

Особенности оценки эффективности бортовых оперативно советующих экспертных систем антропоцентрических объектов (пилотируемых ЛА)

Аннотация. Рассматриваются бортовые интеллектуальные системы антропоцентрического объекта (иллюстрируемые на примере самолета), поддерживающие процесс решения оператором (экипажем) задач оперативного целеполагания и конструирования способа достижения оперативно поставленных целей. Предлагаются критерии оценки качества и эффективности таких систем на этапах разработки их прототипов, исследовательского и опытного образцов.

Ключевые слова: онтологическая модель, бортовых интеллектуальных систем тактического уровня, критерии оценки на этапах их разработки.

Введение

Антропоцентрический объект (Антр/объект) – это физическая оболочка с вмонтированной в нее совокупностью бортовых измерительных (Б/Изм/Устройств) и бортовых исполнительных устройств (Б/Исп/Устройств); развитой бортовой цифровой вычислительной системой (БЦВС), с реализованными в ней БЦВМ-алгоритмами; экипажем/оператором с его кабиной, которая содержит информационно-управляющее поле (ИУП) с выделенными в нем информационной и управляющей частями (Рис.1).

Самолеты гражданского и военного назначения являются примерами Антр/объектов.

При подготовке сеанса функционирования группы Антр/объектов (вылета группы самолетов), в частном случае одного Антр/объекта, перед группой ставится генеральная задача сеанса функционирования (ГЗФ), и назначаются роли (ранги) Антр/объектов (самолетов) в группе. В процессе выполнения сеанса функционирования (полета) в каждый текущий момент времени на любом Антр/объекте (самолете) группы с помощью алгоритмов деятельности экипажа (АДЭ) и

бортовых БЦВМ-алгоритмов решаются задачи трех глобальных уровней управления (ГЛУУ):

- задачи оперативного целеполагания (I-ГЛУУ – первый глобальный уровень управления),
- задачи определения рационального способа достижения оперативно поставленной цели (II-ГЛУУ – второй глобальный уровень управления),
- задачи реализации принятого способа достижения оперативно поставленной цели (III-ГЛУУ – третий глобальный уровень управления).

Задачи I-ГЛУУ и II-ГЛУУ решаются в системобразующем ядре Антр/объекта. Эти задачи называют тактическими.

На Антр/объекте решающую роль в назначении текущего этапа сеанса функционирования (I-ГЛУУ) и в выборе способа достижения цели этого этапа (II-ГЛУУ) принадлежит экипажу.

Результаты проведенных научных исследований, совершенствования бортовых вычислительных, измерительных и исполнительных устройств боевых самолетов дают возможность разработать и реализовать на их борту БЦВМ-алгоритмы нового типа, способные обеспе-

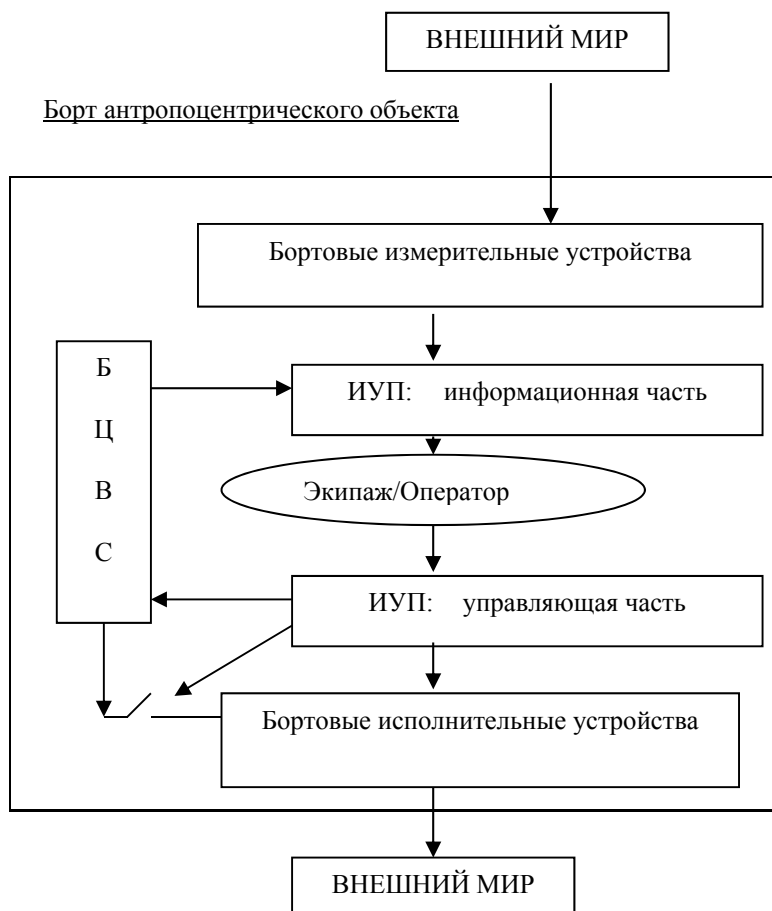


Рис.1. Составляющие антропоцентрического объекта

чивать решение упомянутых тактических задач, предлагая экипажу способ их решения. Это бортовые интеллектуальные системы решения тактических задач (БИС-Т/З).

При возникновении возможности реализовать алгоритмическую поддержку процесса решения летчиком задач I-ГЛУУ и II-ГЛУУ возникла необходимость перехода к новой концептуальной модели Антр/объекта – модели «Этап» [1].

Модель «Этап» (Рис.2) для разработки БЦВМ-алгоритмов поддержки процесса решения экипажем задач II-ГЛУУ и задач I-ГЛУУ включает в себя: заданный Заказчиком набор ГЗФ, представление каждой ГЗВ через семантическую сеть типовых ситуаций (ТС) и представление каждой ТС через семантическую сеть ее проблемных ситуаций (ПрС/С). В модели «Этап» задача I-ГЛУУ интерпретируется как задача назначения текущей ТС, а задача I-ГЛУУ – как задача построения семантической сети ПрС/С для этой назначенной ТС.

Решение задач I-ГЛУУ на самолетах 4-го поколения (как и на любом современном

Антр/объекта) осуществляется экипажем без какой либо поддержки БЦВМ-алгоритмами. Для самолетов этого поколения разрабатывались БЦВМ-алгоритмы главным образом для решения задач III-ГЛУУ. При этом использовалась концептуальная модель «Эпизод». Модель содержит набор Пр/СС, выделенных для каждой типовой ситуации. По каждой такой ПрС/С безотносительно к другим ПрС/С этой ТС разрабатывается свое бортовое алгоритмическое и индикационное обеспечение (АиИО = АДЭ + БЦВМ-алгоритмы).

При использовании концептуальной/онтологической модели «Эпизод» задачи I-ГЛУУ и II-ГЛУУ исчезают из поля зрения конструкторов бортового алгоритмического и индикационного обеспечения сеансов функционирования Антр/объекта.

Вот почему при возникновении возможности реализовать алгоритмическую поддержку процесса решения экипажем задач I-ГЛУУ и II-ГЛУУ возникла необходимость перехода к новой концептуальной модели Антр/объекта – модели «Этап».

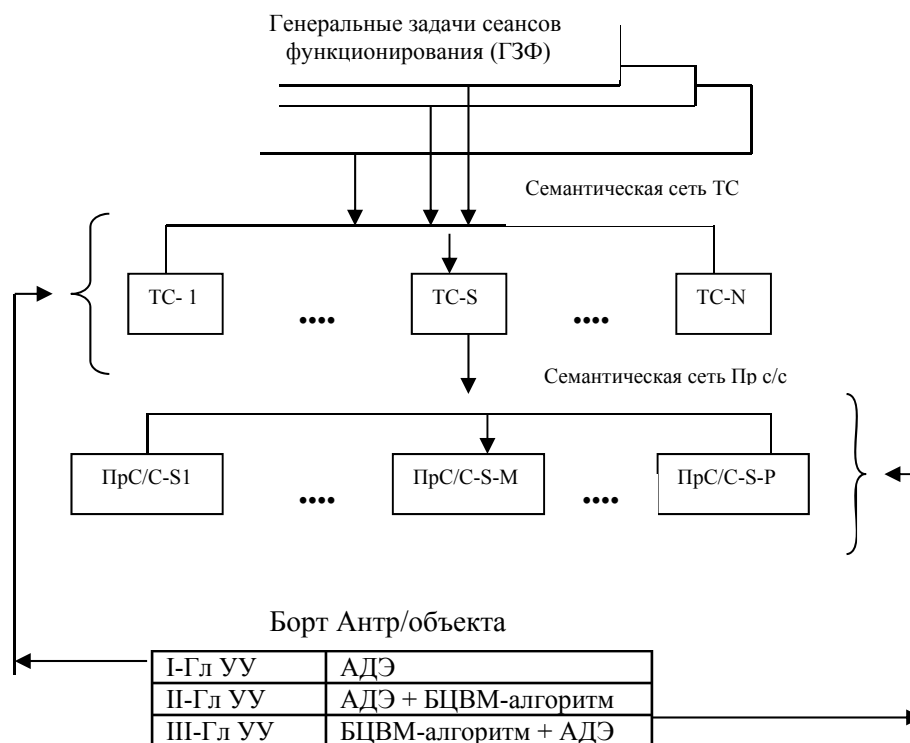


Рис.2. Онтологическая модель «Этап»

При практической разработки БИС-Т/З наряду с другими проблемами возникает проблема оценки качества и эффективности создаваемой БИС-Б/З на различных стадиях ее разработки: прототипа, исследовательского образца, опытного образца. Заказчики и создатели Антр/объектов, прежде чем принять решение на разработку конкретной БИС-Т/З или на оснащение этой БИС-Т/З создаваемого Антр/объекта, хотят иметь оценку ее эффективности. Однако для таких систем в настоящее время критерии оценки по этапам их разработки еще не сформировались. Общепринятого их содержания и привязки критериев к этапам разработки БИС-Т/З еще нет. Заполним этот пробел.

1. Интеллектуальные системы II-ГЛУУ и I-ГЛУУ

Для решения тактических задач на Антр/объекта размещаются бортовые интеллектуальные системы решения тактических задач (БИС-Т/З) двух классов:

- БИС-Т/З-I-ГЛУУ: интеллектуальная информационная система «Ситуационная осведомленность экипажа» (ИИССОЭ) и бортовая

оперативно советующая экспертная система «Оперативного целеполагания» (БОСЭС-целеполагание). Обе эти системы работают на всех этапах выполнения Антр/объектами ГЗФ. Они оповещают экипаж о возникших внешних и внутрибортовых непосредственных угрозах и рекомендуют экипажу текущую цель функционирования;

- БИС-Т/З- II-ГЛУУ: бортовые оперативно советующие экспертные системы типовых ситуаций (БОСЭС TC) сеанса функционирования (этапов полета самолета), работающие каждая на своей TC и recommending экипажу рациональный способ достижения цели этой TC.

1.1. Разработка практически значимых БИС-Т/З-I-ГЛУУ проходит только начальные стадии. Подходы к разработке таких систем обсуждались в [2-4].

1.2. Разработка БИС-Т/З-II-ГЛУУ - бортовых оперативно советующие экспертные системы типовых ситуаций (БОСЭС TC) сеанса функционирования Антр/объекта вступила в практическую стадию [5-9].

БОСЭС TC – программная реализация в БЦВС интеллектуальной системы. Ее основной функциональный блок – база знаний (БЗ). Он

включает в себя формализованные знания о ТС; задачи (проблемы), которые нужно решать в этой ТС; способы решения этих задач (механизмы вывода). В БЗ используется структура модели «Этап»: рассматриваемая ТС представляется в БЗ через семантическую сеть ее ПрС/С.

БОСЭС ТС обеспечивает нахождение способа решения проблем той ТС, для которой она разрабатывалась. Найденный БОСЭС ТС способ предъявляется экипажу на информационно управляющем поле кабины. Способ содержит всю информацию, необходимую для организации его автоматической реализации на Ш-ГЛУУ. Непосредственная автоматическая реализация способа наступает только после поступления на Ш-ГЛУУ сигнала от экипажа, разрешающего его полную или частичную реализацию.

В зарубежных разработках [5, 8], в первую очередь на борту новых истребителей F-22, JSF, модернизируемых самолетов F-16, F-15, F/A-18 и вертолетов, планируется размещение ряда экспертных систем типа БОСЭС ТС. Эти системы оказывают интеллектуальную помощь экипажу при выборе «оптимального» способа достижения оперативно назначенной экипажем текущей цели полета, используя базы знаний, сопоставимые со знаниями лучших летчиков и экспертов-профессионалов.

К разработке практически значимых БОСЭС ТС одновременно приступили в СССР, США и Израиле. И прежде всего, они были востребованы для типовых боевых ситуаций (ТБС) самолетов истребителей – той разновидности ТС, которая характеризуется агрессивностью внешней обстановки и жесткими временными ограничениями на работу экипажа.

Прежде всего, развитие получили:

- бортовые оперативно советующие экспертные системы дальнего воздушного боя (БОСЭС ДБВ), помогающие экипажу решать задачи атаки маневрирующей цели, оказывающей огневое и маневренное противодействие с оптимизацией маневра выхода в условия применения оружия и маневра уклонения от атакующей ракеты противника;

- советующие системы выбора аэродрома посадки в незапланированных условиях (БОСЭС «Маршрут») [8].

- бортовые оперативно советующие экспертные системы ввода группы в воздушный бой (БОСЭС ВГБ-В).

3. Критерии оценки качества и эффективности БОСЭС ТС на этапах ее разработки

БОСЭС ТС – сложная компьютерная система реального времени. Ее разработка проходит через несколько этапов. Национальное аэрокосмическое агентство США (NASA) разработало требования (уровни готовности технологии (УГТ)) к технологиям создания сложных технических систем, которые должны применяться на этапах создания сложной технической системы [10, 11].

Применительно к разработке практически значимых БОСЭС ТС технологии должны обеспечивать:

- формализацию предметной области и исследования ПрС/С (технология с УГТ- 1÷5);
- разработку прототипа БОСЭС ТС (технология УГТ-6);
- разработку исследовательского образца БОСЭС ТС (технология УГТ-7);
- разработку опытного образца БОСЭС ТС (технология УГТ-8);
- разработку предсерийного образца БОСЭС ТС (технология УГТ-9).

Многокритериальная поэтапная оценка качества и эффективности БОСЭС ТС описана в нижеследующих подразделах и представлена в таблице (Табл. 1).

3.1. Прототип БОСЭС ТС

Согласно технологии с УГТ-6 прототип БОСЭС ТС должен быть представлен:

- составом входной априорно заданной и текущей бортовой информацией и сигналами, поступающими из ИУП кабины экипажа;
- разработанной базой знаний, у которой:
 - а) I иерархический уровень алгоритмически описан системой продукционных правил, в левой части которых находятся значения координат ситуационного вектора SV(ТС – ПрС/С), а в правой части – соответствующая ПрС/С;
 - б) II иерархический уровень базы алгоритмически описан, программно реализован на универсальной цифровой вычислительной машине (УЦВМ) и работа его прошла математическое моделирование по всем ПрС/С;
- составом выходной информации, включающей в себя по каждой ПрС/С состав и возможную форму предъявления на ИУП реко-

Табл. 1. Критерии поэтапной оценки БОСЭС ТС

Технология с УГТ	БОСЭС ТС	Критерии оценки БОСЭС ТС	Инструментарий	Примечания
УГТ-6	Прототип БОСЭС ТС	Критерий А – полнота решаемых задач Критерий Б – качество решения задач	1) Презентативный набор сценариев ТС (для выявления ПрС/С) 2) Программная реализация фрагмента базы знаний БОСЭС для ПрС/С-(для оценки качества решения задач в этой ПрС/С)	Задачи научно-исследовательской работы (НИР)
УГТ-7	Исследовательский образец БОСЭС ТС	Критерий В – оценка формы предъявления экипажу рекомендаций БОСЭС ТС. Критерий Г – оценка диалога «экипаж – БОСЭС ТС». Критерий Д – оценка эффективности БОСЭС ТС. Критерии А и Б – уточнение значений оценок	1) Система имитационного моделирования ТС (СИМ-ТС) для выделенного класса Антр/объектов + программная реализация БОСЭС ТС (первого и второго иерархического уровней базы знаний)	Задачи научно-исследовательской опытно-конструкторской работы (НИОКР)
УГТ-8	Опытный образец БОСЭС ТС	Критерии А – Д – уточнение значений оценок	Комплекс полунатурного моделирования (КПМ) конкретного Антр/объекта из выделенного класса Антр/объектов	Задачи опытно-конструкторской работы (ОКР)
УГТ-9	Предсерийный образец БОСЭС ТС	Критерии А – Д – уточнение значений оценок	Реальный Антр/объект из выделенного класса Антр/объектов с БОСЭС ТС на его борту	Задача натурных испытаний Антр/объекта

мендаций экипажу, состав информации для необходимых эвристических решений экипажа при приеме им только части рекомендаций или при полном отказе от них.

Для *прототипа* БОСЭС ТС определились критерии оценки: *критерий А* – полнота решаемых задач, получаемая при сопоставлении перечня задач, выделенных для интеллектуализации при системном анализе ТС; *критерий Б* – качество решения задач в базе знаний БОСЭС ТС.

Заметим, что именно этими критериями мы пользуемся, когда покупаем, например, автомобильный навигатор, знакомясь с ним по его техническому паспорту:

– с перечнем решаемых им задач и определяя при этом, все ли необходимые нам задачи вошли в этот перечень (*критерий А*),

– с качеством решения каждой задач в навигаторе (*критерий Б*).

3.2. Исследовательский образец БОСЭС ТС

Согласно технологии с УГТ-7 исследовательский образец БОСЭС ТС должен быть представлен:

– полной реализацией на УЦВМ базы знаний БОСЭС ТС (вместе I и II иерархические уровни базы знаний),

– реализованным входным интерфейсом, позволяющим принимать априорную и текущую информацию от имитатора бортовой информационной среды конкретного класса Антр/объектов,

– реализованным выходным интерфейсом, позволяющим представлять выходную информацию БОСЭС ТС на имитатор ИУП конкретного класса Антр/объектов.

Технологический инструментарий: система имитационного моделирования (СИМ-ТС), реализованная на УЦВМ. СИМ-ТС позволяет имитировать работу БОСЭС ТС в бортовом информационном поле Антр/объекта при различных сценариях протекания ТС [13].

Исследовательский образец оценивается по критериям:

- *критерий В* – оценка формы предъявления экипажу рекомендаций БОСЭС ТС,

- *критерий Г* – оценка диалога «экипаж – БОСЭС ТС»,

- *критерий Д* – оценка эффективности БОСЭС ТС,

- *критерии А и Б, значение которых обычно уточняются по результатам моделирования работы БОСЭС ТС на презентативном наборе сценариев протекания ТС.*

Возвращаясь к примеру с навигатором, именно по этим критериям мы его оцениваем при пробных поездках по основным нашим маршрутам в определенное время суток. Не это ли презентативный набор сценариев реализации ТС «Маршрут»!

3.3. Опытный образец БОСЭС ТС

Согласно технологии с УГТ-8 опытный образец БОСЭС ТС должен быть представлен:

- полной реализацией на БЦВС базы знаний БОСЭС ТС (вместе I и II иерархические уровни),
- входным интерфейсом, позволяющим принимать априорную, текущую информацию бортовой информационной среды конкретного Антр/объекта,

- выходным интерфейсом, позволяющим представлять выходную информацию БОСЭС ТС на ИУП конкретного Антр/объекта.

Технологический инструментарий оценки опытного образца БОСЭС ТС: комплекс полунатурного моделирования КППМ - Антр/объект для конкретного Антр/объекта [14], включающий в себя:

- по Антр/объекту: комплексы Б/Изм/систем, БЦВС с реализованными в ней штатными БЦВМ-алгоритмами и БОСЭС ТС, ИУП, реальный экипаж, имитаторы систем Б/Исп/устройств; система объективного контроля результатов эксперимента;

- по внешней обстановке: реализация презентативного набора сценариев протекания ТС с имитаторами всех входных сигналов на Б/Изм/системы Антр/объекта.

Опытный образец *оценивается по вышеназванным критериям А – Д* по результатам моделирования на презентативном наборе сценариев протекания ТС работы БОСЭС ТС на КППМ-Антр/объект.

Возвращаясь к примеру с навигатором, отметим, что именно по этим критериям мы его оцениваем при деловых поездках на достаточно продолжительном интервале времени.

3.4. Предсерийный образец БОСЭС ТС

Согласно технологии с УГТ- 9 предсерийный образец БОСЭС ТС должен быть пред-

ставлен отработанным опытным образцом, помещенным на конкретный Антр/объект.

Технологический инструментарий оценки предсерийного образца БОСЭС ТС: конкретный Антр/объект.

Предсерийный образец БОСЭС ТС оценивается по *вышеназванным критериям А – Д* по результатам натурных испытаний его работы на борту конкретного Антр/объекта на презентативном наборе сценариев протекания ТС.

4. Критерии оценки качества и эффективности БИС-Т/З – I-ГЛУУ по этапам их разработки

К разработке этой пары БИС-Т/З (ИИС СОЭ и БОСЭС-целесолагание) в РФ и за рубежом только приступили ученые и инженеры. Особенно остро эта задача встала перед разработчиками тех безэкипажных многофункциональных технических объектов, для которых задача I-ГЛУУ решается совместно с внешним оператором.

Приведем соображения по оценке качества и эффективности этих БИС-Т/З. Намеченные в разделе 3 критерии А – Д применимы и для этого класса БИС-Т/З. Однако инструментарий, позволяющий провести их оценку, существенно усложняется.

Для прототипа БИС-Т/З–I-ГЛУУ полнота и качество решаемых в них задач (критерии А и Б) должны проверяться на всем множестве ГЗФ и по всем ТС в каждой ГЗФ с имитацией всех возможных внешних и внутрибортовых угроз Антр/объекту.

Для исследовательского образца БИС-Т/З–I-ГЛУУ оценка диалога с экипажем (критерии В и Г) и оценка эффективности БИС-Т/З–I-ГЛУУ (критерий Д) должны определяться по результатам математического моделирования на системе имитационного моделирования I-ГЛУУ (СИМ-I-ГЛУУ). Эта система моделирования должна имитировать работу БИС-Т/З–I-ГЛУУ в бортовой информационной среде, характерной для выбранного класса Антр/объектов. Моделирование следует проводить на всем множестве ГЗФ и по всем ТС в каждой ГЗФ с имитацией возможных внешних и внутрибортовых угроз Антр/объекту. При этом следует подтвердить оценки критериев А и Б.

Работа опытного образца БИС-Т/З–I-ГЛУУ и его оценка по критериям А÷Д в идеале также

должна выполняться на всем множестве ГЗФ и по всем ТС в каждой ГЗФ, что на КПМ-конкретного Антр/объекта из выделенного класса Антр/объектов полностью выполнить затруднительно. По-видимому, некоторую часть этих работ придется выполнить на натурных испытаниях предсерийного образца БИС-Т/З-І-ГЛУУ.

Заключение

Для поддержки процесса принятия экипажем «тактических решений» на Антр/объекте должны быть реализованы интеллектуальные системы двух классов:

А) БИС-Т/З-ІІ-ГЛУУ: бортовые оперативно-советующие экспертные системы типовых ситуаций сеансов функционирования (БОСЭС ТС), оперативно предъявляющих экипажу способ решения задач назначенной ТС.

«Глубина» рекомендаций БОСЭС ТС достаточна для рационального решения всех задач ТС в автоматическом режиме при наличии согласия оператора Антр/объекта на реализацию выработанных рекомендаций БОСЭС ТС.

В процессе разработки каждой системы этого класса проводятся оценки ее качества и эффективности, ориентированные на текущий этап разработки БОСЭС ТС:

- на этапе создания прототипа БОСЭС ТС (реализация на УЦВМ фрагментов II иерархического уровня БЗ по ПрС/С) достоверно можно только проверить все ли тактические задачи ТС появились в БЗ БОСЭС ТС (критерий А: полнота состава решаемых задач) и качество решения в БЗ каждой задачи (критерий Б);

- на этапе создания исследовательского образца БОСЭС ТС оцениваются: а) качество диалога «БОСЭС ТС – экипаж» (форма предъявления рекомендаций экипажу (критерий В) и удобство ведения экипажем диалога с БОСЭС ТС в реальном времени (критерий Г); б) оценка эффективности использования на борту Антр/объекта БОСЭС ТС (критерий Д); в) критерии А и Б (оценка по результатам моделирования работы БОСЭС ТС на презентативном наборе сценариев развития ТС);

- на этапе создания опытного образца БОСЭС ТС окончательно оцениваются по результатам моделирования на КПМ качество и эффективность БОСЭС ТС по критериям А÷Д (при работе БОСЭС ТС в реальном бортовом ин-

формационном поле конкретного Антр/объекта с реальным экипажем на презентативном наборе сценариев развития ТС);

- на этапе создания предсерийного образца БОСЭС ТС подтверждается оценка критериев А÷Д при натурных испытаниях конкретного Антр/объекта с размещенной на нем БОСЭС ТС;

Б) БИС-Т/З-І-ГЛУУ: бортовая интеллектуальная информационная системы «Ситуационная осведомленность экипажа» (ИИС СОЭ), выделяющую из информационной модели внешней и внутрибортовой обстановки, представленной экипажу на ИУП, непосредственные угрозы, и БОСЭС-целеполагание, рекомендуемая экипажу текущую цель выполняемого сеанса функционирования при возникновении такой угрозы.

Критерии оценки качества и эффективности этой пары интеллектуальных систем формально совпадают с вышеназванными критериями А÷Д, однако инструментарий их оценки, методика оценки по результатам математического, полунатурного моделирования и натурных испытаний Антр/объекта с размещенной на нем парой ИИС СОЭ + БОСЭС-целеполагание требуют дальнейшей проработки.

Литература

1. Федунов Б.Е. Модель «Этап» для разработки облика бортовых интеллектуальных систем антропоцентрических объектов. Изд. «Новая техника». г. Самара. Журнал «Онтология проектирования». №2 (4), 2012, С.36-43.
2. Грибков В.Ф., Федунов Б.Е. Бортовая информационная интеллектуальная система «Ситуационная осведомленность экипажа» для боевых самолетов. В книге «Интеллектуальные системы управления». Под редакцией акад. РАН С.Н.Васильева. Изд. Машиностроение. 2010. С. 108-116
3. Желтов С.Ю., Федунов Б.Е. Оперативное целеполагание в антропоцентрических объектах с позиции концептуальной модели «Этап». I. Структуры алгоритмов поддержки процесса решения задачи экипажем. – М., Изв. РАН, ТиСУ, 2015, №3 С.57 – 71
4. Осипов Г.С., Панов А.И., Чудова Н.В. Управление поведением как функция сознания: I. Картина мира и целеполагание // М. Изв.РАН.ТиСУ. 2014. №4.
5. Федунов Б.Е. Интеллектуальные системы тактического уровня на борту летательных аппаратов: фрагменты их баз знаний (аналитический обзор по материалам зарубежной информации). Под общей редакцией акад. РАН Е.А.Федосова. Научно-информационный центр ГосНИИАС. 2013, 131 с.
6. Федунов Б.Е. Проблемы разработки бортовых оперативно-советующих экспертных систем для антропо-

- центрических объектов. // Изв. РАН. ТиСУ. 1996. № 5. С. 147-159.
7. Федунов Б.Е.. Базовая алгоритмическая оболочка бортовых оперативно советующих экспертных систем типовых ситуаций функционирования объекта.– М., Изв. РАН, ТиСУ. №.5 , 2009. С. 90 -101.
 8. Билл Гейтс. Бизнес быстрее мысли. Перевод с английского языка. Эксмо-пресс.2001.
 9. Козловских Б.Д., Федунов Б.Е.. Нормативно - техническая документация при разработке БОСЭС //Стандартизация и унификация АТ. Вопросы авиационной науки и техники. Журнал НИИСУ. 1995. Вып. 1-2.
 10. <http://aviaglobus.ru/2014/06/30/8346/>
 11. Алешин Б.С. О новой концепции организации научных работ. Новости ЦАГИ. №5, 2010
 12. Романенко А.В., Федунов Б.Е. Компьютерные системы имитационного моделирования для отработки баз знаний бортовых интеллектуальных систем системобразующего ядра антропоцентрического объекта.– М., Изв. РАН, ТиСУ, 2010, №6, С.102 – 121.
 13. Позняков П.В., Перов О.Л., Тарханов И.Б. Полунатурное моделирование в технологии создания авиационных комплексов истребительной авиации. Юбилейная научно-техническая конференция «Авиационные системы в XXI веке. ГосНИИАС. Москва 2006.Сборник докладов, том.1, С.59 – 64.

Федунов Борис Евгеньевич. Государственный научный центр РФ, Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП ГосНИИАС). Нач. сектора. Окончил Московский авиационный институт (МАИ) в 1960 году и Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова в 1965 году. Доктор технических наук, профессор. Автор 164 печатных работ из них 3 монографий. Область научных интересов: искусственный интеллект, системное проектирование бортового алгоритмического и индикационное обеспечения функционирования антропоцентрических объектов. E-mail: boris_fed@gosniias.ru