

УДК 600-699.62

## **Разработка и развитие методов интеллектуального анализа данных как элементов функционирования бортового радиоэлектронного оборудования летательного аппарата стран НАТО**

**Колосов С.П.**

*СфераПро., ул. Ольшанского, 1А, Курск, 305018, Россия*

*e-mail: SemKast@yandex.ru*

### **Аннотация**

Рассмотрен элемент анализа данных ТТХ по параметру дальности работы систем на сформированной модели, с целью проведения базового и сравнительного анализов параметров и функциональности бортовых систем в рамках их противодействия, выстроенных на базе методов ИАД.

**Ключевые слова:** функции систем, системы истребителя, генерация новых функций судна, алгоритмы управления, функции моделирования в системах, ИАД методы, экспертные системы.

### **Введение**

Начиная с истребителей четвёртого поколения и с постепенным появлением пятого, летательные аппараты (ЛА) обладают более лучшими, техническими характеристиками, как самого планера – так и входящего в него бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО). Актуальность важности функциональности БРЭО и средств поражения (СП) становится при противодействии с равными или даже лучшими характеристиками, а также, в ряде случаев сопровождается превосходящим количеством ЛА противника.

Трудности, связанные с использованием высоких летно-тактических характеристик самолетов, естественно, дополняются обилием приборной

информации – информационным полем кабины (ИПК), возрастанием необходимости быстроты оперирования с пилотажно-навигационной аппаратурой и данными, системами управления самолетом и оружием. На данный момент, концепция автоматизации систем управления (СУ) движется в исключении нагрузки на пилота в ориентировании во множестве шкал, приборов, с целью передачи группы информации на экраны индикаторов, тк внимательность, память и другие психофизиологические способности летчиков также приближаются к пределу человеческих возможностей. Это наблюдается от ранних модификаций - к поздним [14]. Одноместный истребитель, где пилот лишен помощи других членов экипажа [1].

В функции управления входит наблюдение за воздушным пространством, а также за индикаторами тактической обстановки и в то же время наблюдение за индикаторами аварийной ситуации (АС). Иными словами, с расширением возможностей техники, бой становится более трудоемким—за меньшее время нужно выполнить больше действий. Вот и возникает противоречие «самолет способен, летчик не может». Развивается функционал всего БРЭО и возможностей бортовых радиолокационных систем (БРЛС) по обнаружению цели противника и применения средств поражения (СП) на более ранних дистанциях [2].

Также не обойтись без понимания того, как должна восприниматься и усваиваться пилотом поступающая информация от систем, наделённых функциями интеллектуального анализа данных (ИАД). Функциональность БРЭО ЛА должна быть в чёткой интеграции с системой средств поддержки принятия решений (СППР), содержащей функционал экспертной системы (ЭС). Исследования функций и задач, показали необходимость применения, как правило, гибридных экспертных систем (ГЭС), что значительно увеличивает как надёжность работы систем в целом – так и ускоряет процесс обслуживания, накопления знаний и обучение техсостава [1; 7]. Особенно важным становится функционирование СППР в предоставлении

более быстрого решения и его выбора, что значительно уменьшает время обдумывания ситуации пилотом – как один из подходов решения задач ИПК, при однозначном понимании и принятии решения. Данное свойство СППР значительно понижает трудозатраты техобслуживания БРЭО ЛА при регламентных работах, с применением алгоритмов встроенной системы контроля и визуализацией процесса прохождения маршрута индикаторами систем, что американские коллеги и попытались реализовать при разработке нового поколения, в интеграции с системами обучения, накопления и обработки знаний. Отдельные элементы данного функционала позднее, в рамках модернизации, реализованы на истребителях «4++»: F-18/A «Hornet», а также внедрены на истребителях «5» поколения – таких как на F-22 «Raptor» и F-35 «Lightning II» [4].

Так, к примеру, на американском экспериментальном перспективном истребителе XF-23 по программе ATF (предвестник программы JSF), было в 9 раз меньше переключателей, чем на ЛА 4 и 4+ поколения, и все позиционировались сбоку и на кресле лётчика [2; 14].

### **1. Цель**

Применение средств функционала СППР/ЭС, в интеграции с бортовыми и наземными вычислительными системами, в процессе разработки и эксплуатации систем ЛА, при сборе информации, с целью понижения значения времени обработки данных оборудованием [14].

### **2. Задачи**

1. Формирование структурных схем БРЭО ЛА НАТО;
2. Подготовка исходных данных и критериев оценки времени подготовки средств поражения (СП);
3. Применение систем экспертного типа (СЭТ) в интеграции с СППР, для возможности корректировки принятия решений пилотом.

### **3. Общие структурные схемы БРЭО отдельных ЛА НАТО**

Функциональность решения задач истребителем, зависит полностью от БРЭО – всё что предоставляется, то и применяет лётчик при выполнении различных задач.

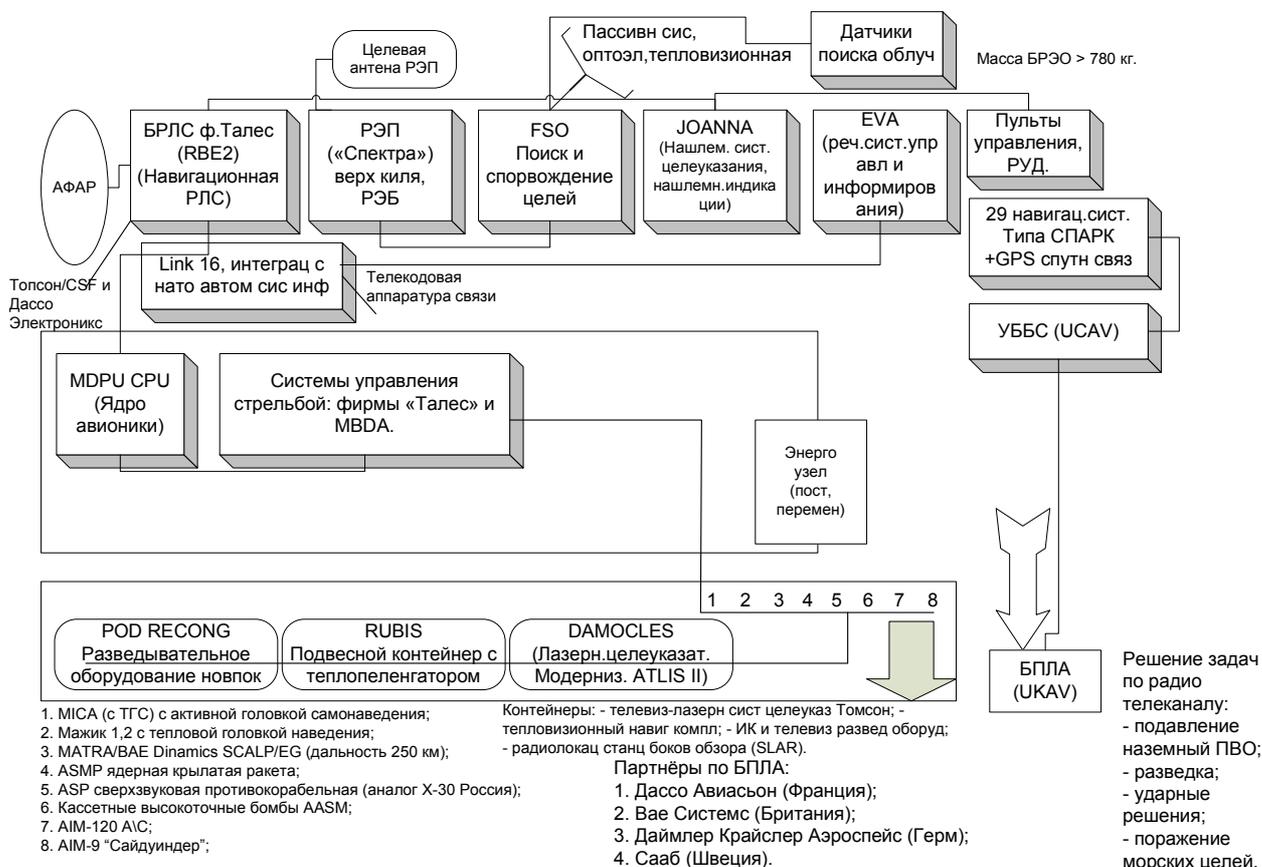


Рис. 1. Общая структурная схема БРЭО истребителя «Рафаль» (Франция: 4++ ..5 поколение)

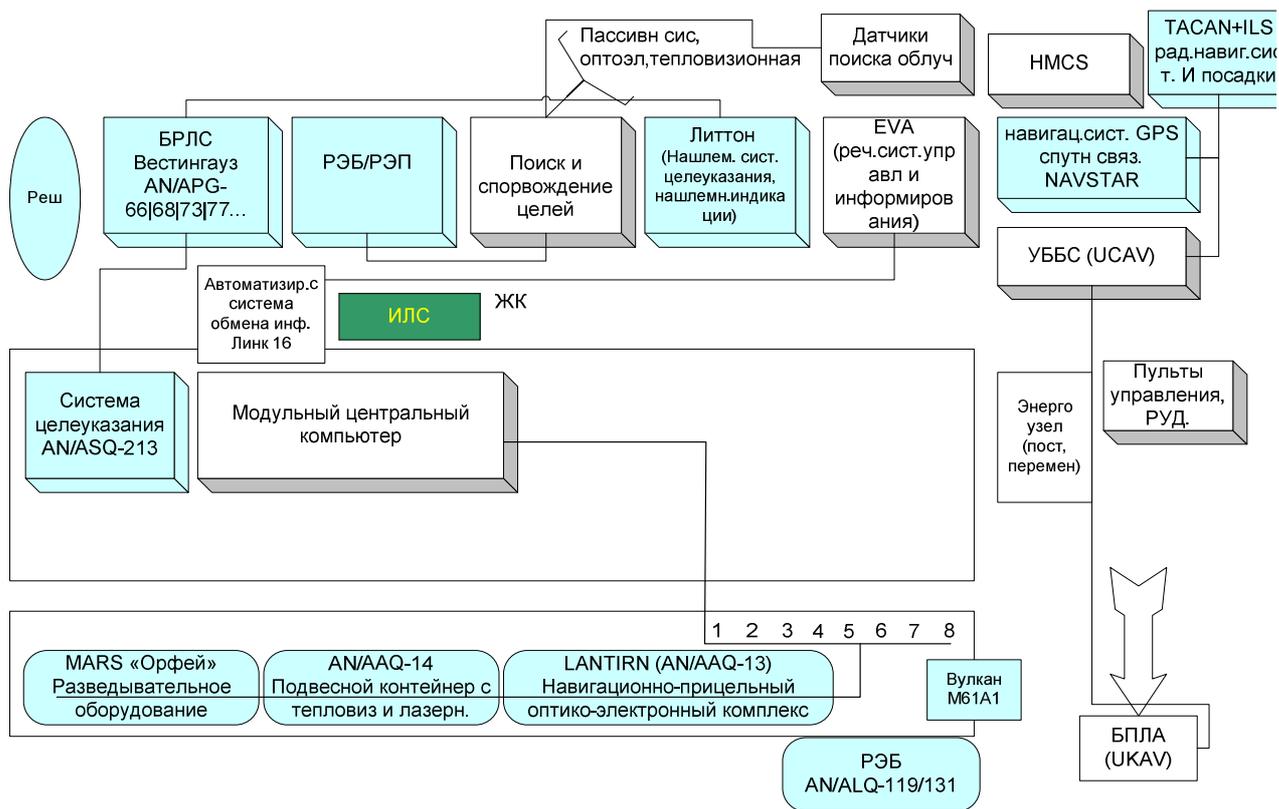


Рис. 2. Общая структурная схема БРЭО истребителя F-16A (США: 4 поколение и ++ модернизация) [8, 330 с.]

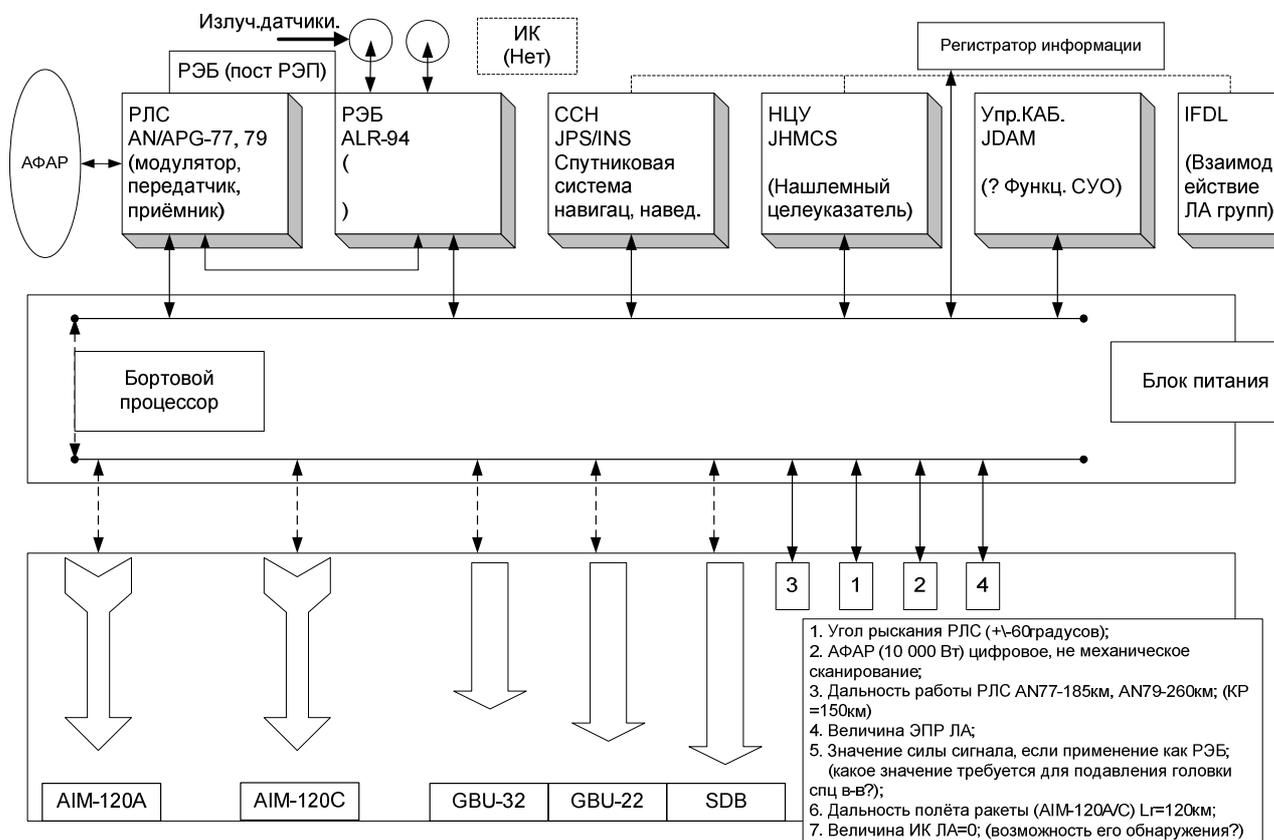


Рис. 3. Общая структурная схемы БРЭО истребителя F-22 «Raptor» (США: 5 поколение)

Приведём, некоторые общего вида структурные схемы БРЭО ЛА представителей «4», «4++» и «5» поколения США и Франции, для возможности самостоятельного проведения поверхностного анализа типизированных блоков (рис. 1-3).

Общий вид структурных схем, может быть получен в результате анализа функционирования и взаимодействия систем, различных производителей [1;4]. Само функциональное назначение каждого блока известно, как и процесс модернизации или замены аналогичным оборудованием, других компаний-разработчиков.

Подвешиваемое оборудование и СП, также несёт свою функциональность, что рассматриваться в данной работе не будет, а примем только взаимодействие систем схемы – как единый комплекс, работающий на выстроенном протоколе, состоящий из функций, команд их направления и занимаемого времени.

#### 4. Исходные данные и моделирование процессов

Учитывая, что сами системы СППР не принимают самостоятельного решения, то возможность обеспечения интеллектуальной поддержки пилота в процессе выполнения задания - будем рассматривать как поддержку принятия им решения в момент проведения атаки.

Исходя из материалов учебной литературы, параметры времени, отведённые на атаку, примем исходя из ситуации, изображённой на рисунке (рис. 4), полученного из открытого источника [2], что в действительности может иметь отличие по причине различных типов обрабатываемых целей и применяемых СП.

$$T_A = t_{оп} + t_{оц} + t_{реш} + t_{прц} + t_{контр} + t_{вых} ; \quad (1)$$

Где:  $t_{Пер}$  - передача решения ведомой паре;  
 $t_{Оп}$  - опознавание цели;  $t_{Вед}$  - осмысление команды и начало

$t_{\text{Оц}}$  - оценка обстановки;

$t_{\text{Реш}}$  - решение на бой;

$t_{\text{Ман}}$  - манёвр;

$t_{\text{Приц}}$  - прицеливание, пуск СП;

$t_{\text{Контр}}$  - контроль результатов стрельбы;

$t_{\text{Вых}}$  - выход из атаки;

манёвра;

$T_{\text{подл}}$  - время подлёта к рубежу ввода

истребителей в бой (РВБ) со

временем, затрачиваемым на ввод  $T_{\text{вв}}$ .

$T_{\text{вв}}$  - время затрачиваемое на ввод ЛА

в бой, при выполнении естественно

условия:

$$T_{\text{подл}} \leq T_{\text{вв}}$$

Параметр  $t_{\text{Приц}}$  - прицеливания и сам пуск подготавливаемого СП, состоит из группы параметров, каждый из которых имеет своё функциональное назначение и значение времени, определяемое выполнением действий каждого из комплексов систем, входящих в БРЭО ЛА.

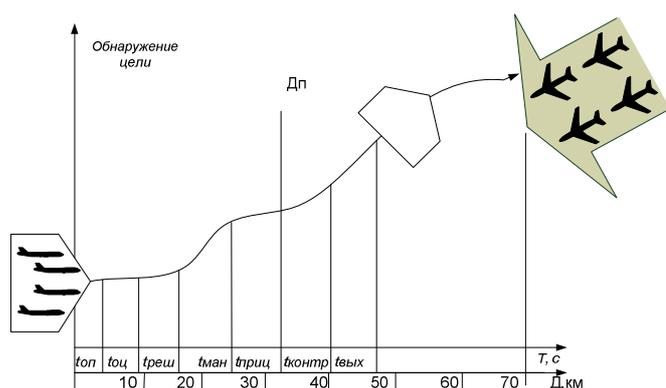


Рис. 4. Временные характеристики атаки на встречных курсах

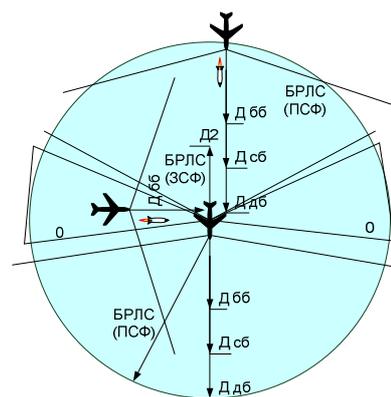


Рис. 5. Возможные точки подхода к БРЛС ЛА

Выполнение операций системами, интегрированными и входящими в комплекс БРЛС, занимает значительное количество времени подготовки пуска  $T_{\text{сп}}$  СП, с учётом тенденций развития сценариев современного воздушного боя. Исход боя характеризуется многими критериями ТТХ планера и применяемого БРЭО – так и СП, а также более дальними расстояниями обнаружения и стрельбы, с высокими темпами и информационными ресурсами.

Параметр времени  $T_{\text{сп}}$  суммируется из функций работы протокола систем управления вооружением (СУВ) и СП при взаимодействии с другим БРЭО ЛА, входящий в значение  $T_{\text{А}}$  общего времени атаки.

Понижение параметра  $T_{ин}$ , а также подконтрольность выполнения процессов происходящих в комплексе систем даёт один из моментов выигрыша в бою, который может завершиться так и не начавшись, где победителем выходит тот - кто дальше «видит» и раньше делает «залп» СП. Такое стечение обстоятельств может и не довести до «собачей свалки», где играют роль как более высокие лётные характеристики и ТТХ ЛА – так и навыки пилота в применении СП [2; 9; 12].

Данная функциональность разработчиками достигается различными решениями, как вариант внедрения в систему БЦВМ (или применяемую БРЛС/СУВ) методов ИАД, как элементов СППР в интеграции с ЭС.

Многие современные БРЭО ЛА содержат различные системы, такие как:

- 1.) автоматизированные системы управления (АСУ) в рамках БРЭО;
- 2.) функции элементы СППР;
- 3.) встроенные средства сбора и анализа бортовой и внешней информации ЭС;
- 4.) встроенные средства диагностики функционирования БРЭО;
- 5.) средства сбора и обработки данных внешней информации с датчиков;
- 6.) встроенные средства обучения и тестирования техсостава;
- 7.) средства обработки и загрузки переносимых данных, в зависимости от задачи;
- 8.) средства голосового и визуального информирования;
- 9.) и др.

Далее сформируем отдельный элемент модели, после чего рассмотрим возможность её применения и функционирования методов ИАД в комплексе взаимодействия систем БРЭО ЛА.

Рассмотрим бой на встречных курсах (рис. 4) и возможность его изменения, путём получения возможности принятия более быстрого решения.

Как указывалось ранее, одним из главных критериев решения задачи при равных условиях функционирования систем с противником – это является понижение параметра  $T_{ин}$ , что достигается путём понижения каждого из этапов выполнения команд протокола работы БРЭО ЛА, а также повышения их физических данных функционирования.

### 5. Исторические факты как источник исходных данных

Так, например, в ходе конфликта на Балканах 1999 г., авиация Югославии вынуждена была противодействовать ВВС НАТО (табл. 1), занявшей полное господство в воздухе. Силы ВВС Югославии, обладая минимальным количеством истребителей: МиГ-21БИС, МиГ-23МЛ, МиГ-29Б и J-1 «Галеб» - в сумме порядка 80 единиц против 850 ЛА Альянса (табл. 2) [8, 117 с.]. Значительное количество МиГ-21 было потеряно на земле [7; 11], что составило порядка 20% всего парка ВВС Югославии – аналогично событиям в 1941 г.

Таблица 1. Отдельные итоги воздушных боёв на Балканах [6, 7, 8]

№	Дата	ЛА в бою	СП	Исход боя	Счёт
1	24.03	МиГ-29Б Против F-16	УР	Сбит F-16, потерян МиГ-29Б	1:1
2	24.03	МиГ-21 БИС против F-16	УР	Сбит F-16, потерян МиГ-21БИС	1:1
3	24.03	МиГ-29Б против истребителей НАТО МиГ-21БИС против истребителей НАТО	УР	Сбит истребитель НАТО, потерян МиГ-29Б Сбит истребитель НАТО, потерян МиГ-21БИС	1:1 1:1
4	26.03	Пара МиГ-29Б против пары F-15	-	Сбито 2 F-15, потерян МиГ-29Б	1:2
5	27.03	МиГ-29Б против F-117А	Р-60М (ближ.боя)	Сбит F-117А	0:1
6	1.04	МиГ-29Б против F-117А	Р-60М (ближ.боя)	Повреждён F-117А (вернулся на аэродром)	0:1
7	5.04	МиГ-29Б против F-117А	-	Сбит F-117А	0:1

8	20.05	МиГ-29Б против F-117А	Р-60М(ближ.боя), возможно добивание ЗРК «Квадрат», «Куб»	Сбит F-117А	0:1
---	-------	-----------------------	---	-------------	-----

**Примечание:** с более полной информацией потерь можно ознакомиться в других источниках, многие данные возможно скрывались обоюдными сторонами [13].

Как видно, по итогам воздушных столкновений, при всех подавляющих факторах со стороны НАТО, результаты работы многих схваток были проведены Югославскими лётчиками на высшем уровне и с учётом вынужденных потерь достаточное количество боёв оказались либо равны, либо проиграны силами альянса, если сравнивать относительно равные ЛА [8, 331 с.]. Также часть задач НАТО по «закрытию» воздушного пространства, не смогло решить задачу при полном превосходстве в воздухе [8, 118 с.].

Таблица №2. Принимающие участие ЛА и их БРЛС [7; 8; 9, 10]

№	ЛА НАТО	БРЛС ЛА	Дальность БРЛС, км	№	ЛА Югославии	БРЛС ЛА	Дальность БРЛС, км
	F-14А	(РЛС-СУО) AN/AWG-9	210 70 16	1	J-1 «Галеб» (развитие Gnat G.91)	-	-
1	F-15Е	AN/APG – 66 (v)2 «Нортроп Груман» и AN/APG-70	296 148 50/25	2	J-20 «Ястреб» (развитие Gnat G.91)	-	-
2	F-16А/С	AN/APG – 66 (v)2 «Нортроп Груман»	296/148 75 25	3	J-22 «Орао» (развитие Gnat G.91)	-	-
3	F/A-18С/D	AN/APG-65	230/120 65 15	4	МиГ – 21БИС	«Сапфир - 21»/ РП-21МА	70 25 8
4	F-117А	AN/APG-66 (v) В 2008 снят с вооружения	Применение по наземным целям	5	МиГ – 29Б	«Янтарь»/ «Сапфир-29»	65 35 15-12
5	F-111F	AN/APN-189 (РЛС) AN/APQ-144 (СУВ)	Применение как РЭБ	6	МиГ – 23МЛ	«Сапфир-23МЛА»	75/55 25 и 10
6	F-104S	NASARR F15A-41В/ FIAR R21G/M1 «Сеттер» (2 поколение)	Применение по наземным целям				
7	«Мираж» 2000/ F1CR	RDM3, Thomson-CSF/ESD Antilope V	100 35 16				

8	«Си Харриер» Мк 3	Blue Vixen	550/110 70 15				
9	«Торнадо ECR»	«Фоксхантер»	185 35 16				
10	«Ягуар Gr 1A»	«ТОМСОН-CSF» «Агав», Деcca RDN72	75 35 10				
11	Super Etandard	ESD "Анемон"/ AGAVE	46 25 8				
12	Е-3 «Сентри»	АРУ-2/ APS-133	Радиус в 350				

В данном случае, рассмотрим только исход боя с обоюдными потерями, где можно утверждать, что действия пилотов были проведены одновременно, и конечный результат зависел от группы факторов, сведённых к минимуму.

Ниже приведены применяемые СП истребителями НАТО и Югославии (табл. 3).

Таблица №3. Применяемые СП ЛА НАТО и Югославии [1; 4; 11]

№	Наименование СП (НАТО)	Тип	Вид ГСН	Дальн. Лппсф/Лмин, км	Дальн. Лзпсф/Лмин, км
1	AIM-7 Sparrow	В-В	Р	45	/2
2	AIM-9 Sidewinder	В-В	Р	18	/2
3	AIM-120В ASMRAAM/AMRAAM	В-В	ИНС+рад.кан. +АРЛ ГСН	50 – 70	/2
4	Аспид-1А (AIM-7 Sparrow)	В-В	Р	35-50	3
5	AGM-65	В-3	ИК, ПЗС, Л	28	-
№	Наименование СП (Югосл.)	Тип	Вид ГСН	Дальн. Лппсф/Лмин, км	Дальн. Лзпсф/Лмин, км
1	Р-77	В-В	Л	100	/0,3
2	Р-73	В-В	И	40	/0,3
3	Р-27	В-В	Р	60-50/1,5	16 – 18/0,5
4	Р-60М	В-В	Р, О, К	2,5 – 12/0,6	1,5 – 9/0,3

## **6. Формирование элемента цифровой модели взаимодействующих систем на примере критерия дальности функционирования**

Учитывая, что выполнение атаки в соответствии со схемой указанной на (рис.4) в силу применения противником БРЛС, с большей дальностью обнаружения – невозможны, то остаётся решение – атака с задней или

боковых полусфер, с применением СП ближнего боя, с минимальных дистанций 2,5 – 1 км. и высот (рис. 5), в пассивном режиме работ БРЛС, с последующим возможным применением нашлемной системы целеуказания (НСЦУ) «Щель-ЗУМ», входящих в штатный комплект. Отсутствие НСЦУ в штатном применении на ЛА НАТО значительно осложняло их функциональность в ближнем маневренном бою (табл. 1). Это единственное, что могло быть использовано югославскими лётчиками при полном превосходстве сил альянса, как в количественном – так и техническом превосходстве ЛА по ТТХ.

$$F_{T(\text{прин. реш.})} = \left\{ \begin{array}{ccc} L_{\text{ТСН}}, & T_{\text{ПП}} & (\angle \in [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]) \\ L_{\text{БРЛС}}, & S_{\text{ЭПР}} & n \\ v_{\text{ц}}, & h_{\text{РЭП}} & \dots \end{array} \right\}_{\text{Свой}}^{\text{СП}} \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{ccc} L_{\text{ТСН}}, & T_{\text{ПП}} & (\angle \in [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]) \\ L_{\text{БРЛС}}, & S_{\text{ЭПР}} & n \\ v_{\text{ц}}, & h_{\text{РЭП}} & \dots \end{array} \right\}_{\text{Чужой}}^{\text{СП}}$$

; (2)

Где:  $\left\{ \begin{array}{ccc} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{array} \right\}_{\text{Свой}}^{\text{СП}}$  - матрица перечня основных параметров ТТХ БРЛС ЛА

«Свой» при подготовки пуска СП;

$\left\{ \begin{array}{ccc} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{array} \right\}_{\text{Чужой}}^{\text{СП}}$  - матрицы перечня основных параметров ТТХ БРЛС ЛА

«Чужой» при подготовки пуска СП;

$F_{T(\text{прин. реш.})}$  - функция принятия решения по времени  $T_{\text{пп}}$  - подготовки пуска СП, пилотами противодействующих ЛА («Свой»/«Чужой»), как критерий сравнения минимизации времени.

Сравнив упрощённо дальности обнаружения БРЛС  $L_{\text{БРЛС}}$  и управляемых ракет (УР)  $L_{\text{ТСН}}$  по официально открытым источникам (обнаружение и захват цели, задней полусферы и на фоне земли, в зависимости от ЭПР, учётов режимов прицеливания), можно говорить о не достигаемости ЛА НАТО на встречных курсах атак (рис. 4-5) при наличии запаса времени при большем  $L_{\text{БРЛС}}$  и  $L_{\text{ТСН}}$  по сравнению с Югославскими ЛА.

Нарушение данной закономерности наблюдалось только в случае применения МиГ-29Б, хоть уже и далеко не новых, в сравнении с отдельными ЛА НАТО [11]. Применение их в комбинации с СП, лишало многих ЛА сил Альянса преимущества в поединке с ним, что доказывают данные (табл. 1).

Применяемые типы БРЛС обеих сторон - механического типа сканирования, что в целом уравнивает стороны по времени поиска, если не считать ЛА дальнего радио-локационного обнаружения (ДРЛО) НАТО (Е-3), которые моментально сообщали о любом факте взлёта противника и наводили истребители Альянса. Но даже в этой ситуации функциональность БРЭО МиГ-29Б, позволяла поражать цели.

Применение (РЭБ) ЛА со стороны НАТО выполнялось только по секторам в кратковременных режимах, т.к. полное его применение нарушало бы функционирование собственных же сил, что значительно затрудняло бы поиск и обработку целей.

В данном случае особенно важным становится функционирование всего комплекса БРЭО, участвовавшего в обнаружении и поражении цели, что и требует постоянного анализа и развития модификаций систем и их функционирования.

Значимым параметром при всех равных и выполняемых действиях системы и пилота, рассматривается  $T_{\text{ин}}$ , как составной элемент  $t_{\text{прц}}$ . Понижение значения параметра времени  $T_{\text{ин}}$  является технической необходимостью, включая и саму подготовку ЛА, тк разница в 1-2 с. решает исход боя [14].

Из трёх приведённых общих схем БРЭО ЛА разных стран и поколений, просматривается аналогичность многоуровневой структуры. Данным подтверждением могут быть приведённые общие структурные схемы БРЭО ЛА, представленные в виде трёх уровней (рис.1-3), каждый из которых состоит из группы систем, взаимодействующих между собой и обеспечивающих вычисление и управление процессами [6], а именно:

1. Верхний уровень: оборудование сбора информации во взаимодействии с различными датчиками сбора информации в процессе работы систем ЛА;
2. Средний уровень – оборудование бортового вычислителя/ей с любой из систем, включая и др. системы;
3. Нижний уровень – установка СП, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спецконтейнеров.

Что может быть представлено в виде общей структурной схемы для формирования стенда и детализации его составляющих БРЭО, а также средств индикации (ИЛС, МФИ, ИТО и тд) (рис. 6 а,б).

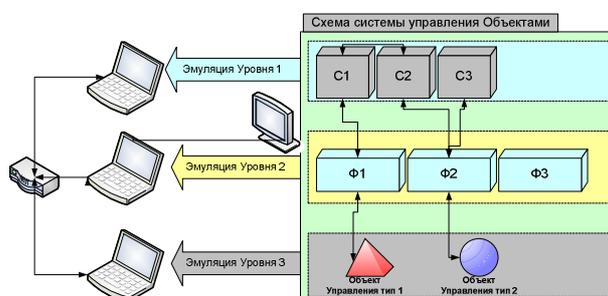


Рис. 6 а.) Общая структурная схема БРЭО ЛА при эмуляции процессов

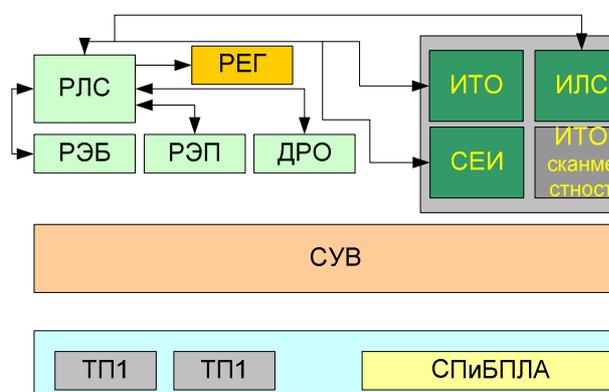


Рис. 6 б.) Общая схема взаимодействия систем и индикации

Анализ системы может быть выполнен с применением метода построения моментальных состояний (МС) работы комплекса, в интеграции с другими алгоритмами.

Алгоритм сбора информации с систем и построения структурной схемы, с определением состояния функционирования элементов БРЭО ЛА в виде:

1. Сбор информации с каждой системы  $S_i^n$  или  $\sum S_i^n$ ;
2. Представление информации в виде графа  $G_{\Phi_i}^{U_i-U_n}$  с узлами  $Y_{[i,j]}$  с рассмотрением как свойством состояния  $Y_{[i,j]}$ ;
3. Применение правила анализа и сбора информации (устанавливаемого на узел или группу узлов  $Y_{[i,j]}$ ), с целью применения в

рамках функционирования ЭС выбранного типа, с целью обучения накопления опыта в базе знаний (БЗ);

4. Анализ информационных потоков (ИП) – это множество  $P$  процессов, а  $E_v$  множество событий, срез состояния которых обеспечивается алгоритмом;

5. Учитывая, что реконфигурация структуры взаимодействующих систем ИП, как источников и приёмников – в данном случае не требуется, то алгоритм применим только в виде алгоритма сбора информации для «кадра» локального участка системы  $S_i^n$  в единицу времени  $t_i^{Ci}(\Delta t_i)$ , с установленной дискретностью шага по времени  $\Delta t_i$  и построением схемы объектов;

6. Группа моментальных состояний  $c_p^{(i)}$  составляет глобальное состояние системы  $S_{U_i} \in U_i \in S_i^{U_i}$  в целом всех процессов  $P$ , где  $P \in p_i$ , как суммарных интервалов времени [3].

В чистом виде данный подход значительно затрудняет применение алгоритма, поэтому оптимизируем его путём применения алгоритма поиска связей и представления взаимодействующих элементов системы, в виде графов ИП и связей в фреймах  $\Phi_i$ , с описанием логики взаимодействия систем.

В результате выбранная структура системы позволяет применить различные методы и алгоритмы, как в разработке системы – так и в процессе эксплуатации, что достигается внедрением правил функционирования данных между системами, с продукционным свойством и даёт возможность работы системы со знаниями в БЗ [6].

Обладая ИП обмена данными между взаимодействующими системами, можно описать процесс обработки данных в виде взаимодействующих матриц:

$$\text{Com}(P_{1-i}) = \begin{bmatrix} P_j & v_j & +/- n & (\alpha, \beta, \gamma)_j \\ \tau_j & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}; \quad R = MOV \begin{bmatrix} Com_{0 \rightarrow} [p1, \dots, pn] \\ Com_2 [p1, \dots, pn] \\ \dots \\ Com_{\rightarrow 528} [p1, \dots, pn] \end{bmatrix}; \quad (4)$$

(3)

Где, содержимое матрицы (2) - значения параметров управления элементами ЛА, передаваемых в виде команд (параметры режимов, углы позиционирования и тд.).

Применяя отдельные современные протоколы обмена данными, появляется возможность передачи данных пакетами – в виде «кадра».

Модель взаимодействия оборудования ЛА, может быть реализована на базе протокола американского стандарта - Fibre Channel (FC) и представлена в виде структуры:

- 1.) номер или имя кадра, как идентификатор;
- 2.) идентификатор пакета;
- 3.) устанавливаемый размер кадра от 9 до 512 слов, величина динамическая;
- 4.) относительное смещение оперативной памяти;
- 5.) тип сообщения (с ид. протокола);
- 6.) далее информационные слова кадра (количество слов в кадре варьируется от 0 до 528);
- 7.) EOF (End Of Frame);
- 8.) не менее 6 (шести) слов наполнителей.

Параметр  $R$  демонстрирует передачу уже не команды-слова (2), а результат кадра, с группой данных. Модель взаимодействия оборудования, может быть выполнена на базе протокола FC, тк в архитектуре не накладываается ни каких ограничений на объем передаваемых между приложениями данных. В обычных локальных сетях прикладное ПО должно знать о максимально допустимом для пересылки размера кадра/пакета. В FC размеры кадров от прикладного ПО скрыты.

Приоритетность и распределение доставки «сообщений» команд  $SOM(G_N)$  может быть выполнена с применением различных алгоритмов,

обрабатывающих выражение. В матричной форме FC можно представить в виде:

$$F_{(MAX(Pi),NCan)} = \underset{M}{DIV} \underset{i=1}{\left[ \begin{array}{l} MAX(MOV_1[G_N(p_{prior1})]); \quad F(PAK_{i \leq NCan}) \in MOV_1[G_N(p_{prior1})] \quad F_2 \quad F_3 \\ MAX(MOV_2[G_N(p_{prior2})]); \quad F(PAK_{i \leq NCan}) \in MOV_2[G_N(p_{prior2})] \quad F_2 \quad F_3 \\ MAX(MOV_3[G_N(p_{prior3})]); \quad F(PAK_{i \leq NCan}) \in MOV_3[G_N(p_{prior2})] \quad F_2 \quad F_3 \\ MAX(MOV_M[G_N(p_{priorM})]); \quad F(PAK_{i \leq NCan}) \in MOV_M[G_N(p_{priorM})] \quad F_2 \quad F_3 \end{array} \right]} \quad (5)$$

Где:  $RS_{i+1}$  - результат  $R$  обработки и передачи системой  $S$  команды на решатель  $F$ ;

$G_N \in p_{iprior}$ ,  $G_N \in p_{iNCan}$ ,  $G_N \in p_{iStatus}$  - параметры значений приоритета, номера канала, статуса выполнения содержащийся в группе параметров команды, адресуемой системой на выполнение решателю соответственно;

$MAX(MOV_M[G_N(p_{priorM})])$  - функция определения (макс/мин)имального значения параметра приоритета адресуемой команды, с выстраиванием по увеличению приоритета параметра для последующего увеличения;

$F(PAK_{i \leq NCan}) \in MOV_M[G_N(p_{priorM})]$  - функция группировки по пакетам, полученных команд, с учётом адреса назначения [5].

Наличие модели и функций анализа, предоставляет возможность отслеживания всех явных связей систем, с целью выявления «повисших» связей [3]. Мониторинг команд  $MOV[COM(G_N)]_M$  даёт возможность анализа параметра времени  $T_{III}$  (и др.) взаимодействия оборудования, с установленной дискретности времени  $\Delta t_i$ . Группы выполняемых функций СППР, можно задать в виде матрицы правил  $\Pi_{Ti}^{Si}$  обработки результатов  $R_{Pr(i)}^{S(i)}$ , а содержимое матрицы – функции с пакетами правил, выполняющих роль обработки поступающих параметров при получении команд управления системой  $F$ , с возможным обращением к функциям ядра математического решателя (MP), где целесообразен механизм минимизации время [5].

В этом случае требуется индивидуальный подход с применяемыми алгоритмами выборки и поиска, т.к. сам поиск, в чистом виде, занимает ресурсы системы - вычислителя и требует значительного времени на поиск прецедентов с учётом приоритетов [1; 3], что выполняется математическим ядром.

Обмен выраженного вида информации можно осуществить фреймовой структуры данных и приведём описание элементов структуры:

**1.) Фрейм** – отдельные кадры структурной схемы, полученные связи между взаимодействующими объектами.

$$\Phi_{Si}^{U_i \leftrightarrow U_{i+n}} \in \sum_{U=n} \left[ U_i(S_i^{U_i}) \leftrightarrow \frac{U_{i/i+k}(S_i^{U_i/U_{i+k}})}{k_{S(Bi)}} \right]; \quad (6)$$

Где:  $\Phi_{Si}^{U_i \leftrightarrow U_{i+n}}$  - фрейм, из уровней  $U_i$ , содержащий вид «кадра» связей между узлами систем  $S_i$ , с возможностью распределения ИП (функция времени отвечает счётчик команд);  $k_{S(Bi)}$  - количество блоков системы.

**2.) Ячейки** – группа адресов фрейма  $\Phi_{Si}^{U_i \leftrightarrow U_{i+n}}$ , со свойствами значения памяти хранения требуемой информации (свойств, программного кода...). Реализация ячеек может быть выполнена в виде таблиц.

$$M_{\Phi_i}^{U_i \leftrightarrow U_{i+k}} \in \sum \left[ \begin{matrix} \rightarrow & \downarrow \\ i & j \\ 1 \rightarrow n & 1 \rightarrow m \end{matrix} , M_{i,j} : Var \right]; \quad (7)$$

Где:  $M_{i,j}$  - массив ячеек, для хранения информации установленных типов;

$\left( \begin{matrix} \rightarrow & \downarrow \\ i & j \\ 1 \rightarrow n & 1 \rightarrow m \end{matrix} \right)$  – пара значений адреса ячеек в таблице или массиве.

## 7. Средства информирования

Многие системы требуют интеллектуального развития в процессе эксплуатации, что может достигаться путём модернизации, встраивания функций накопления и анализа данных в базе знаний (БЗ), с применением ЭС [1; 3; 4].

Так в рамках разработки систем ИИ разработчиками США реализована система «Помощник пилота» учитывая современные

информационные нагрузки, сформирована БЗ, информирующая пилота в важные моменты в процессе пилотирования ЛА. Результат выполнений процессов объявляется системой речевой информации (РИ) - «Бетти», что аналогично нашей «Ритки» [15].

## **8. Выводы и результаты**

1. Возможность применения данного подхода разработки для реализации программно-аппаратной модели для отработки задач по минимизации параметра времени  $t_i^{Sj}$  выполнения команд решателем - *МР*, с целью конечного понижения параметра  $T_{шт}$ , в зависимости от рассматриваемой системы в структурной схеме [14];

2. Возможность развития методики анализа функционирования объектов управления, в процессе загрузки данных по сформированной структурной схеме [2; 3];

3. Возможность применения специализированных программно-аппаратных комплексов диагностики БРЭО ЛА, для проведения наземных стендовых и полётных регламентных и исследовательских работ, в целях отработки функционирования систем и упреждения возникновения аварийных ситуаций и ошибок функционирования СУВ [8, 472 с.];

4. Возможность понижения массы БРЛС, а также наземного оборудования, с отработанным программно-аппаратным комплексом.

Результатом применения данного метода можно считать возможность развития функциональности работы систем в исследовательских целях, как на стадии проектирования – так и в процессе их эксплуатации, с модификацией, и анализом циклограмм пуска СП для понижения  $T_{шт}$  [4; 14].

Учитывая возрастающие требования современного воздушного боя, с его скоротечностью, манёвренностью и другими воздействующими факторами на пилота, становится необходимостью минимизации группы параметров БРЭО и предоставлением только конечных решений ИПК, что должно решаться наукой и промышленностью страны в приоритетных режимах [2; 14].

Работы модернизации должны проводиться комплексно и постоянно, по сформированной всеми ведомствами концепции и ТЗ, как разработчиками – так и самим техсоставом, в процессе эксплуатации техники, информируя о недоработках и необходимых дополнениях, что за частую, сопровождается различными воздействиями или вообще игнорируется [6, 240 – 270 с].

К примеру, принятые решения по оснащению ЛА НАТО системами НСЦУ, имеют факты применения в конфликтах (рис. 2). Примером могут быть: Ирак - «Буря в пустыне» 1991 г. и повторно 2003 г., Ливия – вторжение НАТО: «Мираж ШХ», «Ягуар», «Торнадо» и др. ЛА в 1978 г. и повторно в 2011 г., где прошёл боевые испытания «Рафаль» (рис.1) [9; 10; 12].

#### **Библиографический список:**

1. Л.В. Мышкин, Прогнозирование развития авиационной техники (теория и практика), изд.2е, исправленное и дополненное.– М.: «Физматлит», 2008 г. – 675 с.;
2. А.Б. Краснов, Секреты неотразимых атак. - М.: «Военное издательство», 1991 г. – 272 с.;
3. Ж. Телль, Введение в распределённые алгоритмы. - М: «Издательство МЦНМО», 2009 г. – 616 с.;
4. М. Уильямс, Суппер истребители. Иллюстрированная энциклопедия. Новое поколение боевых самолётов. Перевод с англ. – М.: «Омега», 2005 г. – 144 с.;
5. Г. Корн, Т. Корн, Справочник по математике для научных работников и инженеров, главная редакции физико-математической литературы. - М.: «Наука», 1977 г. – 832 с.;
6. В. Егер, Неизвестный Туполев. – М.: Яуза, Эксмо, 2009. – 352 с.;
7. В.Е. Ильин, Знаменитые самолёты. МиГ-29, «Мираж» 2000, F-16. Звёзды четвёртого поколения.-М.: АСТ-Астрель, 2002 г – 239 с.;

8. В. Ильин, И. Кудишин. Иллюстрированный справочник. Боевая авиация зарубежных стран. – М.: «АСТ-Астрель», 2001 г.- 510 с.;
9. МиГ-29 против F-16. Flieger Rewue, Германия, февраль 1998 г. // [http://www.info.army.co.ua/documents/blog.php?entry\\_id=1194552000](http://www.info.army.co.ua/documents/blog.php?entry_id=1194552000) //Дата;
10. В. Степанов, Югославия – 99: уроки и выводы. Морская газета. // <http://gazetam.ru/no280701/st04.htm>
11. Сафронов Л.К. Авиационные боевые комплексы XXI века США – Россия. Ложные цели. Аналитика, справочные данные. Москва, Полиграф Сервис, 2007,С. 270.
12. Потери НАТО в войне с Югославией. бюллетень "БАЛКАН-ИНФО"// <http://commi.narod.ru/txt/2000/0308.htm>
13. Бабич В. К. Истребители меняют тактику. - М.: Воениздат, 1983. - 151 с. // [http://lockon.spb.ru/babich\\_fighters.htm](http://lockon.spb.ru/babich_fighters.htm);
14. Уитби Б., Искусственный интеллект: реальна ли Матрица / Блай Уитби. – Пер. с англ. Т. Новиковой. – М.: «ФАИР-ПРЕСС», 2004. – 224 с.