представить следующим образом, рис. 3.

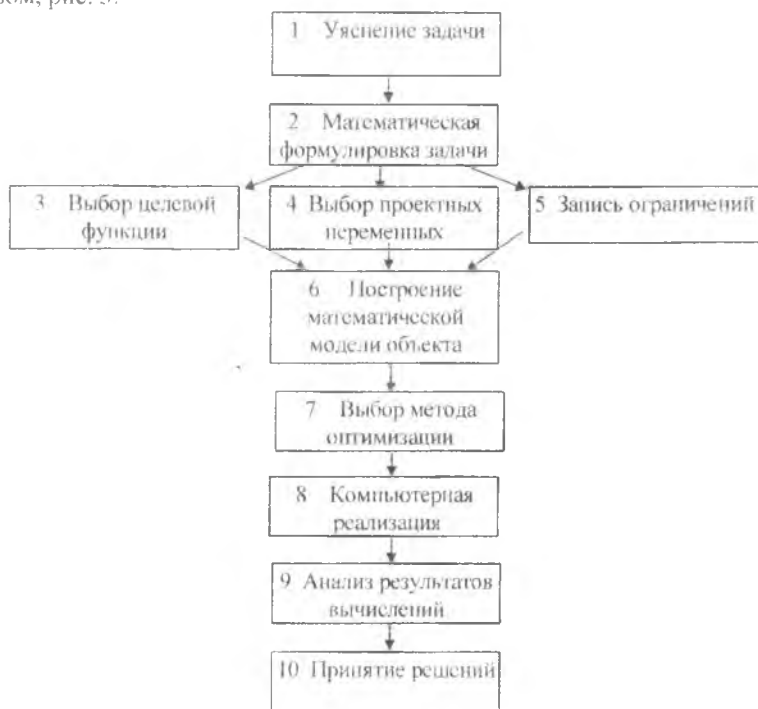


Рис. 3

Конечно, эта схема дана с большими упрощениями без многочисленных обратных связей.

Кратко прокомментируем ее с акцентами на роль человека в решении проектных задач.

БЛОК 1. Это начало работы. Здесь нужно получить ответы на два основных вопроса.

- 1) "С чем мы имеем дело?" Например, при летных испытаниях сверхзвукового самолета выясняется, что он проходит трансзвуковой режим очень долго. Почему? Что делать для улучшения летных характеристик самолета? После дополнительных наблюдений и трудных дискуссий удается установить, что причина этого явления в увеличении балансировочного сопротивления самолета из-за недостаточной жесткости крыла при схеме "бесхвостка".
- 2) "Чего мы хотим?" или "Чего хотят от нас?" В обсуждаемом примере перед конструкторами ставится задача: найти способ увеличения крутильной жесткости крыла с минимальным его утяжелением.

Иногда ответы на такие вопросы очень просты. Иногда очень сложны и требуют от конструктора нестандартного мышления и знаний из самых различных дисциплин.

БЛОК 2. Работа в этом блоке зависит от физической сущности проектной задачи и предлагаемого метода оптимизации. Для многих проектных задач представляется удобным использовать, по крайней мере на этапе осмысления и математической постановки задачи, терминологию и аппарат нелинейного математического программирования - блоки 3-5.

БЛОК 3. Выбор целевой функции прост, когда необходимо найти экстремум одной какой-либо характеристики объекта проектирования, например, минимум веса конструкции. Эта задача неизмеримо сложнее, когда есть желание достигнуть экстремума одновременно нескольких характеристик. Именно так на вербальном уровне в любом учебнике по конструкции самолета обсуждают требования, например, к крылу самолета: $\min$ веса; $\max K=C_y/C_x$; $\max C_y$ и т.д. Эти характеристики противоречивы, и с точки зрения математики корректно можно говорить только о компромиссе. Для этого существуют различные способы свертки нескольких целевых функций в одну, как правило, с использованием весовых коэффициентов и мнений экспертов. Это очень ответственный этап в постановке проектной задачи, так как от него в конечном счете зависит качество проекта. К сожалению, в процессе свертки может теряться физический смысл проектной задачи. Здесь в максимальной степени нужно использовать накопленный конструкторский опыт, который в ряде случаев позволяет произвести декомпозицию процесса проектирования с соответствующей иерархией целевых функций с простым физическим смыслом.

Например, в соответствии с технологией, показанной на рис.2, весь процесс проектирования авиационных конструкций можно представить следующим образом, рис.4 [1].



Рис 4

Где:

- b - главный критерий, связанный с назначением самолета, например, коэффициент топливной эффективности;
- P - внешние нагрузки;
- G - силовой фактор, специальный критерий, учитывающий величину внутренних сил в конструкции и протяженность их действия;
- V - теоретически необходимый объем силового материала конструкции;
 - отношение полного веса конструкции к весу теоретически необходимого силового материала;
- t - затраты времени на доводки и сертификацию.

БЛОК 4. Выбор проектных переменных, на первый взгляд, может показаться значительно более простой задачей. Всегда есть искушение взять в качестве проектных переменных «чертежные» переменные, то есть размеры, которые проставляются на чертеже. Но тогда их общее количество может быть очень большим, что плохо для применения универсальных методов оптимизации. Более того, некоторые чертежные размеры взаимосвязаны, например площадь поперечного сечения стрингера, его шаг и толщина обшивки. И если это не использовать, то при оптимизации возникают вычислительные проблемы, подобные тем, которые известны при решении плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений. Поэтому, например, при оптимизации дисков турбомашин в качестве проектных переменных значительно лучше выбрать не толщины кольцевых конечных элементов, которые используются для анализа напряжений, а коэффициенты полинома k_i , который описывает закон изменения толщины диска t от радиуса r : $t = k_1 + k_2 r + k_3 r^2 + k_4 r^3 + \dots$

Опыты показывают, что такой подход позволяет находить оптимум с высокой точностью при малом количестве проектных переменных.

Выбор проектных переменных требует хорошего понимания физической стороны решаемой задачи, знания вычислительных алгоритмов и особенностей используемых методов оптимизации и определенной изобретательности от инженера.

БЛОК 5. Здесь наиболее важна полнота представления ограничений. Так, например для крыла, помимо важнейших ограничений по прочности и аэроупругости, нужно не забыть о минимально допустимых толщинах обшивок по требованиям производства, нужно учесть, что в некоторых зонах обслуживания на крыло наступит человек и т.д. Этот этап постановки проектной задачи требует от инженера прежде всего широкого технического кругозора.

БЛОК 6. Под математической моделью объекта проектирования полезно понимать совокупность расчетных формул, алгоритмов и экспериментальных материалов в виде таблиц и графиков, которые позволяют для определенных произвольных значений проектных переменных ответить на два главных вопроса:

- 1) Какое значение при этом имеет целевая функция?
- 2) Выполняются ли все ограничения на проект или нет? То есть: принадлежит эта точка в пространстве проектных переменных допустимой области или нет?

Для некоторых алгоритмов оптимизации необходимо также иметь возможность вычислять производные целевой функции и ограничения по проектным переменным.

Построение математической модели объекта проектирования в значительной мере рутинная работа. Но и здесь есть одно обстоятельство, которое требует большого внимания инженера: математическая модель должна давать достоверные результаты во всем диапазоне изменения проектных переменных. Иначе при оптимизации могут получиться вздорные результаты.

БЛОК 7. Набор методов, которые могут быть использованы в проектировании авиационных конструкций, очень широк. От относительно универсальных, таких как нелинейное программирование, генетические алгоритмы, до проблемно-ориентированных [7]. Как правило, все они имеют свои достоинства и недостатки, имеют средства для настройки, от правильного использования которых может сильно зависеть скорость работы методов и даже правильность результатов.

Поэтому для практического использования методов оптимизации полезно предварительное решение пользователем тестовых задач, подобных реальным, но с такими граничными условиями, которым соответствует тривиальное оптимальное решение.

Использование методов оптимизации в реальном проектировании как "черных ящиков" едва ли возможно.

БЛОК 8. Компьютерная реализация методов анализа и синтеза, пожалуй, самая динамичная часть проектных работ с точки зрения участия в них конструкторов и требований к их квалификации за последние 30 лет.

На первом этапе использования компьютеров в проектировании предполагалось, что эту работу следует поручать профессиональным программистам, отдавая конструктору постановку задач и использование результатов вычислений. Однако вскоре выяснилось, что это малоэффективное

разделение труда и что конструкторы могут создавать очень хорошие программы и при этом совершенствовать алгоритмы, тестировать их и тонко интерпретировать результаты вычислений.

В дальнейшем сложились коллективы разработчиков программных продуктов из математиков, специалистов в предметных областях, программистов и инженеров, которые смогли создать мощные вычислительные системы для расчетов произвольных авиационных конструкций, для решения аэродинамических задач и т.п. Такие системы обладают очень большими возможностями, но одновременно достаточно сложны в освоении, что приводит к необходимости организации продолжительного обучения пользователей и периодической их переподготовки.

Современный конструктор должен обладать довольно широкими компьютерными знаниями. Они должны обеспечивать ему прежде всего возможность выбора и быстрого освоения тех или иных программных продуктов для наиболее эффективного решения различных проектных задач. При этом, однако, надо учитывать, что сложность проектных задач и сложность специализированного программного обеспечения растут так быстро, что еще более важной в компьютерной подготовке конструкторов становится их способность к интеграции и развитию существующих программных продуктов для решения междисциплинарных задач.

БЛОКИ 9 и 10. Работа человека в этих двух блоках тесно взаимосвязана. Имеются две причины для этого. Во-первых, при проектировании сложных конструкций очень трудно формализовать весь процесс полностью. А, во-вторых, к этому, по нашему мнению, и не нужно стремиться.

В проектировании важны такие чисто человеческие качества, как воображение, способность к ассоциациям, сомнения и другие проявления неформального мышления. На этом этапе нужно дать не только возможность, но и создать необходимость глубокого анализа результатов расчетов. Для принятия правильных конструкторских решений нужно полное понимание путей передачи сил в конструкции. К традиционным средствам визуализации деформаций и напряжений полезно добавить такие, как траектории главных напряжений и потоки главных усилий, которые вычисляются как произведения главных напряжений и толщины соответствующего элемента [4,8].

На рис.5 (только для иллюстративных целей) показан пример графической поддержки в простейшей задаче об оптимальном проектировании крошечной: *a* - постановка задачи, *b* - распределение материала в теоретически оптимальной конструкции, *c* - потоки главных усилий, *d* - результат проектирования. Заметим, что после оптимизации распределения материала конструкция становится близкой к равнопрочной и цветографическое представление эквивалентных напряжений может исказить представление об усилиях в различных частях конструкции.

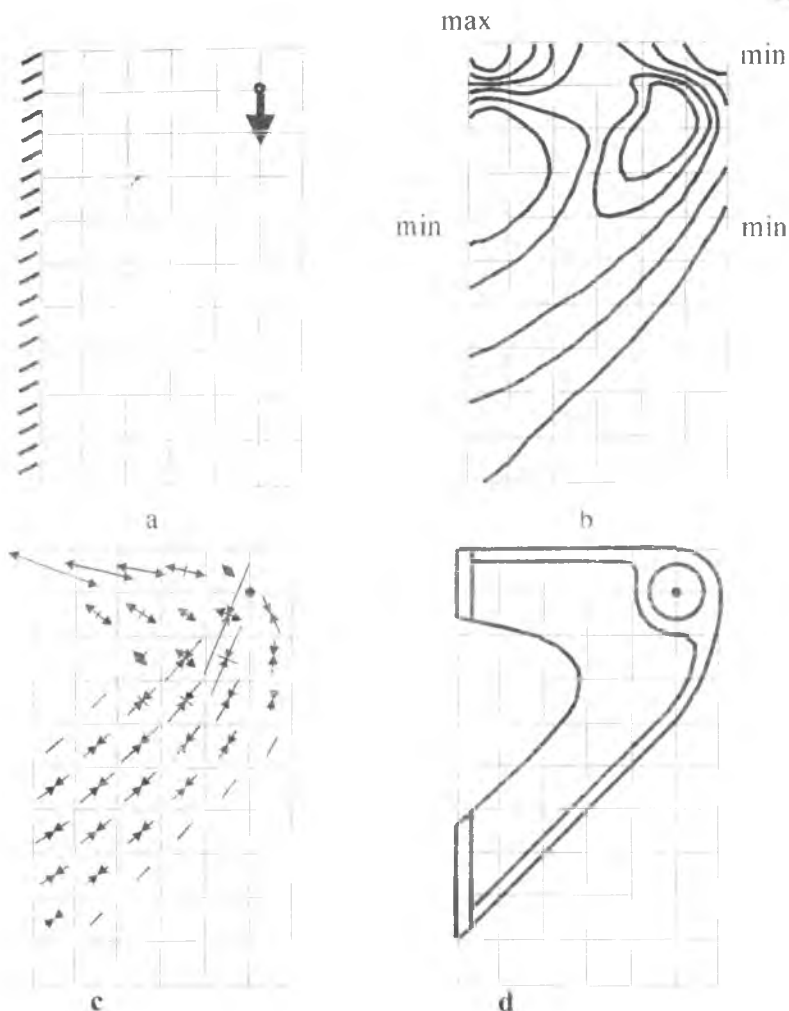


Рис. 5

Для детального проектирования полезно также графическое представление величин некоторых обобщенных внутренних усилий в конструкции. Для шпангоута, например, это осевые силы и изгибающие моменты на каждом участке.

Подводя итог сказанному, отметим, что не должно быть иллюзий в отношении того, что компьютерная поддержка процесса проектирования облегчает его. На самом деле она только интенсифицирует труд конструктора и предъявляет значительно более высокие требования к квалификации инженеров.

Влияние компьютеризации проектирования на квалификацию инженеров

Системы автоматизации проектирования дают безусловно большие возможности для решения задач анализа, для поиска оптимальных решений по определенным алгоритмам и для документирования принимаемых решений. Однако относительная легкость, скорость и скрытность получения решений в САПР имеют и свою негативную сторону.

Наши наблюдения в промышленности показывают, что использование САПР приводит к ускоренному расслоению инженеров на две группы. Члены одной группы, к сожалению меньшей, быстро повышают квалификацию в своей предметной области. Как правило, это люди, склонные задавать вопросы: "Почему ?" Они глубоко анализируют результаты расчетов. При большом количестве вариантов задачи такой анализ позволяет выявить основные закономерности изменения проектных характеристик в зависимости от изменения проектных переменных. Это способствует быстрому изучению свойств объекта проектирования. Для этой группы инженеров САПР является не только инструментом для решения задач, но и своего рода тренажером для ускоренного накопления профессионального опыта.

Квалификация второй, более многочисленной группы, обычно молодых инженеров, наиболее интенсивно развивается в престижной сфере овладения сложными программными продуктами. При этом осваиваются в основном формальные методы и средства решения проектных задач, а анализ результатов расчетов остается на втором плане. Для таких людей важнее вопрос: "Как ?". Постепенно такие инженеры превращаются в "хакеров".

Все эти процессы начинаются уже со студенческой скамьи. Поэтому для технических университетов актуальна проблема выявления и развития обучающих функций в системах автоматизации проектирования.

Улучшение подготовки авиационных инженеров

Опыт ряда индустриально развитых стран показывает, что авиация в целом играет значительную роль в мировой экономике, в занятости населения. Она является науко-, материало- и энергоемкой отраслью индустрии. Можно уверенно говорить, что авиация будет важной частью технической культуры 21 века. При подготовке авиационных конструкторов нужно заглядывать в будущее как минимум на 25-30 лет (примерно в 5 лет после окончания учебы можно оценить минимальные затраты времени на приобретение практического опыта, который позволяет принимать серьезные конструкторские решения; примерно 5 лет проходит от принятия проектных решений до производства самолета; 15-20 лет составляет жизненный цикл самолета).

Сравнительный анализ сложившихся систем подготовки авиационных инженеров в США и в России показывает, что у них много общего, но есть и различия. В США короче срок обучения, акцент делается на фундаментальную подготовку, студентам дается возможность узкой специализации. В России

конструкторская подготовка сочетается с технологической, больше объем учебного проектирования.

Учет лучших сторон обеих систем подготовки, американской и российской, а также размышления, приведенные в данной статье, позволяют авторам высказать следующие соображения по направлениям совершенствования подготовки авиационных инженеров.

1. Усиление фундаментальной естественно-научной подготовки, в сочетании с гуманитарным и экологическим воспитанием.

С учетом сложности авиационной техники, многопредметности проблем проектирования и необходимости глобального системного взгляда на производство и эксплуатацию самолетов, с учетом желания студентов получить образование, которое позволит им работать в различных наукоемких отраслях промышленности, данный тезис не нуждается в особой защите. Другое дело, как этого достичь? Простое увеличение объема и усложнение таких курсов, как математика, физика, механика и т.п. и введение новых курсов типа "Экологии" перспективными не представляются по крайней мере по двум причинам.

Во-первых, в сложившихся учебных планах трудно найти дополнительное время, а во-вторых, опыт показывает, что, начиная с некоторого уровня, фундаментальные и гуманитарные дисциплины вызывают больший интерес и легче понимаются, когда они тесно увязаны с задачами будущей профессии.

С другой стороны, в таких курсах, как "Конструкция и проектирование самолетов" легко увязнуть в частностях, так как одних только систем оборудования можно насчитать более десятка. Поэтому сейчас целесообразно пересматривать в пользу фундаментализации и гуманитаризации в первую очередь именно такие курсы.

2. Обеспечение энциклопедических технических знаний.

На летательный аппарат иногда полезно взглянуть как на совокупность множества физических эффектов и самых различных их реализаций в виде технических устройств с использованием разнообразных материалов. Техническая деятельность конструктора должна иметь обширную информационную базу. Соответствующие акценты уместно сделать в курсах физики и химии для конструкторов. В приобретении таких знаний, пусть даже поверхностных, так как главное здесь - широта, могут быть полезными многочисленные демонстрационные лабораторные работы, учебные музеи с препарированной техникой, экскурсии на предприятия, сборка-разборка агрегатов авиационной техники во время учебных практик.

3. Развитие творческих способностей конструкторов.

Для этих целей актуальным остается испытанный путь - решение большого числа задач анализа и синтеза технических устройств с возрастающей сложностью. В тоже время, компьютеризация учебного проектирования нуждается в тщательной методической проработке для того, чтобы сохранить и повысить его эффективность.

4. Подготовка инженеров к внедрению новой конструкторской технологии "точного попадания".

Как уже было отмечено, эта технология базируется на использовании в проектировании высокоточного математического моделирования. По целому ряду причин, главная из которых - грядущая смена конструкторских кадров, сейчас складывается благоприятная ситуация для быстрого внедрения в промышленность технологии "точного попадания" через молодых специалистов. Необходимые для этого учебные технологии уже разработаны.

На рис.6 показаны конечно-элементные модели довольно высокого уровня нескольких вариантов самолета-амфибии для весового анализа и выбора лучшей схемы на самых ранних стадиях проектирования. (Работа выполнена в 1998 году группой дипломников СГАУ под руководством доц. Д.М. Козлова для ТАНТК им. Бериева Г.М.)

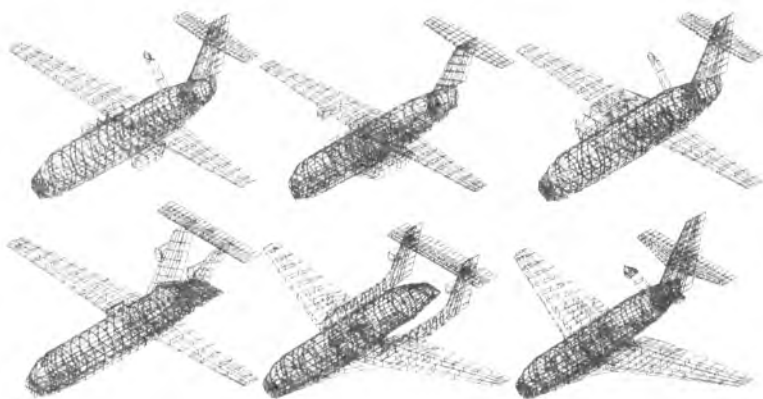


Рис.6

Подготовку кадров для работы по новой технологии проектирования нельзя ограничить рассказами о ней студентам на старших курсах, так как устаревшая идеология с разделением расчетов на "проектировочные" и "проверочные" насаждается с ранних курсов. Подготовку к работе по новой конструкторской парадигме нужно вести в течение всей учебы в вузе. На наш взгляд, ее можно осуществлять без крутой ломки учебных планов. Однако содержание целого ряда дисциплин, особенно учебных заданий и проектов, нуждается в решительном пересмотре. В то же время эти изменения находятся в добром согласии с необходимостью дальнейшей фундаментализации и компьютеризации подготовки авиационных конструкторов нового поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров В.А. Последовательная оптимизация авиационных конструкций на протяжении всего цикла проектирования. Сборник докладов научной конференции по гидроавиации "Геленджик-96", М.1996, с.135-143.

2. Cook R.D. Finite Element Modeling for Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc. 1994. pp. 320.
3. New World Vistas. Air and Space Power for the 21 st century. Aircraft & Propulsion Volume 1995. pp. 80-91 (by Weisshaar, T.A.)
4. Комаров В.А. Автоматизация проектирования авиационных конструкций. Учебное пособие. - Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 1993, 70 с.
5. Джонс, Дж.к. Инженерное и художественное конструирование. М. "Мир", 1976, 374 с.
6. Cross N. Engineering Design Method. 1989, pp.159.
7. Хог Э.Д., Арора Я.С. Прикладное оптимальное проектирование. М. "Мир", 1993, 480 с.
8. Комаров В.А. Проектирование силовых схем авиационных конструкций - в кн.: Актуальные проблемы авиационной науки и техники. - М.: Машиностроение, 1984, с.114-129.

ББК 4480.253

О.Н. Корольков, Д.М. Козлов

КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (Самарский государственный аэрокосмический университет)

Статья написана на основе доклада, прочитанного О.Н. Корольковым на педагогических чтениях, посвященных 100-летию со дня рождения профессора А.А. Комарова, состоявшихся в университете в октябре 1996 года. В ней отражен опыт конструкторской подготовки инженеров по специальности 130100 самолето- и вертолетостроение. Этот опыт положен в основу конструкторской подготовки инженеров по другим специальностям факультета летательных аппаратов, прежде всего по ракетно-космической технике.

Жизнь человеческого общества неразрывно связана с трудовой деятельностью, общественным производством. За многие сотни и тысячи лет целенаправленного труда человечество накопило огромное количество разнообразных предметов, изделий, сооружений и других результатов материального производства, образующих новую, искусственную среду обитания - техносферу. Жизнь в этой среде, с одной стороны, дает человеку большие удобства и преимущества, а с другой, - развитие техносферы, особенно в последние десятилетия, связано с обострением целого ряда глобальных проблем негативного характера: истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, вредное влияние на здоровье людей и т.п. Если вспомнить, что начальным этапом создания любого нового изделия