

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

## КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОЛЕТОВ

*Допущено Учебно-методическим объединением высших учебных заведений  
Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетострое-  
ния и космоса в качестве учебного пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по специальностям 160201 "Самолето- и верто-  
летостроение" и 160901 "Техническая эксплуатация летательных аппара-  
тов и двигателей"*

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2007

УДК 629.7.001 (075)  
ББК 68.53  
К 652



**Инновационная образовательная программа  
"Развитие центра компетенции и подготовка  
специалистов мирового уровня в области аэрокос-  
мических и геоинформационных технологий"**

Рецензенты: директор ОАО "Туполев Самарское конструкторское бюро" В.Н. Климов,  
заведующий кафедрой  
аэрогидродинамики, профессор В.Г. Шахов

Авторы: В.А. Комаров, Н.М. Боргест, И.П. Вислов, Н.В. Власов,  
Д.М. Козлов, О.Н. Корольков, В.Н. Майнсков

**Комаров В.А.**

К 652 **Концептуальное проектирование самолета:** учеб. пособие  
/В.А. Комаров [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Кома-  
рова: / Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2007. – 92 с.: 3 ил.

### ISBN

Цель данного учебного пособия – дать основные навыки проектной деятельности, закрепить понимание связи основных параметров и характеристик самолета и подготовить студента к выполнению дипломного проекта.

Пособие обобщает опыт преподавания курса конструкции и проектирования летательных аппаратов в СГАУ.

В данное издание включены существенные поправки с целью повышения точности проектных расчетов и учета современных достижений в мировом авиастроении.

Пособие предназначено для поддержки лабораторно-практических занятий и эскизной части дипломного проекта по специальностям 160201 "Самолето- и вертолетостроение" и 160901 "Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей".

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

УДК 629.7001 (075)  
ББК 68.53

### ISBN

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2007

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
1. РАЗРАБОТКА ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ .....	7
К ПРОЕКТИРУЕМОМУ САМОЛЕТУ .....	7
1.1 Составление статистики .....	7
1.2 Анализ проектной ситуации .....	11
1.3 Разработка ТТТ .....	13
1.3.1 Функциональные требования .....	14
1.3.2 Общие технические требования .....	14
1.3.3 Летно-технические требования .....	17
1.3.4 Производственно-технологические требования .....	18
1.3.5 Эксплуатационные требования .....	18
1.3.6 Техничко-экономические требования .....	18
1.3.7 Прочие требования .....	18
2. ВЫБОР СХЕМЫ САМОЛЕТА .....	20
2.1 Содержание и порядок выбора схемы .....	20
2.2. Схема самолета .....	21
2.3 Обоснования принимаемых параметров схемы .....	25
2.4 Предварительный облик самолета .....	26
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ТЯГОВОООРУЖЕННОСТИ .....	28
И ЭНЕРГОВОООРУЖЕННОСТИ САМОЛЕТА .....	28
3.1 Содержание и порядок выполнения .....	28
3.2 Тяговооруженность гражданского самолета .....	28
3.3 Тяговооруженность военных самолетов .....	30
3.4 Стартовая тяговооруженность легких самолетов (до 5000 кг) .....	31
3.5 Энерговооруженность самолетов с ТВД и ПД .....	31
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗЛЕТНОЙ МАССЫ САМОЛЕТА .....	37
4.1 Содержание и порядок выполнения .....	37
4.2 Определение массы целевой нагрузки .....	39
4.3 Определение массы снаряжения и служебной нагрузки .....	39
4.4 Определение относительной массы конструкции .....	40
4.5 Определение относительной массы топливной системы .....	41

4.6 Определение относительной массы силовой установки .....	43
4.7 Определение относительной массы оборудования и управления .....	44
4.8 Определение взлетной массы первого приближения .....	45
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ САМОЛЕТА .....	47
5.1 Содержание и порядок выполнения .....	47
5.2 Порядок выполнения работы .....	47
6. УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЯ ВЗЛЕТНОЙ МАССЫ САМОЛЕТА .....	54
6.1 Определение массы планера и оборудования .....	54
6.2 Сводка масс самолета .....	57
6.3 Весовые формулы .....	62
7. КОМПОНОВКА САМОЛЕТА .....	72
8. ЦЕНТРОВКА САМОЛЕТА .....	76
8.1 Содержание и порядок выполнения работы .....	76
8.2 Допустимый диапазон разбега центровок .....	76
8.3 Расчет центровок .....	77
8.4 Обязательные варианты центровки .....	81
9. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ САМОЛЕТА .....	83
9.1 Содержание и порядок выполнения работы .....	83
9.2 Чертеж общего вида .....	83
9.3 Техническое описание самолета .....	85
Список использованных источников .....	87

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Проектирование сложных технических систем относится к одному из наиболее сложных видов инженерной творческой деятельности.

Цель данного учебного пособия – дать основные навыки проектной деятельности, закрепить понимание связи основных **параметров и характеристик** самолета и подготовить студента к выполнению дипломного проекта.

Главная особенность концептуального проектирования состоит в необходимости принятия множества решений при недостаточной или, наоборот, избыточной информации, чем эти задачи в принципе отличаются от школьных, где дано ровно столько исходных данных, сколько необходимо для получения однозначного точного результата.

Кроме того, при проектировании разработчик стремится сделать свою работу так, чтобы все важные характеристики были наилучшими. Например, при проектировании крыла желательно, чтобы оно обладало максимальным аэродинамическим качеством, имело минимальную массу, позволяло разместить большие объемы топлива, имело большой ресурс, было простым, т.е. технологичным в исполнении, и т.д. Проектные задачи, как правило, многокритериальны. В рассмотренном примере практически все критерии противоречивы и искусство конструктора состоит в умении находить компромиссные решения. Это дополнительная сложность проектных задач.

Практика выработала определенную технологию решения таких задач, в которой используется декомпозиция проблемы, иерархия критериев оптимальности и ряд других приемов. Особое место в этой деятельности занимает использование предшествующего опыта в виде статистических данных по прототипам.

В данном учебном пособии работа по выбору облика самолета и определению его основных параметров и характеристик разделена на девять относительно самостоятельных разделов, в каждом из которых принимаются определенные решения. Решения каждого раздела являются исходными данными для последующих.

Необходимо подчеркнуть, что в результате выполнения данной учебной работы должен появиться **новый** самолет, а не повторение близкого к заданию существующего самолета (Ту-204, Боинг 747 и т.п.). Статистические данные нужно использовать критически как вспомогательную информацию при решении проблем, возникающих на соответствующем этапе разработки.

В учебное пособие включен минимальный набор простейших расчетных зависимостей, необходимых для эскизного проектирования. Это

сделано с целью выполнения сложнейшей задачи в течение одного учебного семестра. Расчетные зависимости тщательно подобраны таким образом, чтобы, не перегружая студента, дать ему возможность почувствовать влияние отдельных проектных параметров, таких как аэродинамическая компоновка самолета, удельная нагрузка на крыло, тяговооруженность и т.д., на основные характеристики самолета – взлетную массу, топливную эффективность и прочие. В связи с этим студенту необходимо организовать компьютерную поддержку выполнения учебной работы таким образом, чтобы эти зависимости не оказались латентными, т.е. скрытыми, от глаз и понимания. С этой целью полезно поварьировать те или иные параметры в используемых расчетных формулах и построить графики изменения вычисляемых результатов.

Еще одно важное замечание по работе с аналитическими зависимостями, которые используются в эскизном проектировании. В основу этих формул положены относительно простые фундаментальные зависимости из физики и механики. Например, в основу весовой формулы крыла положена оценка массы консольной балки, работающей на изгиб. Оценка разгрузки крыла двигателями, топливом, учет стреловидности, сужения, технологических факторов обычно делается с помощью ряда коэффициентов, которые получаются из обработки статистических данных по уже существующим самолетам. Вдумчивого студента не должно пугать то, что умножение массы в степени  $1/2$  на удлинение в степени  $3/2$ , деленное на удельную нагрузку в дробной степени и т.д., дает результат в килограммах. Дело в том, что в таких формулах размерность результата обеспечивается числовыми коэффициентами, которые соответствуют определенной системе единиц, в которой нужно подставлять значения проектных параметров. Поэтому пользователь должен очень внимательно относиться к размерности величин, которые подставляются в ту или иную формулу. Это особенно касается использования проектных соотношений из англоязычной литературы, в которой могут использоваться дюймы, футы и т.п. величины.

Данное учебное пособие содержит минимально необходимую информацию для приобретения первого опыта концептуального проектирования самолета. Оно никак не исключает обращение к учебникам и другой научной отечественной и зарубежной литературе, в которой на первых порах очень трудно разобраться. В этой ситуации учебное пособие можно и нужно использовать как путеводитель по дополнительным источникам информации.