электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 12, декабрь 2015

УДК 629.7.01

Разработка конфигурации воздушно-космического самолёта с учётом условий эксплуатации и функционального назначения

Тюрин А.П., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Аэрокосмический факультет, кафедра «Аэрокосмические системы»

Научный руководитель: Журавлев Е.И., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Аэрокосмические системы»
bauman@bmstu.ru

Воздушно-космический самолёт (ВКС) – это пилотируемый транспортный корабль, сочетающий в себе особенности как космических аппаратов (КА) в их классической интерпретации, так и самолётов гражданской и военной авиации. Созданный для выполнения задач транспортировки экипажа и грузов на низкую земную орбиту (НЗО) или работы в режиме автономного полёта, этот корабль является одновременно средством доставки, космической станцией и спускаемым аппаратом. Специфика корабля, а именно возможность его многоразового использования, накладывает определенные ограничения на его конструкцию, поблочный состав и летно-технические характеристики (ЛТХ). При проектировании ВКС недопустимо рассмотрение только лишь «космической» составляющей функционирования корабля, поскольку немаловажную роль в успешности выполнения поставленных перед ним задач играют именно его «самолётные» качества. Исходя из вышесказанного, понятно, что при создании внешнего облика данного аппарата необходимо базироваться на постулатах именно самолётостроения. В данной статье приведены основные этапы проектирования внешнего облика ВКС в первом приближении, а также обоснования того или иного конструкторского решения при его создании.

Процесс эскизного проектирования можно разбить на логические этапы, начиная с постановки технического задания и заканчивая оценкой спроектированного корабля, с целью структурирования сложного итеративного процесса создания ВКС (Рис. 1).

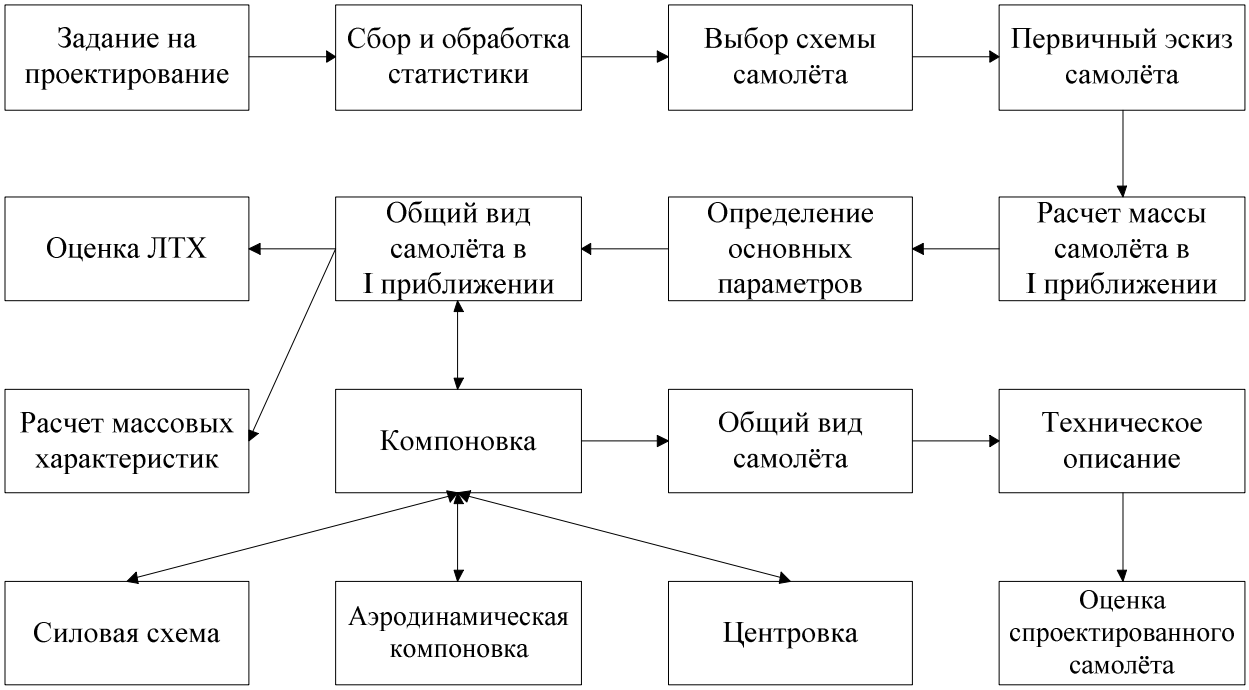

Рис. 1. Последовательность выполнения этапов эскизного проектирования самолётов

Предпосылкой к созданию ВКС служит потребность российской космонавтики в многоцелевом КА, способном выполнять как гражданские, так и военные задачи в составе низкоорбитальной группировки КА. В качестве средства выведения для ВКС предполагается использование ракеты-носителя среднего класса «Ангара-А3» (5), что приводит к дополнительным требованиям к его конструкции, в том числе делает необходимым наличие плоскости стыка с носителем, а также накладывает ограничения на габариты корабля. С точки зрения выполнения поставленных задач, ВКС должен обладать системой стыковки, системой управления движением и навигации в космическом пространстве и в атмосферном полёте, системой тепловой защиты для решения задачи схода корабля с орбиты, комплексом органов управления для маневрирования, как в условиях орбитального полёта, так и при движении в плотных слоях атмосферы. Вышеперечисленные требования не являются окончательными, однако именно они определяют внешний облик проектируемого корабля. КА должен выполнять самолётную посадку на взлетно-посадочную полосу (ВПП) и иметь необходимые ЛТХ для горизонтального манёвра на участке спуска.

При проектировании любого изделия целесообразно опираться на разработанные прежде аналоги с целью сокращения времени выбора основных характеристик, а также для анализа их преимуществ и недостатков, что позволит значительно повысить качество создаваемого аппарата. В качестве аналогов при проектировании использовались такие

воздушно-космические системы, как: «Энергия-Буран», «Клипер», «МАКС» и орбитальный одноступенчатый самолёт, разрабатываемый в КБ Туполева.

В качестве схемы расположения крыла по отношению к фюзеляжу для данного ВКС выбрана схема «низкоплан». Это обусловлено необходимостью формирования в нижней части корабля совокупной поверхности, состоящей из донного среза фюзеляжа и крыла для обеспечения максимальной эффективности тепловой защиты при сходе корабля с орбиты. Также, исходя из опыта при создании многоразового космического корабля «Буран», такое конструкторское решение позволит максимально эффективно использовать «экранный эффект» при заходе ВКС на посадку и приземлении. Оперение корабля целесообразно выполнить по схеме «бесхвостка» (3). Это снизит лобовое сопротивление и массу ВКС за счет отсутствия хвостового оперения. В качестве недостатков данной схемы можно выделить трудности в обеспечении заданных характеристик устойчивости и управляемости в потребном диапазоне скоростей, необходимость увеличения площади крыла, а также большие посадочные углы. Вертикальное оперение корабля выполнено по двухкилевой схеме с килями, разнесенными по кромкам крыла (1). Такое решение обусловлено не только избыточностью площади одиночного киля на некоторых участках полёта, но и требованиями к конструкции ВКС с точки зрения его стыковки с другими КА, так как Вертикальное оперение располагается в непосредственной близости от стыковочного агрегата. Первичный эскиз ВКС представлен на рис. 2.

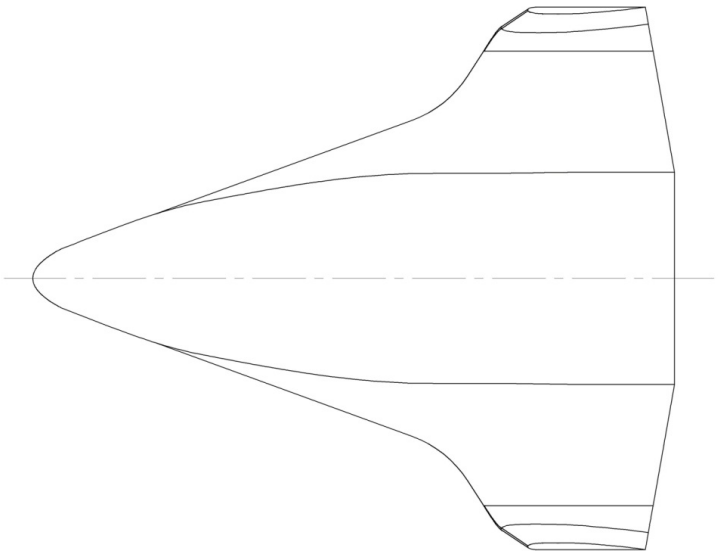

Рис. 2. Первичный эскиз ВКС

При расчете взлетной массы самолётов гражданской и военной авиации необходимо исходить из целевых задач проектируемого изделия, однако в данном случае это нецелесообразно, так как ВКС проектируется для использования совместно с конкретной ракетой-носителем. Выбранная ракета-носитель «Ангара-А3» способна выводить на орбиту высотой 200 км полезную нагрузку массой 15 тонн (5). С учетом наличия в системе системы аварийного спасения, переходного адаптера и дополнительных устройств, масса ВКС выбирается в первом приближении 13 тонн. Это сопоставимо с массой аналогичных систем, разрабатываемых как в Российской Федерации, так и за рубежом.

На поперечные размеры фюзеляжа накладываются следующие ограничения:

1. диаметр стыковочного шпангоута ракеты-носителя;
2. обеспечение необходимых объемов отсеков для размещения агрегатов, приборов, экипажа и полезной нагрузки;
3. стыковочное устройство;
4. возможности по транспортировке корабля различными видами транспорта.

Исходя из перечисленных факторов, выбирается основной диаметр фюзеляжа 3000 мм. Для получения продольного габарита планера ВКС необходимо решить в первом приближении задачу по компоновке корабля (4), выделив необходимые объемы для приборного, командного и агрегатного отсеков. В результате конструкторской проработки получены следующие длины отсеков:

1. приборный отсек – 3200 мм;
2. командный отсек – 4300 мм;
3. агрегатный отсек – 2500 мм.

Таким образом, получен общий продольный габарит планера – 10000 мм.

После определения основных габаритов фюзеляжа необходимо определить геометрию и характеристики крыла. Так как ВКС совершает полёт в широком диапазоне скоростей и его ЛТХ одинаково важны как на участке трансзвукового обтекания, так и на участке сверхзвукового обтекания, то целесообразно применить крыло с двойной стреловидностью. Из рекомендаций к значению стреловидности крыла выберем для основной трапеции стреловидность 45°, а для наплыва - 80°. Толщина базового профиля крыла выбирается в диапазоне от 9% до 16% от хорды. Это оптимальный диапазон относительной толщины для сверхзвуковых самолетов, однако, на участке гиперзвукового обтекания это приведет к увеличению лобового сопротивление и, как следствие, более интенсивному торможению ВКС в атмосфере. Также повышенная толщина профиля у

гиперзвуковых самолётов приводит к снижению температуры внутри конструкции крыла, что не может не сказаться положительно на температурной прочности изделия. Так как профилировка крыла практически не влияет на несущие свойства ВКС на гиперзвуковых скоростях, то профилирование выполняется в соответствии с правилами расчета геометрических характеристик крыла для сверхзвуковых и трансзвуковых самолётов. Профиль крыла выбирается из атласа аэродинамических профилей ЦАГИ (2), причём предпочтение отдается профилям, имеющим одинаково хорошие характеристики на трансзвуковых и сверхзвуковых скоростях. Ввиду того, что нижняя поверхность фюзеляжа ВКС представляет собой почти плоскую поверхность, то необходимо изменить выбранный профиль. Это с одной стороны приведет к ухудшению ЛТХ на трансзвуковом участке полёта, но с другой стороны положительно повлияет на способность ВКС к торможению в атмосфере и повысит эффективность использования экранного эффекта при посадке ВКС на ВПП.

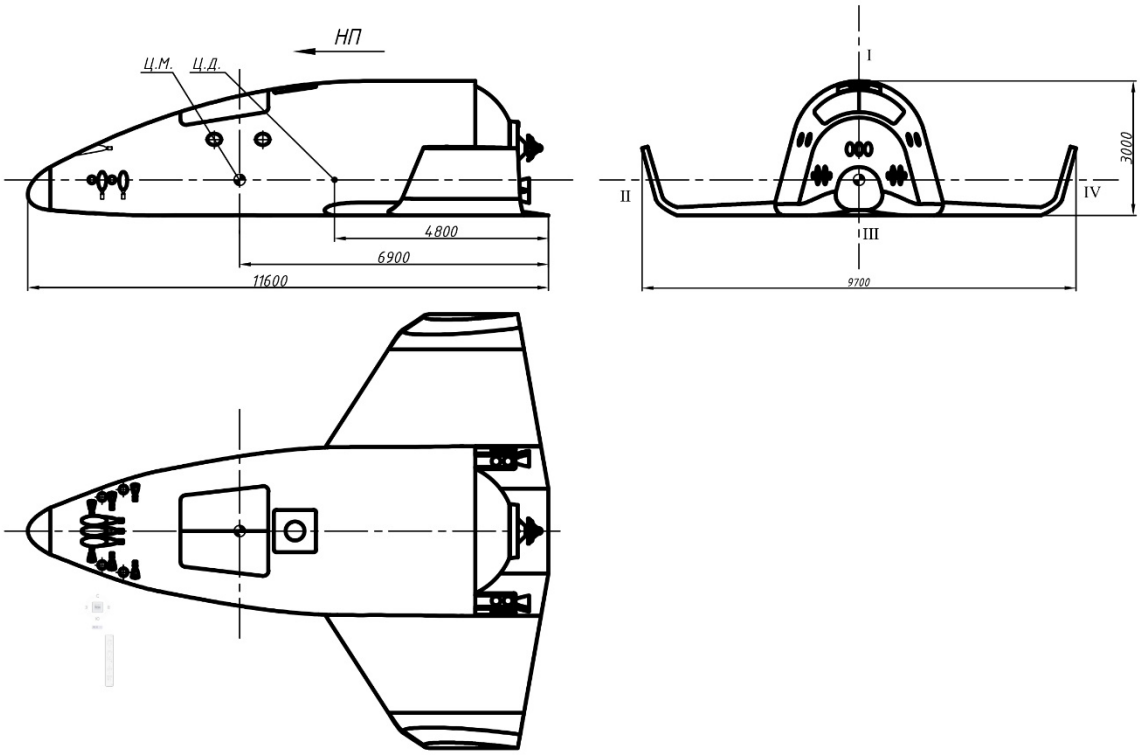

Рис. 3. Общий вид ВКС

Полученные приближённые данные были подвергнуты анализу с целью дальнейшей конструкторской проработки изделия. В итоге был разработан общий вид ВКС с учётом конструкции отсеков (Рис. 3). Была рассмотрена система управления ВКС на всех участках его функционирования, что дало возможность разместить на аппарате

органы управления – ЖРД и элевоны. В ходе компоновочной проработке была получена уточненная масса корпуса, приборов и агрегатов ВКС, а также массовые и инерционные характеристики КА. В результате аэродинамического расчета в программа SolidWorks Flow Simulation были получены приблизительные числовые значения аэродинамического качества ВКС на этапе планирования в атмосфере, а также местоположение центра давления. Для уточнения выбранной схемы ЛА необходимо выполнить ряд натурных испытаний в аэродинамической трубе с габаритными макетами ВКС.

Список литературы

1. Гридчин В.С. Эскизное проектирование самолётов: учебное пособие. М.: Изд-во МАИ, 2007. 76 с.: ил.
2. Кашафутдинов С.Т., Лушин В.Н. Атлас аэродинамических характеристик крыловых профилей. Новосибирск: Изд-во СНИИА им. С. А. Чаплыгина, 1994. 46 с.: ил.
3. Смирнов Ю.Д., Рулин В.И. Эскизное проектирование самолёта, выбор схемы и определение основных параметров и геометрических размеров самолёта: Методические указания. М.: Изд-во МАТИ, 1984. 75 с.: ил.
4. Туманов А.В. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 344 с.
5. Беляев А.В., Зеленцов Вл.В., Щеглов Г.А. Средства выведения космических летательных аппаратов: учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 56 с.: ил.
6. Энциклопедия крылатого космоса. Режим доступа: http://www.buran.ru/ (дата обращения 17.04.2015).
7. Armin Schieb. Available at: http://arminschieb.com/, accessed 17.04.2015.
8. Официальный сайт ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва. Режим доступа: http://www.energia.ru/ (дата обращения 17.04.2015).