



РАДАРЫ «ФАЗОТРОНА» СЕГОДНЯ:

научно-технические и организационные аспекты проблемы разработки



Юрий ГУСКОВ,
 первый заместитель генерального
 директора — генеральный конструктор
 АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР»,
 кандидат технических наук,
 почетный радист,
 лауреат Государственной премии РФ



Николай ЖИБУРТОВИЧ,
 главный научный сотрудник —
 руководитель группы координации
 перспективных научных исследований
 АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР»,
 доктор технических наук, профессор,
 почетный радист

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СИСТЕМ

Проанализируем, прежде всего, те особенности проектируемых систем, которые наиболее ярко проявились в последние десятилетия.

1. Для разработки и эксплуатации современных боевых авиационных систем (БАС), относящихся к классу сложных технических систем, необходимо располагать все большими материально-техническими и временными ресурсами. Учитывая высокую трудоемкость проектирования и обслуживания таких систем, конструкторы стремятся в максимальной мере увеличить их жизненный цикл, т.е. интервал времени, на котором система обеспечивает эффективное решение функциональных задач. Например, при среднем сроке на разработку самолёта фронтовой авиации 10 лет, продление его жизненного цикла в 2,5-3 раза указывает на сохранение авиационной системой своих боевых свойств в течение 25-30 лет. Примером может служить модернизация МиГ-21-93 с помощью бортовой радиолокационной системы (БРЛС) «Копье».

В результате такого «омоложения» боевой потенциал самолёта-истребителя 3-го поколения увеличился в 3-4 раза, что позволило ему уверенно побеждать в учебных воздушных боях в Индии современные самолеты 4-го поколения F-15 и F-16 [1].

Современные технологии развиваются столь стремительно, что заранее предвидеть появление новых источников угроз на такой длительный срок не представляется возможным. Появляются новые виды угроз, например, беспилотные летательные аппараты, буксируемые ловушки и др. Следовательно, уже на этапе разработки

Дискретная адаптация при модернизации систем

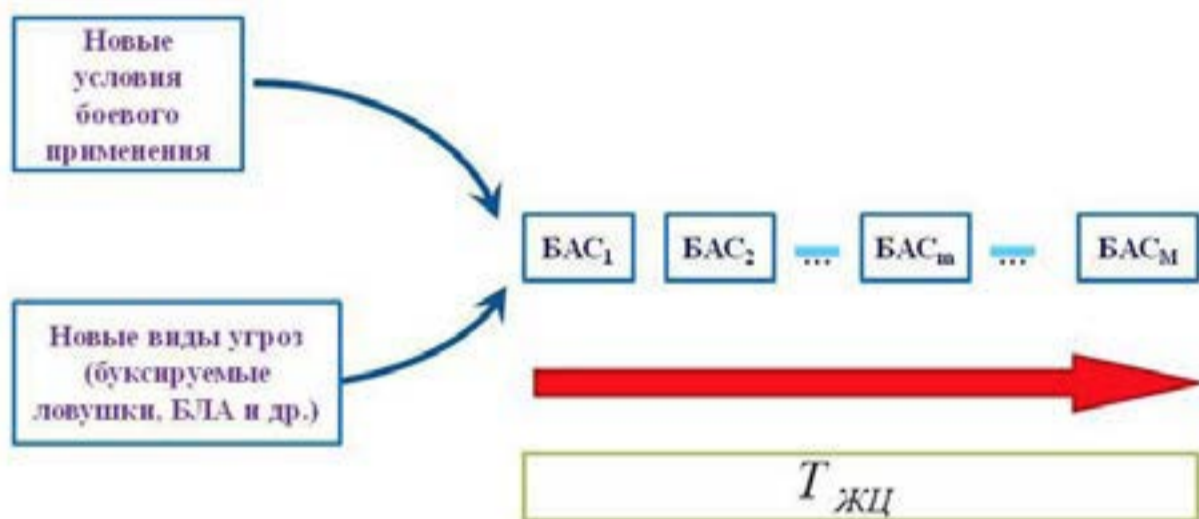


Рис. 1. Дискретная адаптация при модернизации систем

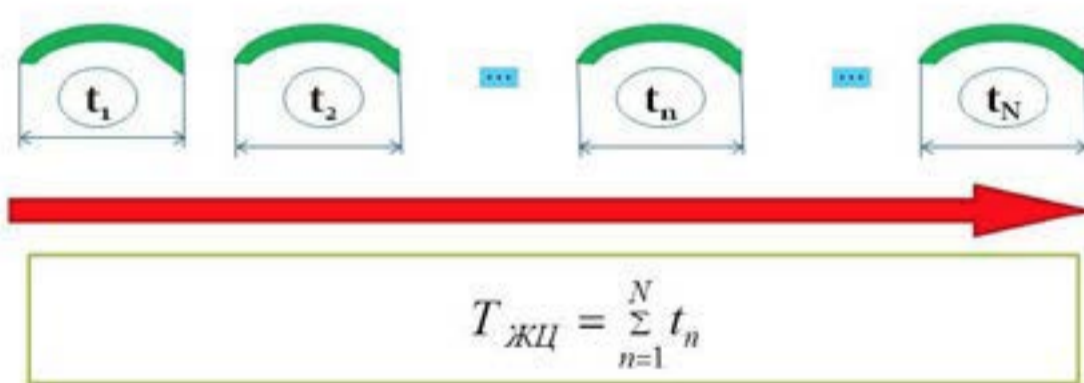


Рис. 2. Динамичность современных вооруженных конфликтов

боевой авиационной системы должна предусматриваться дискретная адаптация её структуры и параметров, например, в виде частичной модернизации отдельных элементов системы (Рис.1).

2. Важной предпосылкой для рационального проведения такой модернизации является различие в сроках отработки элементов боевой авиационной системы, например, БРЛС «Копье» и самолета-истребителя МиГ-21-93.

Условия боевого применения этих систем отличаются большим разнообразием, например, при ведении локальных и региональных конфликтов, и высокой подвижностью за счёт активного противодействия со стороны противника (Рис.2). Следовательно, должна быть предусмотрена адаптивность структуры и параметров систем внутри каждой их модификации. Так, например, во время локального конфликта в Югославии в 1999 г. смена в течение 1 месяца программного обеспечения системы РЭП американских бомбардировщиков позволила нейтрализовать РЛС ПВО (Рис.3).

Пример быстрой адаптации систем – конфликт в Югославии 1999 г.

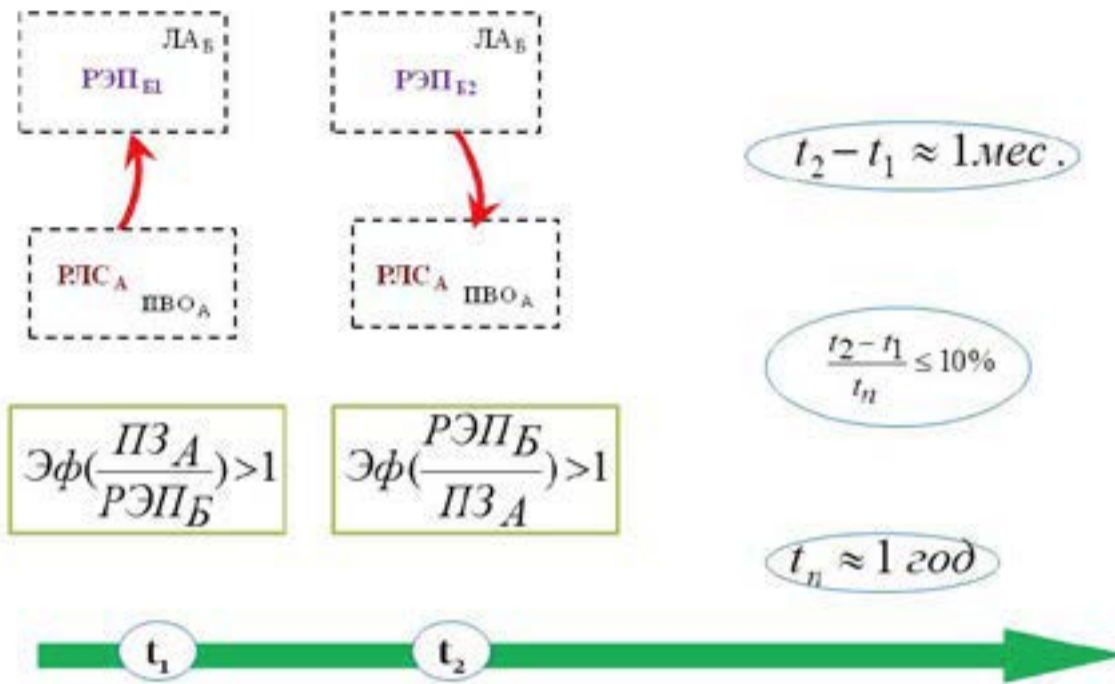


Рис. 3. Пример быстрой адаптации систем – конфликт в Югославии 1999 г.

опираются на перспективные технологии и существующие/ожидаемые аналогичные образцы вооружения потенциального противника, располагаемыми ресурсами Разработчика и ограниченным сроком жизни создаваемого образца. Так, например, программа 5-го поколения США (F-22) появилась в ответ на превосходство советских истребителей 4-го поколения (Су-27 и МиГ-29) над американскими самолётами F-15 и F-16.

Сформулируем основные направления разработки проблемы, вытекающие из системного подхода.

1. Целью проектирования является обеспечение максимального соотношения эффективности боевых авиационных систем и экономических затрат на всём жизненном цикле.

2. Работы над проектами разработки перспективных боевых авиационных систем должны проводиться при обязательном государственном финансировании. В основе проектирования таких систем должна лежать четко сформулированная концепция построения ВВС, нацеленная на достижение максимальной боевой эффективности в рамках оборонительной доктрины страны, и строго проводимая военно-техническая политика. При этом экономические аспекты должны не доминировать, а составлять важную её часть.

3. Сам по себе процесс создания боевых авиационных систем в рамках гособоронзаказа является затратным, и его оптимизация возможна только по критерию максимума соотношения боевой эффективности системы и экономических затрат на жизненном цикле. В современных условиях важным источником финансирования разработки таких систем служат экспортные заказы (Рис. 4).

4. Основу разработки составляет создание опережающего научно-технического задела и поддержание его на мировом уровне. Важно использовать и накопленный другими странами опыт проектирования перспективных систем, например, концептуальные просчёты в американской программе построения самолёта 5-го поколения F-22. Должны быть тщательно проанализированы возможности воздушных и наземных средств нападения (атаки) и разведки противника, даны четкие ответы на вопросы типа «для каких задач обороны или нападения предназначается проектируемая авиационная боевая система, как обеспечивается борьба с беспилотными летательными аппаратами (БЛА)» и т.п.

5. Современный опыт развития авиационной техники показывает, что рациональным стро-



Рис. 4. Корректный и ложный критерии оптимизации разработки БАС

ем фронтовой авиации является сочетание многофункциональных самолётов (многофункциональных истребителей (МФИ), легких фронтовых самолетов (ЛФС)) и специализированных летательных аппаратов (ЛА) (перехватчиков, штурмовиков, вертолётов, БЛА). При этом достигается максимальное соотношение боевой эффективности авиационной группировки и экономических затрат на всём жизненном цикле.

6. Концепции построения ЛА и бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) должны основываться на сбалансированном развитии всех их свойств. Многофункциональное БРЭО должно обеспечивать необходимой информацией бортовые системы управления оружием и РЭП различных ЛА, входящих в группировку фронтовой авиации. Вследствие этого БРЭО должно быть в максимальной степени унифицировано и обеспечено его взаимодействие в составе комплекса бортового оборудования [2].

7. Экспертный прогноз об актуальности разработки АФАР для БРЛС перспективных и модернизируемых самолетов-истребителей, сделанный более 20 лет назад и приведенный в [3], а именно: «производители БРЛС, не способные обеспечить производство АФАР, не смогут занять достойное место на мировом рынке, а если не заниматься разработкой АФАР, то фирмы потеряют рынок и перейдут в отстающие», подтверждается мировым опытом проектирования БРЭО. Сегодня все страны-производители многофункциональных самолетов-истребителей поколений 5 и 4+ стремятся разместить на них БРЛС с АФАР.

Перечисленные выше положения лежат в основе концепции разработки перспективных бортовых МФ РЛС, реализуемой в последние десятилетия в АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР». Ключевой стратегией при создании БРЛС является разработка АФАР. В основе такой точки зрения лежат следующие преимущества АФАР:

- БРЛС с АФАР имеет значительно меньшую стоимость жизненного цикла при большей надежности;
- обеспечивается существенный выигрыш в энергетике при излучении и приеме сигналов;
- значительно расширяются функциональные возможности пространственно-временной и частотной обработки сигналов;
- за счёт унификации монолитных элементов приемо-передающих модулей (ППМ) расширяются и возможности межвидовой унификации БРЛС, размещаемых на различных платформах;
- открытость архитектуры АФАР позволяет постепенно наращивать отдельные структурные элементы БРЛС по мере их отработки; при этом общая структура БРЛС не разрушается, но приобретает новое функциональное качество.

Концепция разработки семейства отечественных унифицированных БРЛС с АФАР в АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР» иллюстрируется на рис. 5-11.

В соответствии с общемировой практикой реализация БРЛС с АФАР на Фазотрон-НИИР происходила поэтапно и в широкой кооперации с научно-производственной фирмой «Микран», научно-исследовательским институтом полупроводниковых приборов (г. Томск), рязанским предприятием «Плазмаинформ» и коллективом учёных из МАИ. Сначала формировался демонстрационный вариант антенны, осваивалось проектирование и производство её ключевых элементов - ППМ, а затем создавался демонстрационный образец БРЛС для лётных испытаний. В результате к 2010 году Фазотрон-НИИР в разработке БРЛС с АФАР («Жук-АЭ») вышел на уровень мировых достижений (рис.5): впервые в России состоялось успешное боевое применение «Жук-АЭ» на самолёте-демонстраторе МиГ-35Д.

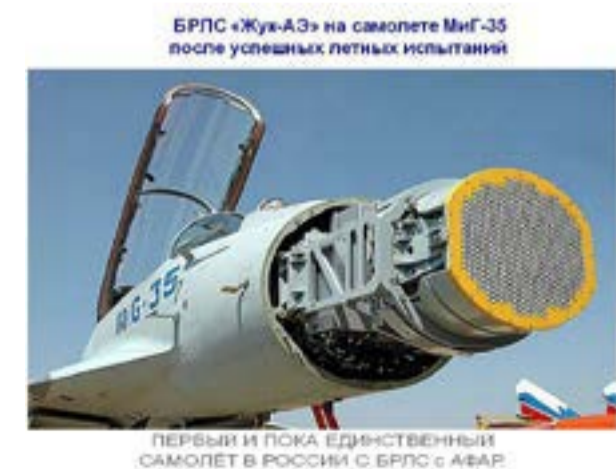
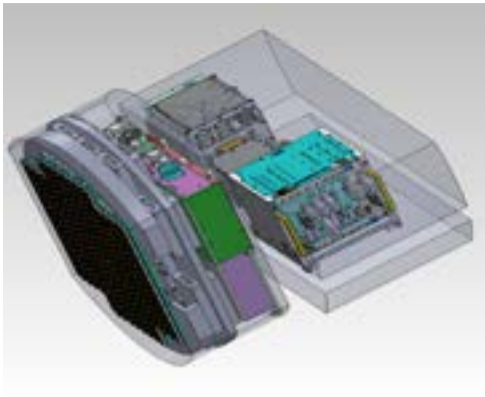


Рис.5. Впервые в России – успешное боевое применение «Жук-АЭ»

Дальнейшее развитие конструкции «Жук-АЭ» шло в направлении перехода от дискретно-интегральных элементов ППМ по технологии СВЧ-микросхем на арсениде галлия к изготовлению ППМ на базе трехмерных СВЧ-элементов с использованием технологии низкотемпературной (LTCC) керамики (рис.6). К основным преимуществам и особенностям LTCC-технологии можно отнести: экономичность, компактность, технологичность, существенное улучшение характеристик, расширение возможностей (3D интеграция), надежность, стабильность и др.

В процессе отработки элементов ППМ осваивается не только



а) конструкторская модель БРЛС



б) выставочный макет БРЛС

Рис. 6. Дальнейшее развитие конструкции «Жук-АЭ» - переход к технологии 3D в ППМ АФАР

Рис. 7. Корабельная РЛС с АФАР



а) макет РЛС



а) макет РЛС

X-диапазон, но также S, C, L и P-частотные диапазоны. Создается макет корабельной РЛС (рис.7) X и L-диапазонов в составе системы управления, предназначенной для обнаружения и сопровождения на траектории полета опасных воздушных объектов (в том числе малоразмерных и высокоскоростных), приближающихся к защищаемому объекту, с выдачей информации, предупреждающей об опасном сближении.

Разработаны также многодиапазонная многофункциональная корабельная РЛС с АФАР X, S и L-диапазонов (рис.8а) и малогабаритная РЛС с АФАР (рис.8б), которые предназначены для обнаружения надводных кораблей и воздушных целей с дальнейшей возможностью наведения управляемых ракет для их поражения.

БРЛС «Жук-АЭ» не только вписалась в габариты штатной станции «Жук-МЭ» со щелевой антенной решеткой, но и сохранила неизменными системы энергопитания и охлаждения,

имеющиеся на самолёте МиГ-35. Выгоды во всех отношениях очевидны. Такая эволюционность в развитии АФАР обеспечивает эффективную модернизацию «старых» самолётов. В качестве примера отметим «омоложение» МиГ-21 бис с помощью БРЛС «Копьё». Поэтому Фазотрон-НИИР предлагает установить современную БРЛС с АФАР на базе «Жук-АЭ» взамен входящей (в настоящее время) в состав бортового оборудования радара со щелевой антенной решёткой на самолётах семейства «МиГ» (рис.9). Подчеркнём, что это позволит не только значительно повысить боевые возможности, но и надежность всего авиационного комплекса.

Основные направления межвидовой унификации многофункциональных радиолокационных систем на базе АФАР показаны на рис.11. К ним относятся:

- использование блочно-модульного построения АФАР с масштабируемым количеством ППМ в зависимости от

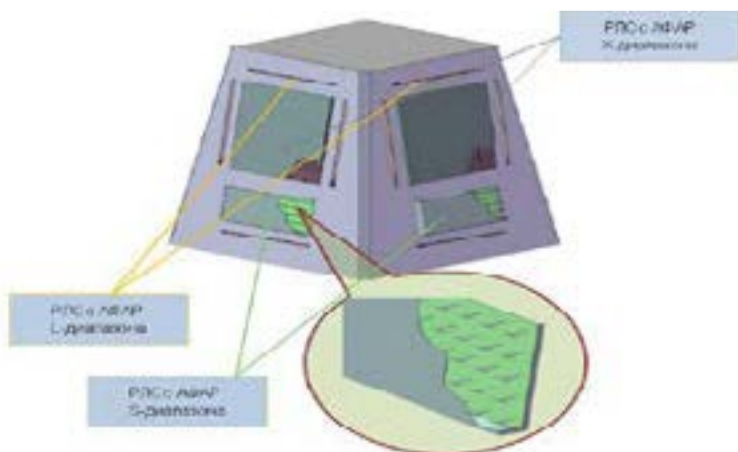


Рис.8а. Многодиапазонная многофункциональная корабельная РЛС с АФАР X, S и L-диапазонов

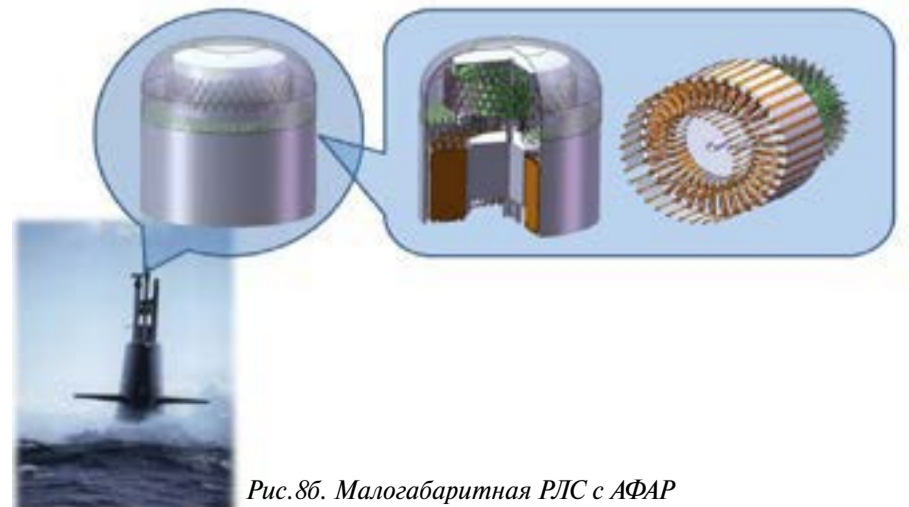


Рис.8б. Малогабаритная РЛС с АФАР



Рис. 9. Модернизация БРЛС на самолётах семейства «МиГ» на базе БРЛС «Жук-АЭ»



Рис. 10. Семейство БРЛС с АФАР для вертолетов

требуемой мощности, рубежей и точностных характеристик МФ РЛС;

- межвидовая унификация по модулям АФАР, алгоритмам обработки сигналов, протоколам обмена информацией, средствам отображения и управления;
- снижение стоимости изготовления за счет увеличения производства унифицированных модулей, блоков и приборов.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БРЛС

Важнейшей составной частью разработки авиационных боевых систем является организация процесса их проектирования, изготовления и отладки, обеспечивающая национальную безопасность России. Поэтому должна быть предусмотрена адекватная организационная структура предприятий, разрабатывающих такие системы, и наполненность этой структуры высококвалифицированными научно-техническими кадрами.

Прежде всего, предприятия-разработчики должны быть нацелены на обеспечение максимального соотношения эффективности боевых авиационных систем и экономических затрат на всем жизненном цикле. В нашей стране до недавнего прошлого жесткий контроль за соблюдением этого принципа обеспечивался отраслевой министерской вертикалью, восходящей к военно-промышленной комиссии.

После расформирования министерской структуры промышленности финансирование проектов идёт через госкорпорации, объединяющие коммерческие организации – акционерные общества (АО), работающие согласно федеральному закону от 26.12.1995

Межвидовая унификация многофункциональных радиолокационных систем на базе АФАР

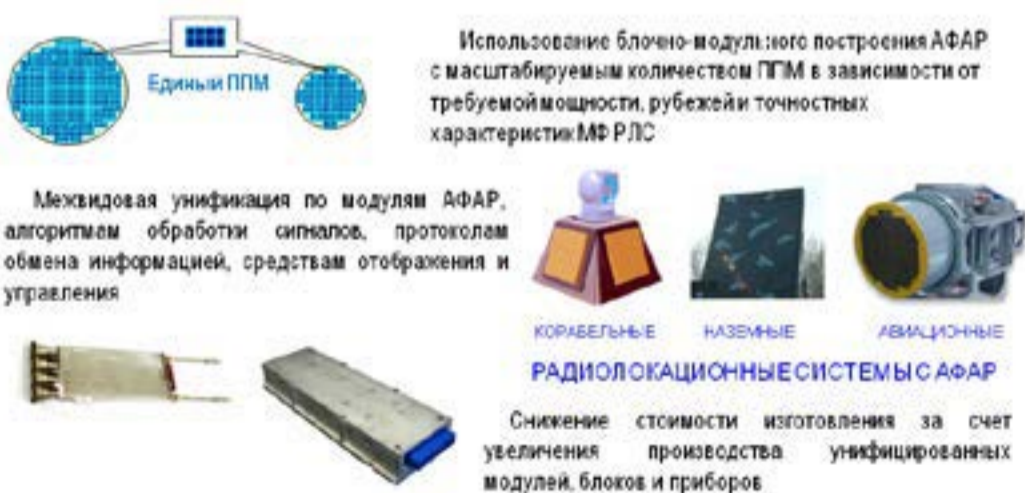


Рис. 11. Межвидовая унификация многофункциональных РЛС на базе АФАР

№ 208-ФЗ (ред. от 06.04.2015) [4]. В этом законе отсутствует рекомендуемая формулировка цели АО. Поэтому каждый учредитель трактует цель своего АО произвольно и в меру своих познаний о системном подходе. Корректная формулировка цели АО приведена, например, в образце типового устава ОАО «Оптовый продовольственный рынок», а именно: «Получение прибыли путем создания эффективного рыночного механизма взаимодействия производителя, оптового торговца и потребителя» [5]. Эта формулировка хорошо согласуется с основным критерием оптимизации сложной системы (рис.4а). Однако зачастую цель АО формулируется тривиально как


«извлечение прибыли» (см. например, [6]), что соответствует ложному критерию оптимизации разрабатываемой системы (рис.4б).

Как показывает анализ, выполненный в [1], тезис об обязательности государственной финансовой поддержки проектов разработки перспективных боевых авиационных систем строго соблюдается не только ведущими авиационными странами - США, Германией, Францией, но и странами с более скромными бюджетами, например, КНР, Японией, Швецией. Однако в нашей стране финансирование проектов идёт в основном через госкорпорации, в которых вследствие размытой ответственности оседают бюджетные деньги без должного развития отрасли.

Как правило, с четко изложенными концепциями зарубежных проектируемых боевых авиационных систем можно ознакомиться в открытой печати. Так, например, в основе создания китайского МФИ 5-го поколения «Цзянь-20»/J-20 лежит следующая логическая цепочка: цель – защита спорных островов, удаленных на 1000 км от границ КНР; на таком удалении проблематично вести эффективные воздушные бои с высокоманевренными и малозаметными МФИ типа F-22; выявляется уязвимое звено в боевых порядках потенциального противника (США) – маломаневренные и крупные самолеты дальнего радиолокационного дозора и топливозаправщики; именно эти ЛА выбираются в качестве объектов атаки для «Цзянь-20»/J-20. Напротив, задачи атаки по наземным объектам (режим «В-П») выделяются как приоритетные для другого проектируемого китайского ЛФС 5-го поколения «Цзянь-31»/J-31.

Отсутствие такой четкой концепции при создании F-22 и F-35 является основной причиной недостатков, которые все активнее проявляются в последнее время. К сожалению, аналогичным отечественным документам также присуща большая размытость. Соответственно, и военно-техническая политика проводится далеко не так строго, как это диктует научно-техническая постановка проблемы, и с перекосами в пользу сиюминутной экономии средств, выдаваемой за оптимизацию.

Для создания опережающего научно-технического задела и поддержания его на мировом уровне необходимо проведение фундаментальных и прикладных научных исследований; сохранение и развитие научных школ путем профессионального технического обучения, повышения квалификации, подготовки и переподготовки кадров, а также кадров высшей квалификации через аспирантуры ведущих предприятий-разработчиков. Многолетняя работа в этом направлении позволила, например, определить АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР» головной организацией в Российской Федерации по созданию радиоэлектронных систем управления вооружением истребительной авиации и закрепить эти виды деятельности в уставе организации [6]. Однако за последние десятилетия в управленческом звене предприятия произошла многократная ротация кадров, и сегодня решения по организации разработки новых БРЛС принимают так называемые «эффективные менеджеры», не знакомые со спецификой объекта управления. Именно с помощью таких исполнителей, игнорирующих перечисленные выше положения Устава АО, управляющей коммерческой компании удается эффективно разрушать предприятие, активно реализуя тезис об извлечении прибыли за счёт мнимой экономии средств. При этом действия управленцев противоречат и основным положениям руководящего правительственного документа «Основы государственной политики РФ в области авиационной деятельности на период до 2020 года», утвержденного Президентом РФ (№ Пр-804 от 01.04.2012).

Вот в таком сложном положении Фазотрон-НИИР продолжает вести работу по созданию перспективных БРЛС, а что касается организационных аспектов проблемы разработки боевых авиационных систем на ведущих предприятиях, то эти вопросы необходимо, на наш взгляд, срочно рассмотреть на уровне Военно-промышленной комиссии. 

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов Ю.Н., Жибуртович Н.Ю. Что защитит наше небо от «хищников». Подход к выбору рационального облика самолёта фронтовой авиации и его радиоэлектронного оборудования. «Авиапанорама». 2015, №2, стр. 8-18.
2. Гуськов Ю.Н., Жибуртович Н.Ю. Основные направления развития бортового радиоэлектронного оборудования летательных аппаратов различного назначения. «Фазотрон», 2011, № 3-4, стр. 28-33.
3. Гуськов Ю.Н. Концепция создания бортовой радиолокационной системы с активной ФАР. «Радиосистемы: Радиоэлектронные комплексы», 2002, №1, стр. 25-29.
4. Федеральный закон от 26.12.1995 N 208-ФЗ (ред. от 06.04.2015) «Об акционерных обществах».
5. Образец типового устава ОАО «Оптовый продовольственный рынок» - <http://penza-job.ru/dogovors/41/010.html>.
6. Устав Акционерного общества «Корпорация «Фазотрон-Научно-исследовательский институт радиостроения» (9 редакция), 2015 г. - <http://www.phazotron.com>.