

Барковский В.И.
Скопец Г.М.
Степанов В.Д.

**Методология
формирования
технического облика
экспортно
ориентированных
авиационных
комплексов**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ ®

УДК 623.822.7

ББК 68.53

Б 25

Барковский В.И., Скопец Г.М., Степанов В.Д. **Методология формирования технического облика экспортно ориентированных авиационных комплексов.** / Под ред. В.И. Барковского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 244 с. — ISBN 978-5-9221-0933-8.

В публикуемой монографии изложена методология формирования технического облика авиационных комплексов с учетом потребностей в них мирового рынка авиационной техники. Методология позволяет сформировать компромиссный технический облик авиационного комплекса в условиях противоречивости предъявляемых к нему требований страной-разработчиком и странами-потенциальными импортерами. Данная особенность обусловила необходимость корректировки целого ряда принятых методологических положений.

Издание предназначено широкому кругу специалистов по исследованию и проектированию образцов авиационной техники и их реализации на внешнем рынке. Содержащаяся в монографии информация будет полезна руководителям, в компетенцию которых входит принятие решений в области авиастроения.

ISBN 978-5-9221-0933-8

© ФИЗМАТЛИТ, 2008

© В.И. Барковский, Г.М. Скопец,
В.Д. Степанов, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень сокращений	5
Предисловие	7
Введение	11
Глава 1. Основные положения методологии формирования технического облика экспортно ориентированных авиационных комплексов	15
1.1. Общие положения методологии	15
1.2. Формирование понятийного аппарата и аксиоматики исследований	21
1.3. Определение объекта и предмета исследований	31
1.4. Разработка общей методологической схемы исследований	38
1.5. Выбор показателей оценки авиационного комплекса и критерия оптимизации его тактико-технических характеристик	46
1.6. Постановка задачи исследований и методический подход к ее решению	59
1.7. Методики и методы исследований	66
Глава 2. Методика синтеза авиационного комплекса	78
2.1. Объект и предмет синтеза в процедуре формирования технического облика авиационного комплекса	78
2.2. Основные положения методики синтеза авиационного комплекса при заданных тактико-технических требованиях	82
2.3. Оценка достоверности методики синтеза авиационного комплекса	111
Глава 3. Основные положения методик оценки авиационного комплекса	117
3.1. Методологические аспекты оценки авиационного комплекса при формировании его технического облика	117

3.2. Методика оценки боевого потенциала авиационного комплекса	121
3.3. Методики экономической оценки авиационного комплекса	152
3.4. Оценка конкурентоспособности	157
Глава 4. Основные положения методики оценки потребностей рынка	163
4.1. Термины и определения	163
4.2. Задачи, решаемые в интересах продвижения экспортно ориентированного авиационного комплекса на внешнем рынке	166
4.3. Основные положения методологического подхода к прогнозированию результатов проводимого тендера	168
4.4. Основные положения методики прогнозирования результатов тендера.	172
4.5. Факторы, учитываемые при расчете рейтингов	178
4.6. Расчет рейтингов факторов	190
4.7. Математическая модель прогнозирования результатов тендера	195
Глава 5. Методика формирования технического облика экспортно ориентированного авиационного комплекса	209
5.1. Основные положения методики проведения концептуальных исследований.	209
5.2. Основные положения методики проведения обличковых исследований	219
Список литературы	241

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АК	авиационный комплекс
АЛЦ	авиационная ложная цель
АСП	авиационное средство поражения
АСУ	автоматизированная система управления
АТ	авиационная техника
АФ	авиационное формирование
БН	боевая нагрузка
БП	боевой потенциал
БРЭО	бортовое радиоэлектронное оборудование
ВБ	военный бюджет
ВВП	валовый внутренний продукт
ВВС	военно-воздушные силы
ВВТ	вооружение и военная техника
ВПП	взлетно-посадочная полоса
ВПХ	взлетно-посадочные характеристики
ГППС	график площадей поперечных сечений
ЗРК	зенитный ракетный комплекс
КАВ	комплекса авиационного вооружения
КБО	комплекс бортового оборудования
КСК	конструктивно-силовая компоновка
КРЭП	комплекс радиоэлектронного противодействия
ЛА	летательный аппарат
ЛТХ	летно-технические характеристики
МВП	маловысотный полет
МСРР	метод статистического распределения рынка
НТД	нормативно-технический документ
ОМК	объемно-массовая компоновка
ОКР	опытно-конструкторская работа
ОПС	обзорно-прицельная система
ОТТ	оперативно-тактические требования
ПВО	противовоздушная оборона
РБЗ	расчетная боевая задача
РГ	расчетная группировка
РЛС	радиолокационная станция

РЭП	радиоэлектронное подавление
СКС	сверхзвуковая крейсерская скорость
СП	средство поражения
СУ	силовая установка
ТТЗ	тактико-техническое задание
ТТХ	тактико-технические характеристики
УР	управляемая ракета
ФЭ	функциональный элемент
ЭТХ	эксплуатационно-технические характеристики

ПРЕДИСЛОВИЕ

Анализ многолетней истории развития авиации в России показывает, что наиболее высоких результатов отечественное авиастроение достигло в области боевой авиационной техники. Основным фактором, обусловившим успехи в данной области, является создание в России авиационной науки мирового уровня. Максимально возможное внедрение результатов научных исследований и в настоящее время является одной из основных задач при создании боевых самолетов. Научные достижения в области аэродинамики, прочности авиационных конструкций, авиационного двигателестроения, систем управления, авионики и др. обеспечили возможность разработки образцов авиационной техники, обладающих высокими боевыми свойствами.

Совершенствование боевых самолетов, перманентное наращивание их боевых возможностей обусловило тот факт, что каждый образец нового поколения является носителем уникальных боевых свойств, выгодно отличающих его от аналогов предыдущего поколения. Достижения в указанных областях и в будущем следует рассматривать в качестве одного из основных условий создания высокоэффективных и надежных в эксплуатации боевых самолетов. Вместе с тем следует отметить, что научно-технические и технологические достижения еще не гарантируют преимущество нового поколения самолетов по сравнению с их предшественниками.

Непременным условием совершенствования боевых самолетов является проведение предварительных научных исследований технического облика разрабатываемого образца. Эти исследования должны включать определение концепции — основной идеи создания и боевого применения проектируемого самолета — и оптимизацию значений его тактико-технических характеристик и конструктивных параметров. Цель таких исследований состоит в обеспечении превосходства разрабатываемого образца над своими аналогами по уровню боевой эффективности и достижении его высокого эксплуатационного совершенства.

Важнейшей задачей формирования технического облика является определение концепции боевого самолета. Опыт

свидетельствует, что ошибочность концепции даже при условии полной реализации прогрессивных технических решений и технологий, как правило, приводит к негативному результату. В целях исключения ошибок принципиального, концептуального характера в процессе создания боевого самолета на ранних этапах его разработки проводятся опережающие научные исследования по оценке возможности создания образца рассматриваемой концепции. Такая технология гарантирует неременную реализуемость проекта. Без выполнения этого условия требования заказчика могут превратиться всего лишь в пожелания, которые при прогнозируемом на рассматриваемый период уровне развития авиационных технологий не будут технически реализованы.

Настоящая монография как обобщение результатов, полученных авторами при выполнении научно-исследовательских и проектных работ, направленных на научно-методическое обеспечение реализации такой технологии, представляется весьма актуальной. Особенностью монографии является то, что в ней приведено дальнейшее развитие научно-методического аппарата по формированию технического облика боевого самолета (по определению авторов — авиационного комплекса) в направлении учета требований мирового рынка авиационной техники. Учет таких требований обуславливает необходимость оптимизации характеристик образца из условия удовлетворения потребностей не только страны-разработчика, но и стран-предполагаемых импортеров. Возможная противоречивость требований Военно-воздушных сил страны-разработчика и потенциального импортера обуславливает необходимость принятия компромиссных решений, удовлетворяющих в определенной степени обе стороны.

Как показывает практика выполнения контрактов с инозаказчиками, особенностью реализации международных проектов, таких как программа разработки тактического истребителя «легкого» класса JSF, является то, что в них принимает участие большое количество фирм, в том числе и зарубежных. При этом не все смежники располагают научно-методической базой головного разработчика, используют одинаковые методические приемы и терминологию. Для успешной работы в таких условиях необходимо соблюдение единых для всех участников проекта методологических правил. Это может быть обеспечено, если они будут руководствоваться единой методологией, реализуемой на всех этапах жизненного цикла создаваемого образца.

Следует отметить, что чрезвычайное усложнение объектов кооперации обуславливает и усложнение взаимоотношений между ее участниками, следствием чего является в ряде случаев стремление смежников к автономии, к независимости от головного разработчика, что может привести к весьма неприятным последствиям. Стремление к обретению такой «независимости» при общей тенденции к объединению самолетных систем в интегрированные комплексы (интегрированный комплекс бортового оборудования, комплекс бортового вооружения и др.) нельзя считать продуктивным в организационном плане. Об этом свидетельствует весь предыдущий опыт развития боевой авиации.

В основе такого стремления к независимости лежат, как ни парадоксально это звучит, достижения в области информационного, математического, программного обеспечения и представление о том, что боевой самолет, например, истребитель — это набор информационно сопрягающихся систем, каждая из которых предназначена для решения своих конкретных задач. При таком представлении боевого самолета требования системного подхода как основы создания сложных иерархически устроенных систем полностью или частично игнорируются. В этом случае затрудняется возможность придания сложной системе одного из основных ее свойств, в соответствии с которым система обладает возможностями, не сводимыми к сумме возможностей составляющих ее элементов и не присущими ни одному из этих элементов. По определению Гегеля, целое (система) — это нечто большее, чем совокупность составляющих ее частей.

Комплексирование систем на информационном уровне путем только их информационной увязки, без учета условий и возможностей размещения оборудования на летательном аппарате не способствует достижению высокого качества, как самих систем, так и самолета в целом. Известны случаи, когда при таком подходе увеличение массы оборудования, размещаемого в носовой части, можно было компенсировать только за счет установки в хвостовой части балласта. В случае же принципиальной невозможности размещения оборудования в обводах фюзеляжа система размещается в контейнере.

Такая «интеграция» может привести в конечном итоге к превращению боевого самолета в «контейнеровоз». При этом опять же нарушается системность, поскольку решение о размещении оборудования в контейнере принимается как правило без учета его негативного влияния на летно-технические и эксплуатационные характеристики носителя, дополнительных затрат на хранение и техническое обслуживание контейнеров.

Одна из причин такого своеобразного понимания системности кроется в отсутствии серьезных публикаций в области применения системного подхода к решению задач, направленных на методическое обеспечение формирования технического облика боевых самолетов. Отсюда следует, что приведенные в монографии результаты необходимо рассматривать как актуальные и с точки зрения их образовательной функции, популяризации применения принципов системного подхода к сфере создания авиационной техники военного назначения.

Приведенные в монографии обобщения касаются самых ранних этапов создания образцов авиационной техники, выполняемых в интересах обоснования его концепции, оптимизации численных значений основных тактико-технических характеристик и выбора конструктивных параметров. Изложенные в ней методологические результаты направлены, прежде всего, на установление и формализованное описание системных причинно-следственных связей, проявляющихся при формировании технического облика образцов авиационной техники военного назначения. Философский уклон монографии, отсутствие в ней описания моделей, используемых для получения численных значений исходных показателей боевой эффективности, не следует воспринимать как недостаток, поскольку это потребовало бы другого уровня детализации материала и затруднило достижение основной ее цели.

Академик РАН
Р. А. Беляков

ВВЕДЕНИЕ

Авиационные комплексы (АК) как объекты исследований представляют собой разновидность летательных аппаратов, предназначенную для решения боевых задач и задач боевого обеспечения. Необходимость решения таких задач обусловила отличительные особенности АК среди других летательных аппаратов (ЛА), состоящие, прежде всего, в наличии необходимых для этого дополнительных систем: вооружения — для выполнения боевых задач (специального оборудования — для АК боевого обеспечения) и систем бортового оборудования, обеспечивающих применение этого вооружения (специального оборудования). В связи с этим под АК в настоящей работе понимается летательный аппарат, состоящий из планера, силовой установки (СУ), бортового оборудования и вооружения, обеспечивающий решение задач по предназначению с использованием систем и средств подготовки его к применению и управления или без них. Обоснование правомерности такого определения применительно к задачам формирования технического облика дается в главе 1 монографии.

Авиационные комплексы каждого нового поколения существенно отличаются от своих предшественников уровнем реализации уже известных боевых свойств, присущих их аналогам из предыдущего поколения (например, маневренности), и появлением принципиально новых свойств (например, сверхманевренности). Данная тенденция лежит в основе одной из основных закономерностей развития боевой авиационной техники, существование которой заключается в утверждении, что развитие боевой авиации — это непрерывное наращивание от поколения к поколению АК их обобщенных боевых свойств (мощности, мобильности, живучести).

Приведенная выше закономерность особенно прослеживается при анализе опыта развития авиационной техники (АТ) военного назначения, создаваемой, прежде всего, в интересах ее использования в составе ВВС страны-разработчика. Она обуславливается необходимостью обеспечения военной безопасности государства-разработчика, что делает приоритетным

наращивание эффективности АК и отодвигает на второй план другие факторы, включая экономические. Из нее следует, что экономить на эффективности образца вооружения опасно в силу значительности возможных последствий. К примеру, расчеты показывают [47], что при одинаковой исходной численности парка истребителей снижение боевого потенциала (БП) истребителя одной из противоборствующих сторон на 10% может привести к появлению подавляющего превосходства у стороны, вооруженной более эффективными истребителями, уже к шестому–седьмому боевому вылету.

Это обстоятельство ограничивает использование при исследовании антагонистических систем, к которым относятся и боевые самолеты, такого известного в исследовании операций критерия как минимум стоимости. Данный критерий применяется главным образом для оптимизации типажа (количества типов самолетов в парке и распределения численности парка между типами самолетов). При обосновании требований к конкретному разрабатываемому (модернизируемому) образцу его использование ограничивается, как правило, решением частных задач. К ним относятся задачи выбора среди возможных технических решений рационального при примерно одинаковой эффективности АК, достигаемой в результате их реализации. И даже показатели типа «стоимость/эффективность», например, стоимость, приходящаяся на единицу боевого потенциала, используются при условии ограничений, обеспечивающих недопущение уменьшения эффективности АК ниже некоторой предельной величины.

Проявление указанной выше закономерности развития АТ отразилось на результатах научно-методической работы, выполняемой в интересах обоснования технического облика АК. Классические постановки задачи исследования операций [13, 32, 55] потребовали уточнения в интересах учета факторов, связанных с чрезвычайной сложностью и антагонистичностью систем военного назначения. Такое уточнение было выполнено на основе максимального использования преимуществ системного подхода. Так, применительно к исследованиям образцов АТ как сложных технических систем военного назначения и процессов их функционирования с учетом иерархичности их структуры оказалось возможным разбиение операции на этапы и исследование на этих этапах отдельных обобщенных свойств АК.

Приведенная выше закономерность развития боевой АТ одновременно является и основной объективной причиной увеличения стоимости АК нового поколения (как эквивалента затра-

ченного труда) по сравнению с предыдущим поколением и роста продолжительности их разработки. Уровень затрат высокоинтеллектуального труда на создание боевого АК нового поколения, а, следовательно, и его стоимость достигли размеров, при которых разработка АТ превратилась в демонстрацию особых научно-технических и финансово-экономических возможностей отдельных государств мира. В этих условиях цена ошибки возросла настолько, что сделала их недопустимыми. Это, в свою очередь, обусловило необходимость проведения большого объема предварительных научных исследований в интересах исключения возможных ошибок в концепции АК и обоснованного задания его основных тактико-технических характеристик (ТТХ).

Актуальность проведения таких исследований в материалах ЦАГИ [54] определена следующим образом: «Современный период развития авиационной техники характеризуется возрастающей ролью ранних стадий проектирования и выбора облика летательного аппарата. Наблюдающееся во всем мире удорожание авиационной техники требует особенно тщательного подхода на этапе принятия решения о создании того или иного типа ЛА, поскольку возможная ошибка в требованиях, облике и оценке эффективности, допущенная на этой стадии, приведет впоследствии к большим невосполнимым потерям на всех последующих этапах жизненного цикла».

Потребность практики в результатах таких исследований определяет актуальность расширения содержания экономических оценок, использования наряду с чисто стоимостными показателями комплексных показателей, характеризующих как стоимость, так и эффективность АК и создания соответствующего научно-методического аппарата исследований. Такой подход к проведению экономических оценок потребовал развития методологии исследований по формированию технического облика перспективных АК, разработки совокупности моделей и методик, позволяющих выполнять как оценку отдельных свойств АК, так и его интегральную оценку с использованием комплексных показателей.

Актуальность данной задачи значительно возрастает применительно к экспортно ориентированным образцам АТ. Высокая стоимость образца, достигшая значений, при которых разработка АТ стала прерогативой только достаточно развитых в экономическом плане государств, привела к определенному сужению рынка, сокращению перечня предлагаемых потенциальным импортерам образцов АТ. Одновременно при возросших затратах на создание АК и стоимости серийного образца его

разработка в интересах только ВВС страны–разработчика стала чрезвычайно обременительной для государства. В этих условиях при разработке новых образцов АТ существенно возросла роль рыночных факторов, таких как конкурентоспособность, потенциальная емкость рынка и др., определяющих объем возможных поставок образцов АТ на мировой рынок в интересах получения определенной компенсации затраченных средств.

Необходимость учета потребностей рынка обусловила актуальность дальнейшего развития методологии и научно-методического аппарата формирования технического облика АК. Рациональный для страны–разработчика технический облик может оказаться неприемлемым для страны–потенциального покупателя в силу различных условий оперативно-тактического или экономического плана. Методология и научно-методический аппарат исследований потребовали доработки в направлении учета потребностей рынка и возможностей их удовлетворения за счет поставок исследуемого АК. Основные результаты доработки методологии исследований в данном направлении приведены в настоящей монографии.

Естественно принять, что создание методологии формирования технического облика АК с учетом его возможных поставок на внешний рынок АТ должно базироваться на уже достигнутых научно-методических результатах [5, 6, 11, 29, 34, 38, 43] и представлять собой дальнейшее развитие методологии, созданной в интересах решения аналогичных задач применительно к потребностям страны–разработчика. Совершенствование научно-методического аппарата формирования технического облика АК, методик и моделей, используемых в процессе исследований АК, в направлении учета возможности их поставок на внешний рынок, составляет основную цель настоящей монографии. Методология исследований, основные положения которой приведены ниже, является обобщением научно-методических результатов, полученных применительно к боевым АК (истребители, ударные АК, многофункциональные АК, способные решать как истребительные, так и ударные задачи). Вместе с тем, ее основные положения носят в значительной степени универсальный характер. Они могут быть использованы при обосновании технического облика АК другого предназначения. Принципиальные отличия при этом будут определяться спецификой интегральной оценки их эффективности, обусловленной особенностями решения конкретных задач в соответствии с предназначением исследуемых АК (боевой, транспортный, разведывательный, другие потенциалы).

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА ЭКСПОРТНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

1.1. Общие положения методологии

Исследования по формированию (обоснованию) технического облика авиационных комплексов требуют наличия методологии и соответствующего научно-методического аппарата: методик и моделей, совокупность которых должна удовлетворять определенным методологическим требованиям и условиям. Понятие «методология» в философском аспекте трактуется как учение о методе научного познания мира. При решении практических задач данное понятие рассматривается и как совокупность приемов исследований, используемых в какой-либо науке [9]. Применительно к задаче обоснования технического облика авиационных комплексов, методологию исследований в обобщенном смысле можно трактовать как некоторую **совокупность положений, определяющих содержание исследований, последовательность и методы их проведения.**

В соответствии с общей теорией систем [19, 31, 33, 42] выбор фундаментальных основ для разработки положений, определяющих содержание, последовательность проведения и методы исследований, применительно к формированию технического облика боевых АК должен производиться с учетом принципиальных особенностей объектов исследований. Анализ опыта исследований, связанных с обоснованием требований к АК различного предназначения, накопленного к настоящему времени [5, 6, 21, 34, 39, 50, 51], показывает, что при решении таких задач, в качестве объектов исследований, как правило, рассматривается или отдельный АК, или некоторая их совокупность (боевой наряд, авиационное формирование, расчетная группировка и т. д.).

Данные объекты относятся к классу сложных систем, функционирование которых подходит под определение операции ¹⁾. В связи с этим в качестве фундаментальной научной базы для разработки методологии и научно-методического аппарата исследований таких объектов используются, как правило, общая теория систем и теория исследования операций.

Практическую цель любого исследования в общем виде можно представить как обеспечение возможности оценки некоторого процесса преобразования, на входе которого имеются располагаемые ресурсы (затраты), трансформируемые в ходе реализации процесса в доходы и прибыль на выходе [32]. Такой методологический подход присущ, главным образом, для систем неантагонистического характера. Системы военного назначения, являющиеся антагонистическими, обладают рядом специфических особенностей, предъявляющих определенные требования к методологии их исследований.

Основной из этих особенностей следует считать то, что решение боевой задачи представляет собой процесс, связанный с необходимостью преодоления противодействия природной среды, в которой происходит боевой полет, и организованного противодействия «разумного» противника («разумность» противника делает обязательным оптимизацию его поведения при организации противодействия). При этом, организуя противодействие, противник ставит перед собой задачу, противоположную задаче исследуемого АК («выжить» и «уничтожить»). Эта особенность обуславливает необходимость учета ряда факторов, не присущих системам гражданского назначения, имеющих в большинстве своем неопределенный характер, таких как:

- состояние и перспективы развития систем вооружения вероятного противника, определяющих в значительной степени характер и эффективность противодействия исследуемому АК при его боевом применении;
- условия боевого применения исследуемого АК (климатические, физико-географические, погодные, время суток), связанные с природной средой;
- условия боевого применения, обуславливаемые организованным противодействием противника (противодействие противовоздушная оборона (ПВО), маскировка, радиоэлектронное подавление (РЭП)).

¹⁾ Операция — это любое мероприятие (или система действий, объединенных единым замыслом), направленное к достижению определенной цели [13].

Кроме того, при исследованиях по обоснованию технического облика разрабатываемого (модернизируемого) АК должны учитываться научно-технические возможности, определяющие способность технически реализовать принимаемые решения, обеспечивающие наращивание боевых возможностей перспективных АК. В общем случае при создании нового АК технические возможности также будут носить неопределенный характер, обусловленный неопределенным характером возможностей по решению технических проблем в процессе его разработки.

При модернизации существующих АК эта неопределенность зачастую создается в некотором смысле искусственно. Модернизация предполагает улучшение уже существующего АК за счет замены его подсистем или их элементов более эффективными. Однако известны случаи принятия решения об использовании при модернизации АК подсистем, находящихся на различных стадиях разработки. В этом случае неопределенность, обуславливаемая техническим риском не получить подсистему в заданный срок, будет распространяться на модернизацию АК в целом.

Учитывая приведенное выше определение методологии и изложенные особенности исследования систем военного назначения, можно априори принять, что методология обоснования рационального технического облика должна обеспечивать выявление основных закономерностей развития АК рассматриваемого класса как фундаментальной базы их совершенствования. Выявленные закономерности будут являться основой для выполнения анализа, направленного на установление назревших противоречий между оперативно-тактическими потребностями, диктуемыми изменившимися условиями применения АК на рассматриваемую перспективу, и боевыми возможностями находящихся на вооружении прототипов (АК предыдущего поколения) в новых условиях их боевого применения. Данные противоречия будут обуславливать проблему, которую необходимо решить в процессе исследований по обоснованию технического облика АК, и определять направления совершенствования АК в интересах ликвидации образовавшегося дефицита боевых возможностей. Все это, в конечном итоге, определит оперативно-тактическую сторону концепции АК.

Практически все указанные выше особенности систем военного назначения связаны с тем, что условия их создания и применения не могут быть достаточно точно определены на рассматриваемую перспективу, которая при исследовании АК новых поколений может достигать 50 лет. И в то же время,

учет неопределенности для военных систем вообще и авиационных комплексов в частности, имеет принципиальное значение, что, в свою очередь, будет определять многие методологические аспекты. Прежде всего, они будут обуславливать особенности использования аппарата исследования операций как науки, широко применяемой при решении различных задач в военной области.

Исследование операций занимается преимущественно изучением процессов, основными объектами исследований в которых являются функциональные системы. При этом характер функционирования и эффективность исследуемой системы зависит от решений, принимаемых управляющим ею человеком (в отличие от систем, находящихся вне сферы управляющих воздействий человека, а подчиняющихся лишь действию законов природы). Однако сами по себе эти процессы протекают под воздействием целого ряда случайных факторов.

Данная особенность в полной мере проявляется при обосновании технического облика АК с использованием методического аппарата исследования операций, поскольку рассматриваемые при этом процессы, с одной стороны, носят стохастический характер, а с другой — практически все они являются управляемыми (за исключением процессов применения неуправляемых средств поражения). Например, воздушный бой ведется в условиях периодического воздействия на самолет случайных факторов (отказы систем, ошибки летчика, нестационарность среды, нестабильность характеристик ЛА и его силовой установки, воздействие противника и т. д.). И в то же время, процесс воздушного боя является управляемым процессом, в котором преобладающими являются не случайные, а управляющие воздействия. Летчик, ведущий бой, ставит перед собой вполне определенные цели и добивается их достижения в рамках присущих ему психофизиологических возможностей и ограничений, накладываемых техникой, которые вряд ли можно считать случайными.

Другим методологическим аспектом формирования технического облика АК является необходимость учета контрмер, которые неизбежно будет предпринимать «разумный» противник в ответ на возможную угрозу. В связи с этим, принимая то или иное решение в процессе формирования технического облика АК, необходимо оценивать устойчивость исследуемого АК к возможным контрмерам противника. Данная особенность обоснования систем военного назначения, обусловленная необходимостью учета известного принципа устойчивости вооружений, выдвигает специфические требования методологического харак-

тера. Она обуславливает исключительную важность процедуры оценки устойчивости получаемого результата к возможным изменениям условий боевого применения, возникающим в результате контрмер, которые могут быть предприняты вероятным противником, приспособленности АК к проведению мероприятий по его модернизации в случае появления дефицита боевых свойств.

Анализ развития авиационной техники показывает, что от поколения к поколению АК происходит существенный рост их боевой эффективности. Считается, что АК нового поколения должен превосходить свой прототип по боевой эффективности не менее чем в 2 раза в условиях боевого применения, характерных для рассматриваемой перспективы. В противном случае создание АК нового поколения нерационально. Естественно, что такое наращивание боевой эффективности возможно при условии реализации на АК нового поколения прогрессивных технологий в областях, связанных с созданием авиационной техники. В свою очередь, реализация новых достижений сопряжена со значительным усложнением АК нового поколения по сравнению с прототипом и вытекающим из этого увеличением риска заказчика не получить планируемую эффективность АК к установленному времени принятия его на вооружение.

Сроки решения возникающих при создании АК научно-технических проблем в силу их неопределенного характера не могут быть спрогнозированы заранее с достаточной точностью, следовательно, их необходимо отнести к неопределенным факторам. Для уменьшения влияния неопределенности решения возникающих научно-технических проблем на конечный результат (сроки завершения разработки АК и его эффективность) обычно принимаются различные организационные меры, направленные на опережающее создание научно-технического задела. Это позволяет в значительной степени уменьшить влияние указанной неопределенности, однако полностью ее не исключает.

Усложнение авиационной техники нового поколения по сравнению с предыдущим приводит к существенному увеличению потребных на ее разработку средств и времени создания, которое достигает 10–15 лет и более. Такое увеличение времени разработки требует принятия организационных мер, снижающих воздействие неизбежно возникающего при этом фактора морального устаревания АК уже в процессе его создания. Одной из таких мер является поэтапная разработка АК, когда доведение его до уровня требований заказчика осуществляется поэтапно. Это позволяет ускорить принятие АК на вооружение

за счет того, что на образцах начальных этапов реализуются только те технические решения, которые в наибольшей степени отработаны. Более раннее поступление в войска АК 1-го этапа позволяет начать освоение его в эксплуатации. Данный фактор должен учитываться в процессе исследований по обоснованию технического облика перспективных АК. Методология исследований при этом должна включать в качестве одного из этапов их выполнения обоснование рациональной этапности работ по доведению АК до уровня требований заказчика.

Применительно к экспортно ориентированным АК методический подход к обоснованию рациональной этапности может быть использован для обоснования рациональных путей удовлетворения потребностей инозаказчиков в авиационной технике, которые в общем случае могут значительно отличаться и даже носить противоречивый характер. Суть его состоит в том, что по требованию заказчика АК может быть укомплектован различными системами, в том числе и иностранного производства или отечественного производства предыдущего поколения. Такой подход может быть использован в условиях ограниченности финансовых возможностей, а также, исходя из условий, определяемых возможной угрозой национальной безопасности страны-импортера.

Авиационный комплекс как объект исследований представляет собой сложную техническую систему. Следовательно, его исследования должны проводиться с системных позиций, а методология исследований должна базироваться на основных принципах системного подхода как диалектико-материалистического метода познания. В связи с этим, в соответствии с основными положениями прикладной общей теории систем, методология исследований по обоснованию технического облика АК в общем случае должна включать следующие задачи [19, 39]:

- разработка понятийного аппарата (понятий и определений, используемых в ходе исследований), обеспечивающего однозначность толкования основных положений, характерных для рассматриваемой предметной области;
- описание АК как объекта исследований, построение его математической модели и моделей боевого функционирования, обеспечивающих проведение исследований с использованием аппарата исследования операций;
- разработка общей методологической схемы исследований, определяющей перечень и последовательность операций

(этапов исследований), с учетом приведенных выше методологических аспектов;

- выбор показателей оценки АК и критериев оптимизации его технического облика;
- разработка аксиоматики (определение ограничений и условий исследований);
- математическая постановка задачи исследований и обоснование методического подхода к ее решению;
- разработка методов и методик исследований, организованных специальным образом в интересах обоснования технического облика АК.

Приведенный выше содержательный перечень работ определяет основные задачи, которые должны быть решены в процессе разработки методологии. Данный перечень является общим при формировании АК как в интересах собственных ВВС, так и экспортно ориентированных АК. Он не будет зависеть от того, в интересах обеспечения обороноспособности какого государства предполагается использовать исследуемый АК, поскольку и в структуре, и в содержании методологии отсутствуют факторы, характерные только для экспортно ориентированных АК. В связи с этим при дальнейшем изложении материала термин «экспортно ориентированный» будет использоваться только в случаях наличия принципиальных методических отличий. Результаты решения перечисленных методологических задач изложены ниже.

1.2. Формирование понятийного аппарата и аксиоматики исследований

Процедура формирования понятийного аппарата при разработке методологии обоснования рационального технического облика АК является едва ли не самой сложной, поскольку любое определение не в состоянии охарактеризовать все стороны рассматриваемого объекта. Кроме того, содержание того или иного термина (понятия), как правило, зависит от того, с какой целью оно используется. Так, например, в содержание одного и того же термина «авиационный комплекс» закладывается различный смысл при его разработке (исследования, проектирование, испытания) и в учебном процессе при его освоении.

При исследованиях технического облика АК и его разработке (проектирование, испытания) авиационный комплекс представляется как единый объект, неделимость которого определяется наличием решений уравнений существования и боевой

эффективности АК рассматриваемого предназначения. Обеспечивающие его применение системы (управления, технического обслуживания и др.) рассматриваются по отношению к нему как внешние, которые не являются строго обязательными. В учебном процессе, имеющем целью показать взаимосвязь между всеми системами и структурами, участвующими в выполнении боевой задачи, АК представляется как система, включающая ЛА (истребитель, штурмовик, разведчики т. д.), непосредственно наносящий боевой (информационный) ущерб противнику, и обеспечивающие его применение системы.

Неоднозначным является и понятие «формирование технического облика», используемое при проведении исследований и при проектировании (более подробно данный вопрос рассматривается в главе 2 монографии). Неоднозначно трактуется и понятие «летательные аппараты» при составлении классификатора и при изучении их конструкции. Можно привести и другие примеры неоднозначности определений. В связи с этим представляется возможным допустить, что определения одного и того же объекта (действия) могут отличаться в зависимости от того, в каком процессе они преимущественно используются и какие из его особенностей (параметров, причинно-следственных связей и т. д.) принимаются в качестве наиболее существенных.

Естественно предположить, что определения, используемые в методологии формирования технического облика АК, должны учитывать, прежде всего, основные, наиболее существенные признаки АК, те его особенности, которые проявляются в наибольшей степени на стадии выполнения опытно-конструкторских работ (ОКР) (исследования, проектирование, испытания). Ниже приводятся термины и определения, наиболее часто используемые при решении задач формирования технического облика АК на ранних этапах его создания (исследования, аванпроектная проработка, эскизно-техническое проектирование).

Методологический аспект процедуры определения того или иного понятия можно сформулировать следующим образом: **дать определение — это значит одно понятие подвести под другое, более широкое, указав при этом его наиболее характерные особенности.** Например, хлеб — это продукт питания, состоящий..., изготавливаемый методом Или, управляемая ракета — это средство поражения.... Руководствуясь этим общим принципом, в монографии даны определения наиболее часто встречающихся понятий в целях обеспечения

однозначности их толкования. Основными из таких понятий являются:

Авиационный комплекс. Авиационные комплексы можно отнести к классу летательных аппаратов, включающему самолеты, вертолеты, аэростаты, ракеты и т. д. Следовательно, более широким понятием при определении АК является понятие «летательный аппарат». Характерным признаком АК является его состав. Очевидно, что для обеспечения решения возлагаемых на АК задач в соответствии с его предназначением, он должен представлять собой совокупность планера и размещаемых в нем (на нем) силовой установки, комплекса бортового радиоэлектронного оборудования (КБО) и комплекса авиационного вооружения (КАВ).

Однако на современном этапе развития авиационной техники приведенная выше совокупность, объединенная в единую конструкцию, не всегда может обеспечить эффективное решение задач по предназначению. Для этого в ряде случаев требуются специальные наземные технические средства, обеспечивающие подготовку к полету, составление полетного задания. В перспективе при условии наличия централизованной заправки топливом наземные средства технического обслуживания будут заменены бортовыми. Также для организации применения АК необходимы средства управления им в воздухе для наведения на воздушную цель и обеспечения безопасности воздушного движения, не являющиеся принадлежностью конкретного АК.

С учетом этого можно дать следующее определение АК:

Авиационный комплекс — это летательный аппарат, состоящий из планера, силовой установки, бортового оборудования и вооружения, обеспечивающий решение задач по предназначению с использованием систем и средств подготовки его к применению и управления или без них.

В соответствии с таким определением в состав АК включаются технические системы, которые, будучи функционально объединены в единый комплекс, обеспечивают его применение по конкретному предназначению. При этом между всеми элементами АК существует жесткая связь, исключение даже одного элемента из приведенной выше совокупности является достаточным условием, чтобы АК перестал выполнять свое предназначение, поскольку он теряет в этом случае возможность выполнения боевого полета в целом или отдельных его этапов. Так, отсутствие двигателя исключает возможность полета,

а отсутствие комплекса бортового оборудования — возможность выполнения боевой задачи, и т. д.

Обеспечивающие применение АК системы (система средств технического обслуживания, наземная система наведения на воздушную цель, наземная система подготовки полетных заданий и др.) не являются строго обязательными, однако они могут способствовать более эффективному использованию АК по назначению. Так, например, при сопровождении ударных групп истребители выходят из зоны действия наземной автоматизированной системы управления (АСУ), однако поставленную задачу при этом выполняют. Сама же эффективность АК, характеризующая степень его приспособленности к нанесению противнику ущерба (боевого, информационного и т. д.), будет зависеть исключительно от ТТХ АК. Например, эффективность истребителя в воздушном бою (ВБ) при условии управления им подготовленным летчиком будет зависеть исключительно от его летно-технических характеристик (ЛТХ), характеристик оборудования и вооружения.

Приведенное выше определение АК полностью согласуется с понятием «комплекс» (от лат. *Complexus* — связь, сочетание) — совокупность предметов или явлений, составляющих одно целое [9]. Отличительной его особенностью от других, используемых в настоящее время определений, является то, что в состав АК не включен экипаж. Это позволяет избежать парадокса, состоящего в том, что при включении в состав АК экипажа (летчика) авиационный комплекс существует только тогда, когда летчик находится в кабине. Только в этом случае совокупность составных частей АК будет составлять единое целое. А подготовка к полету выполняется уже не на авиационном комплексе, поскольку экипаж в этом случае, как правило, отсутствует. Кроме того, анализ работ по формированию технического облика АК показывает, что среди исследуемых ТТХ АК, определяющих его технический облик, нет характеристик, присущих непосредственно летчику.

Авиационный комплекс при таком определении рассматривается как чисто техническая система, как средство, обеспечивающее решение экипажем поставленной ему боевой задачи. Влияние биологической составляющей (экипажа) должно в этом случае учитываться путем введения констант, определяющих затраты массы АК на размещение непосредственно самого экипажа и системы его жизнеобеспечения и спасения. Влияние экипажа на эффективность АК в процессе его боевого применения учитывается в этом случае путем введения физических и пси-