

УДК 681.518

К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Е.М. Воронов¹, В.В. Щербинин², С.С. Семенов³

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
Emvoronov@mail.ru

²Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики, Москва, Россия
mail_to_dvi@mail.ru

³Государственное научно-производственное предприятие «Регион», Москва, Россия
gnppregion@sovintel.ru

Аннотация

В статье изложен подход к оценке технического уровня современных сложных технических систем с использованием математических методов теории принятия решений и современных информационных технологий на примере систем наведения управляемых авиационных бомб. Приведена классификация задач теории принятия решений и методов экспертных оценок технического уровня систем наведения. Показаны основные этапы решения задачи сравнительного анализа систем наведения управляемых авиационных бомб для выбранного метода многокритериальной оценки. Описана организация проведения экспертной оценки технического уровня сложных технических систем с помощью разработанной информационно-аналитической системы. Предложена структура и содержание оценочных показателей, включающая совокупность интегральных и единичных показателей, обладающих полнотой технических характеристик исследуемых систем. Представленный метод сравнительного анализа и выбора по иерархической системе интегральных и единичных показателей имеет универсальный характер и применим для различных предметных областей оборонного и гражданского назначения. Метод позволяет выявить наиболее предпочтительные варианты анализируемых систем на ранних стадиях проектирования с учётом всех этапов жизненного цикла.

Ключевые слова: сложные технические системы, система наведения, управляемые авиационные бомбы, технический уровень, показатели, рейтинг.

Цитирование: Воронов, Е.М. К оценке технического уровня сложных технических систем с учётом полного жизненного цикла / Е.М. Воронов, В.В. Щербинин, С.С. Семенов // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, №2(20). – С. 173-192. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-173-192.

Введение

При разработке сложных технических систем (СТС) как военного, так и гражданского назначения на всех стадиях проектирования стоит задача выбора направлений исследований для формирования технических решений или синтеза наиболее предпочтительного образца СТС из множества допустимо-альтернативных. С этой целью анализируется уровень конкретных СТС, тенденции их развития и возможные направления совершенствования СТС.

В работах [1, 2] отмечается, что важнейшей характеристикой качества новых разработок является их технический уровень (ТУ), который представляет собой обобщённую характеристику физических свойств, возможностей и степень технической новизны рассматриваемой СТС. Определение ТУ любого объекта (изделия), как правило, основано на сопоставлении значений его показателей с показателями соответствующего базового образца, т.е. лучшего

аналога или прототипа¹, принятого за базу сравнения. Предполагается, что показатели выбранного аналога известны или достаточно легко определимы. ТУ показывает, соответствуют ли параметры вновь создаваемой продукции лучшим образцам, имеющимся на мировом рынке, и тем, которые появятся к началу её промышленного выпуска, или она ещё вообще не имеет аналогов. ТУ является основой качества СТС, которое является более широким понятием. Знание о ТУ создаваемой продукции существенным образом влияет на принятие решений при её разработке. При этом необходимо отметить, что вклад этапа принятия решений в процессе создания СТС (например, корабля или самолета) может достигать до 70% [3, 4], тогда как вклад замысла в затраты на эскизный проект составляет менее 1% полной стоимости всего жизненного цикла (рисунок 1).



1 – влияние решений на стоимость жизненного цикла, 2 – полная стоимость.

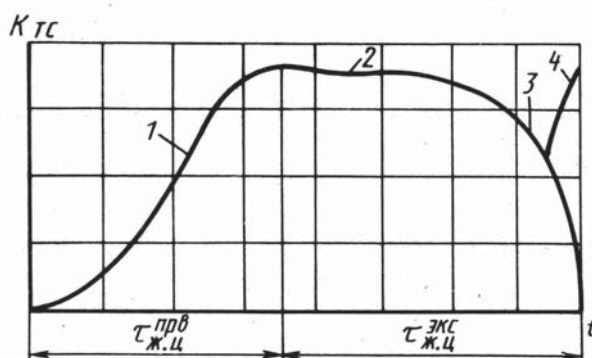
Рисунок 1 – Оценка влияния принятия решений на стоимость этапов жизненного цикла

Начало разработки предложенного метода оценки ТУ образцов вооружения и его отдельных систем относится к 1992–1998 гг., т.е. к кризисному периоду в жизни страны. Поэтому ключевой стала задача разработки методов выбора перспективных «рентабельных» направлений развития соответствующих подсистем. Воспользоваться отработанными методиками оценки боевой эффективности по критерию «эффективность–стоимость» было не только затруднительно по причинам отсутствия сценариев боевого применения для новых геополитических условий, хаотичности стоимостных показателей (для указанного периода времени), но и потому, что необходимо было учесть ряд факторов, относящихся к различным этапам жизненного цикла изделия (проектирования и боевого применения) и касающихся производственно-технологических возможностей предприятий, эксплуатационных характеристик СТС, возможности обеспечения требуемого уровня качества и др. В сложившихся условиях возникла потребность разработки методического аппарата в классе экспертных систем принятия решений при всех известных и перспективных возможностях последних. Поэтому предложен комплексный метод оценки ТУ СТС, учитывающий основные её свойства на всём жизненном цикле, от ранних этапов проектирования до боевого применения, и вли-

¹ Аналог и прототип не являются синонимами в полном смысле. Их содержательное наполнение обычно разделяют. Прототип – это то, что берётся за основу при разработке изделия (быстрая, черновая реализация будущей системы или её обобщенная модель, построенная на совокупном использовании свойств реализованных или спроектированных аналогичных по назначению изделий). Аналог – близкий по характеристикам объект или система (то, что берется за основу при сравнении). *Прим. ред.*

яющих в целом на его ТУ [5]. В монографии [6] этот подход применён к решению задачи оценки ТУ СТС систем наведения (СН) управляемых авиационных бомб (УАБ). СН является основной составной частью управляемых авиационных средств поражения (УАСП). Например, СН УАБ существенно влияют на боевые и эксплуатационные свойства УАБ, на них приходится до 30% стоимости вооружения. Предложенный метод оценки ТУ СН УАБ может быть использован для оценки ТУ объектов более высокого иерархического уровня – УАБ или управляемых ракет (УР) класса «воздух–поверхность».

Показатель качества СТС в течение производственного и эксплуатационного этапов жизненного цикла имеет характер [7], при котором происходит медленное наращивание качества в начальный период (участок 1 кривой на рисунке 2), период стабилизации (участок 2) и падение при моральном и физическом износе системы без модернизации (участок 3). С модернизацией (участок 4) происходит рост до уровня участка 2. Оценка ТУ на различных этапах жизненного цикла даёт возможность принимать наиболее обоснованные решения по направлениям создания и реализации новой техники.



$\tau_{ж.ц.прв}$ и $\tau_{ж.ц.экс}$ – продолжительность производственного и эксплуатационного этапов жизненного цикла.

Рисунок 2 – Зависимость уровня показателя качества различных видов СТС в течение жизненного цикла для усредненных условий его применения

1 Объект исследования

Для разработчика СН УАБ важным является выбор наиболее предпочтительных вариантов СН для проектируемого образца УАБ: лазерные, телевизионные, тепловизионные, радиолокационные, радиометрические, инерциально-спутниковые, телекомандные и комбинированные СН. С этой целью собирают сведения о распространённости применения тех или иных СН в образцах УАБ, оценивают данные СН по эффективности наведения УАБ на цели, структурные свойства СН и т.д.

Основное внимание уделяется детальному анализу информационных блоков СН и информационных условий применения СН, обеспечивающих круглосуточность, всепогодность и дальность применения УАБ. Анализируется технический облик на основе тактических возможностей основных характеристик, преобразователя «излучения–сигнал», характеристик радиолокационных, оптических и гироскопических систем, типов алгоритмов обработки информации и её отображения, информационного обмена с аппаратурой УАБ, массогабаритных характеристик и стоимости СН.

2 Классификация методов экспертных оценок технического уровня СТС

Для выбора и обоснования метода сравнительного анализа при оценке ТУ СН УАБ рассмотрим классификацию задач, решаемых с помощью систем поддержки принятия решений (СППР). В СППР используется несколько классификаций задач. В таблице 1 приведены три типа задач: руководящие управляющие, оперативные управляющие и оперативные исполнительные с формированием характеристик СППР в зависимости от данных типов задач.

Таблица 1 – Характеристики СППР в зависимости от типа решаемых задач

Характеристики СППР	Граничное значение информации	Тип решаемых задач			Граничное значение информации
		Руководящие управляющие задачи	Оперативные управляющие задачи	Оперативные исполнительные задачи	
Точность используемой информации	неопределенная	• информация ЛПР	–	• информация БД	точная
Степень детализации информации	агрегированная	• ЛПР	–	• БД	детализированная
Временной горизонт требуемой информации	продолжительный	•	–	–	короткий
Частота использования	редко	•	•	–	часто
Внутренняя или внешняя информация (источник)	внешняя	•	–	–	внутренняя
Широта охвата информации	широкая	• ЛПР	–	• БД	узкая
Количественная или качественная информация	качественная	• ЛПР	–	• БД	количественная
Оперативность информации	неоперативная	•	–	–	оперативная

Примечание: ЛПР – лицо, принимающее решение; БД – база данных;
• – фактор использования характеристики СППР в типах решаемых задач.

Отмеченные в таблице 1 характеристики использовались при построении выбранной для сравнительного анализа СППР с учётом возможности ввода и обработки экспертных оценок.

Классификация методов получения экспертных оценок приведена на рисунке 3.

Анализ литературы по методологии исследования авиационных систем [8, 9] и по проектированию УАСП в целом и их СН с различными информационными блоками [10-12] показал, что какой-либо формализованной процедуры выбора СН на различных этапах жизненного цикла не существует.

На начальных этапах жизненного цикла выбор типа СН производится с использованием сопоставительных таблиц характеристик СН [12], на основе совокупности факторов, влияющих на работу СН, или на основе оценки боевой эффективности в составе изделия. В настоящее время УАСП в составе управляемого авиационного комплекса (УАК) в зависимости от уровней боевого применения УАК (группировка, группа, одиночный УАК, комплекс вооружения, элементы комплекса) с показателями эффективности боевого применения (средний ущерб цели, число ударов по цели, ущерб цели в одном ударе, координатный закон поражения цели УАСП, точность боевого применения УАСП, потери УАК от ПВО и др.) составляют основу боевой эффективности УАСП–УАБ (таблица 2). При такой оценке учитывается только одна стадия жизненного цикла изделия – боевое применение.



Рисунок 3 – Классификация методов получения экспертных оценок

Таблица 2 – Показатели эффективности боевого применения УАК [5]

Уровни системы	Этап и критерии функционирования			
	Поражение цели	Выход на цель	Преодоление ПВО	Подготовка к полету
Группировка	$U_{оп}$ — средний ущерб, измеряемый числом объектов, пораженных с заданной степенью поражения при заданной структуре ущерба	$P_{оп}$ — средние потери группировки за операцию	$P_{оп}$ — средние потери группировки за операцию	$K_{ог}$ — средний коэффициент боеготовности группы K_n — коэффициент надежности
Группа ЛА	W — вероятность поражения одиночной цели M — средний ущерб относительно групповой или площадной цели U_r — гарантированный ущерб N_r — полногонный наряд	$W_{ат}$ — вероятность атаки цели с первого захода (N) УАК $n_{пз}$ — среднее число поисковых заходов, необходимых для обнаружения цели УАК	P_r — средние потери на маршруте и у цели $W_{пр}$ — вероятность преодоления ПВО $P_{пор}$ — вероятность собственных потерь от ПВО	$t_{под}$ — среднее время подготовки группы к полету Вероятность надежности КАВ $P_{пор,з}$ — вероятность поражения ЛА на земле (во время подготовки)
Элементы КАВ: ПрНК, СП, СУВ, УВ	Характеристики рассеяния Характеристики поражающего действия АСП Характеристики обеспечения организации применения АСП	Точность выхода (навигации) Характеристики визуально-обзорного пуска (поле обзора, дальность обнаружения)	Совместно с системой РЭБ, обеспечивающей снижение эффективности ПВО; Коэффициент снижения эффективности ПВО	Вероятность надежности работы любого i -го элемента КАВ

Примечание. КАВ — комплекс авиационного вооружения; ПрНК — прицельно-навигационный комплекс; СП — средства поражения; УВ — управляемое вооружение; СУВ — система управления вооружением.

Выбор СН приходится проводить уже на ранней стадии создания УАБ – стадии предпроектного исследования. Поэтому актуальной задачей является разработка метода оценки ТУ СН УАБ с учётом группы характеристик-показателей: массогабаритные, тактические, технические, энергообеспечивающие, надёжные, эксплуатационные, экономические. В каче-

стве технологии принятия решения в развиваемом многокритериальном методе применяется метод простого взвешивания, достаточно наглядный для ЛПР. Нормированные данные по показателям формируются с помощью функций ценности – полезности на множестве их вариантов: линейных, выпуклых, вогнутых, *s*-образных. Учтена в данном методе и стандартная процедура получения коэффициента конкордации.

3 Комплексный метод оценки технического уровня систем наведения управляемых авиационных бомб

Многоэтапная структура метода оценки ТУ СН УАБ приведена на рисунке 4. Разработаны процедуры выбора единичных оценочных показателей и соответствия единичных показателей интегральным, определения функций ценности для каждого единичного показателя (ЕП), обоснованы критерии и разработаны процедуры отбора объектов исследования (образцов СН УАБ) для сравнительного анализа, обоснованы критерии выбора аналога из числа наилучших вариантов СН с учётом всех стадий жизненного цикла.

Основные особенности этапов метода.

1. Формирование структуры оценочных показателей — задание интегральных показателей (ИП) и определение влияющих на них ЕП. При этом для качественного формирования системы оценочных показателей необходимо выполнить требования по полноте набора показателей и их действенности, разложимости, критичности и устойчивости, не избыточности и минимальной размерности.

2. Определение весомости ЕП и ИП – определение весомости ЕП на соответствующие ИП (через весомости групп показателей). Для выявления мнений экспертов разрабатывается анкета, которая включает перечень показателей с оценкой по десятибалльной шкале. В экспертную группу подбираются специалисты, род деятельности которых охватывает весь жизненный цикл изделий. Т.е. в ней должны быть представители заказывающих и научных организаций, формирующих оперативную и тактико-техническую концепцию развития УАБ; испытательных центров и центров боевой подготовки: строевых частей по обслуживанию и применению УАБ; представители промышленности (головного предприятия-исполнителя по разработке УАБ, предприятия соисполнителя составных частей и др.).

Полученные от экспертов анкеты образуют базу данных экспертных оценок. При выполнении данной процедуры эксперты получают все необходимые сведения об исследуемых СН УАБ, а также дополнительные сведения об отечественных и зарубежных аналогах. Далее осуществляется оценка согласованности мнений экспертов. В случае несогласованности мнений экспертов проводится коллективное обсуждение полученных результатов оценки весомости каждого показателя, при этом предпринимается попытка прийти к компромиссу, приемлемому для всех членов экспертной группы. При наличии существенных расхождений в предпочтениях экспертов проводится уточнение полученных оценок и повторное обсуждение полученных результатов. В качестве весов показателей используются значения математических ожиданий оценок соответствующих весов.

3. Определение для каждого ЕП функции ценности – формирование для единичных показателей функции ценности.

4. Отбор объектов исследования для сравнительного анализа – формирование множества рассматриваемых объектов на основе определённых критериев.

5. Выбор аналога из числа анализируемых альтернатив. Данный этап необходим для осуществления в дальнейшем оценки ТУ исследуемой СН УАБ, которая выполняется на основе сравнительного анализа с другой СН, которая выступает аналогом.

6. Формирование матрицы «объекты исследования – ЕП» для ИП и определение рейтингов альтернатив для каждого ИП методом простого взвешивания. Рейтинг альтернативы (образца СН УАБ) отдельно для каждого ИП рассчитывается по формуле

$$(1) \quad R_j(i) = \sum_k W_{kj} \cdot U_{kj}(i),$$

где $R_j(i)$ – рейтинг альтернативы i по ИП j , W_{kj} – вес k ИП j ,
 $U_{kj}(i)$ – значение функции ценности ЕП k альтернативы i ИП j .

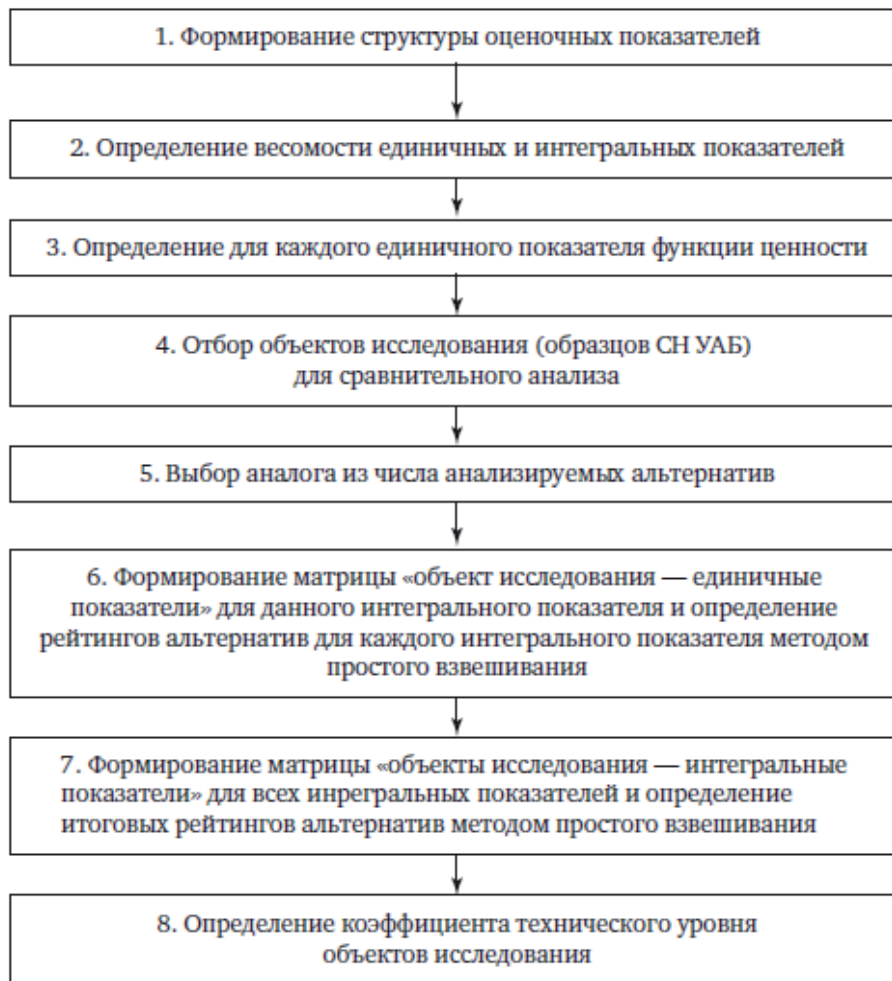


Рисунок 4 – Этапы решения задачи сравнительного анализа СН УАБ

7. Формирование матрицы «объекты исследования – ИП» для всех ИП и определение итоговых рейтингов альтернатив методом простого взвешивания. В этой матрице в качестве значений ИП используются рейтинги альтернатив, полученные на этапе анализа методом простого взвешивания (этап 6). При определении мест объектов исследования в финальном ранжировании итоговые рейтинги альтернатив определяются с помощью метода взвешенного суммирования по формуле

$$(2) \quad R(i) = \sum_j W_j \cdot R_j(i),$$

где W_j – весовой коэффициент ИП j ,
 $R_j(i)$ – рейтинг альтернативы i по ИП j , рассчитанный по (1).

8. Определение коэффициента ТУ объектов исследования – формирование для каждого образца СН УАБ из рассматриваемого множества обобщенного показателя качества. Определение коэффициента ТУ альтернативы $K_{ТУ}(i)$ производится по формуле

$$(3) \quad K_{ТУ}(i) = R(i) / R(o),$$

где $R(i)$ – рейтинг альтернативы i ,

$R(o)$ – рейтинг альтернативы o , выбранной в качестве аналога.

Выявлена важная связь вводимой структуры восьми ИП (технический, технологический, эксплуатационно-технический, тактический, выживаемость, экономический, надёжности, временной), как порождённых основными характерными признаками стадий жизненного цикла изделия, особенно таких как исследование и разработка, серийное производство, эксплуатация (боевое применение) с этапами жизненного цикла СН УАБ, что иллюстрирует рисунок 5.

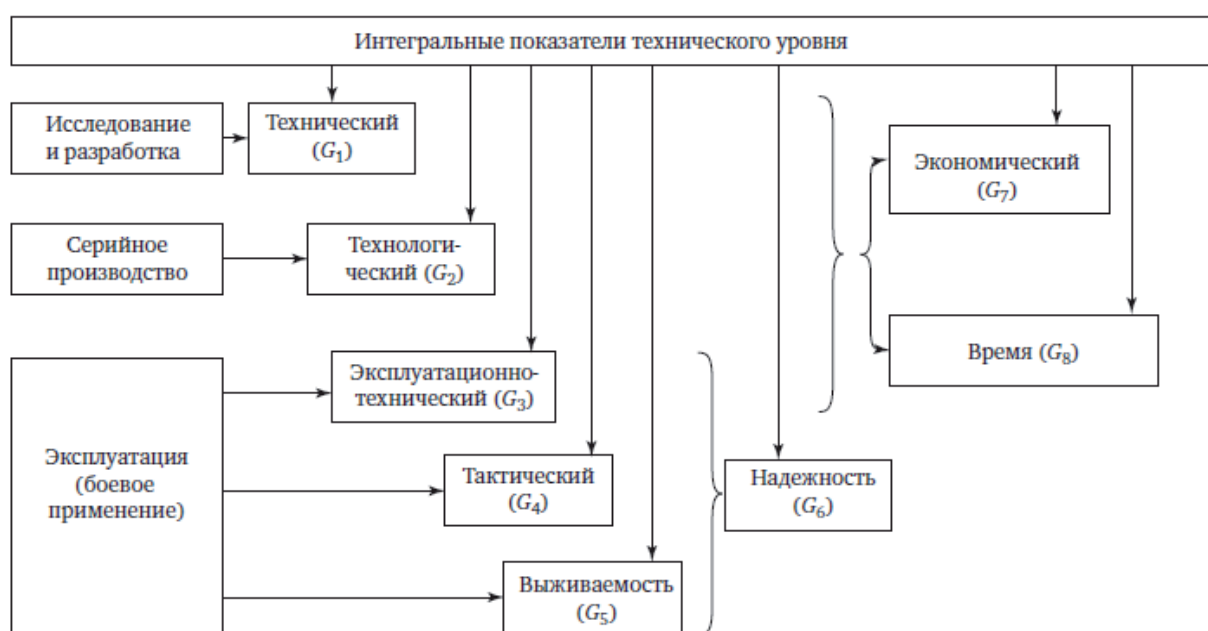


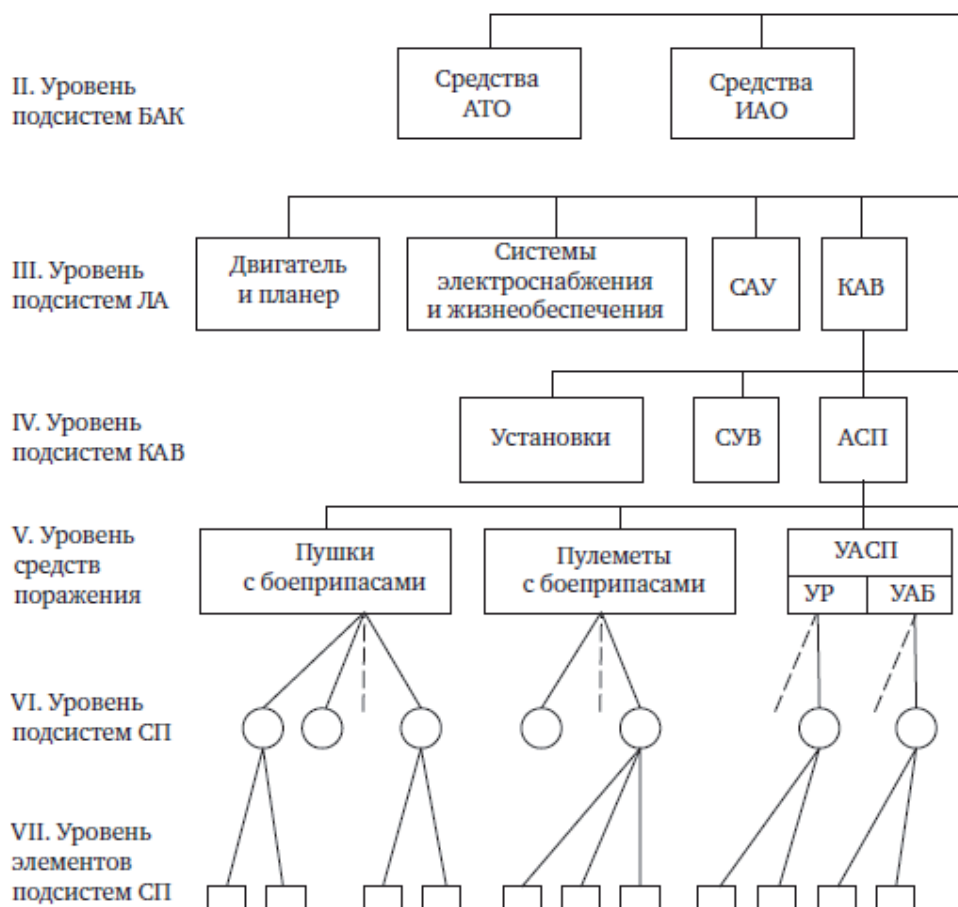
Рисунок 5 – Схема взаимосвязи интегральных показателей с этапами жизненного цикла СН УАБ

СН УАБ является одним из элементов УАБ, которая применяется наряду с другими элементами комплекса авиационного вооружения (КАВ: авиационные пулеметы и пушки с боеприпасами к ним, управляемые и неуправляемые ракеты, бомбы, торпеды, мины и др.).

Структура оценочных показателей на уровне ИП, которые декомпозируют ИП, отражает роль СН в структуре боевого авиационного комплекса (БАК). Фрагмент полной иерархической структуры БАК представлен на рисунке 6, из которого следует, что уровень СН является шестым (сверху-вниз) уровнем подсистем средств поражения УАБ БАК. Поэтому необходимо принимать в расчёт задачи и показатели подсистем более высоких уровней иерархии (I-V): нанесения максимального ущерба цели, нанесения удара одним летательным аппаратом (ЛА), учёта КАВ ЛА, поражения цели различными средствами поражения КАВ ЛА, характеристик поражающего действия средств поражения.

На первом этапе выявляются ИП с высокой степенью влияния на ИП, для чего разработана система соответствия групп ИП для каждого ИП (таблица 3). Принято предположение об однозначном соответствии одного ИП одному ИП с тем, чтобы не было так называемого «двойного счёта» одного ИП в обобщённом показателе ТУ.

I. Уровень БАК



АТО – аэродромное техническое обслуживание; ИАО – инженерно-авиационное обеспечение; САУ – система автоматического управления; КАВ – комплекс авиационного вооружения; СУВ – система управления вооружением; АСП – авиационные средства поражения; УАСП – управляемые авиационные средства поражения; УР – управляемые ракеты; УАБ – управляемые авиационные бомбы

Рисунок 6 – Структурная схема боевого авиационного комплекса (фрагмент схемы)

Таблица 3 – Матрица формирования соответствия единичных показателей интегральным

Единичный показатель (g_{jt})	Интегральный показатель (G_j)					
	G_1	G_2	...	G_l	...	G_L
g_1	b_{11}	b_{21}	...	b_{l1}	...	b_{L1}
g_2	b_{12}	b_{22}	...	b_{l2}	...	b_{L2}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
g_j	g_{1j}	g_{2j}	...	g_{lj}	...	g_{Lj}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
g_N	g_{1N}	g_{2N}	...	g_{lN}	...	g_{LN}

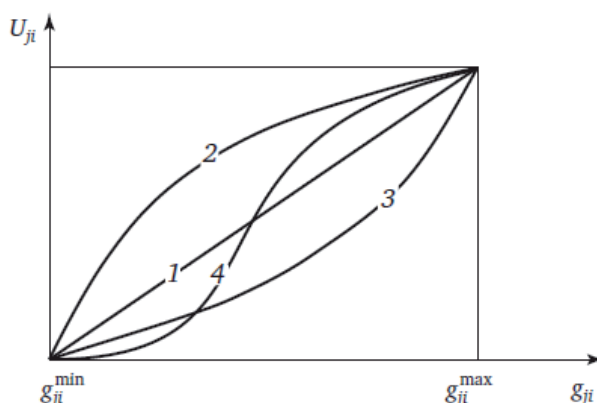
Таблица 3 составляется на основании нескольких аналогичных таблиц, представленных каждым экспертом. Оценки b_{ij} вычисляются по следующей формуле

$$(4) \quad b_{ij} = \text{entir} \left[\sum_{k=1}^m b_{ijk} / m \right],$$

где $i = 1, \dots, L$ – ИП; $j = 1, \dots, N$ – ЕП; $k = 1, \dots, m$ – эксперты; b_{ij} – оценка от k -го эксперта, которая равна 1, если данный j -й ЕП эксперт относит к i -му ИП, и нулю – в противоположном случае; L – число ИП; m – число экспертов.

С помощью (4) производится осреднение оценок b_{ij} по всем m экспертам с последующим округлением до ближайшего целого (нуля или единицы), поскольку b_{ij} может иметь только одно из двух значений. В результате будут сформированы отношения между ИП и ЕП.

Также разработана технология определения функции ценности для каждого ЕП на основе экспертного опроса. Функция ценности для логических показателей является бинарной и принимает значение 0 или 1 в зависимости от того, желательно данное свойство или нет. Функция ценности для числовых показателей предполагает введение от двух до пяти точек в зависимости от типа кривой. Функция ценности $U_{ji}(g_{ji})$, может иметь несколько типов (рисунок 7) и быть убывающей или возрастающей.



1 – линейный, 2 – вогнутый (несклонность к риску); 3 – выпуклый (склонный к риску); 4 – s-образный вид; i – объект ($j = 1, \dots, n$); j – оценочный показатель ($j = 1, \dots, m$)

Рисунок 7 – Характерные типы функции ценности

Тип 1 имеет линейный характер в случае отсутствия предпочтения для показателя: типы 2 и 3 имеют вогнутость и выпуклость и устанавливаются тогда, когда желательно иметь больший или меньший эффект в зависимости от значения показателя. Тип 4 имеет S-образный вид и вводится в тех случаях, когда получаемый эффект желательно представить для больших его значений.

Схема проведения экспертных оценок по определению функции ценности для каждого ЕП (выбору типа и значений) аналогична изложенной при формировании соответствия единичных показателей интегральным.

Далее, на основе вектора критериев (по степени готовности СН УАБ, по массогабаритным характеристикам СН УАБ, по стоимости СН УАБ) формируется методика отбора вариантов СН для их сравнения. В качестве СН-аналога выбирается серийный образец с высокой достоверностью единичных показателей, с лучшими свойствами по оценке экспертов и интервалом успешного применения не менее пяти лет при выполнении тех же функций, что и другие образцы из отобранных. В результате отношения рейтингов отобранных альтернатив СН к рейтингу аналога–прототипа формируется коэффициент ТУ СН УАБ каждой отобранной альтернативы СН.

Метод оценки ТУ СН УАБ позволяет реализовать сравнительный анализ СН и получать не только ранжирование объектов в целом, но и по каждому ИП. Этот метод оценки ТУ СН УАБ может быть применен на любой стадии жизненного цикла объекта. На разработанный

метод оценки ТУ СТС и методы формирования оценочных показателей и определения функций ценности единичных показателей получены патенты на изобретения [13–15].

Современные математические методы и компьютерные технологии были положены в основу создания информационно-аналитической системы (ИАС) «Оценка и выбор», в которой был реализован разработанный метод оценки ТУ СН УАБ и проведены настоящие исследования.

4 Структура и содержание оценочных показателей

Совокупность полученных ИП и ЕП обладает полнотой технических характеристик, большой практической значимостью и выходит за рамки разработанного метода оценки ТУ СН УАБ. В частности, ИП «Технический» включает пять ЕП аппаратурно-технических и два массогабаритных ЕП. ИП «Эксплуатационно-технический» включает четыре ЕП: долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, контролепригодность.

Особенно сложная групповая структура по ЕП получена в ИП «Тактический»:

- группа из четырех ЕП под общим названием «Показатели тактической возможности»;
- группа из девяти ЕП «Показатели среды и боевого применения» в составе: степень круглосуточности, степень всепогодности применения УАБ, степень облачности, время прицеливания, точность автосопровождения, степень автономности, максимальная допустимая высота прицеливания, захват цели на траектории полета УАБ, возможность перенацеливания после сброса УАБ;
- группа из семи ЕП «Показатели подготовки полётного задания и взаимодействия с самолётом-носителем»;
- группа из семи ЕП «Показатели взаимодействия с объектом поражения»: тип СН накладывает ограничение на номенклатуру целей при наведении, СН обеспечивает наведение на подвижные цели, СН обеспечивает наведение на слабоконтрастные цели, СН обеспечивает наведение на замаскированные цели, СН обеспечивает наведение на цели с выровненным температурным контрастом (после дождя), СН обеспечивает наведение при инверсии температурного контраста цели, СН обеспечивает наведение в заданную область.

В качестве примера в таблицах 4, 5 представлены фрагмент экспертной оценки значимости ИП и функции ценности для ИП «Тактический». В результате получены материалы по характеристикам ИП и ЕП, необходимые для реализации метода оценки ТУ СН УАБ.

5 Организация проведения экспертной оценки и результаты оценки технического уровня с помощью информационно-аналитической системы

Для выполнения исследований по разработанному методу создается экспертная комиссия, которая состоит из рабочей и экспертной групп. Рабочая группа состоит из руководителя, консультанта по СН УАБ и инженерно-технических работников, которые участвуют в составлении программы экспертной оценки ТУ СН УАБ, организации работы экспертной группы (включая опрос экспертов) и анализе полученных результатов. Экспертная группа проходит обучение применению метода оценки ТУ СН УАБ, и её работа выполняется в четыре этапа.

- 1) формулируется цель экспертной оценки и формируется рабочая группа;

- 2) уточняются цели экспертной оценки, определяются перечень операций, выполняемых экспертами, состав экспертной группы, способ и процедура опроса экспертов, разрабатывается анкета для опроса экспертов и проводится опрос экспертов;
- 3) уточняется структура оценочных показателей и номенклатура оценочных показателей и определяется значимость ИП и ЕП в соответствии с целями и задачами экспертной оценки, т.е. формируется база данных для проведения экспертного анализа. Кроме того, вырабатываются рекомендации для выбора аналога – базового образца СН УАБ;

Таблица 4 – Результаты экспертной оценки значимости ИП для сравнительного анализа СН УАБ

Направление влияния на рост ТУ	Интегральный показатель (весовой показатель)	Единичный показатель	Баллы			
			Эксперт			
			1	2	3	4
	Тактический (0,192)		8	9	7	8
		<i>Показатели тактических возможностей</i>				
лог.		СН реализует принцип «сбросил-забыл» (С-З)	5	9	7	9
↑		Дальность обнаружения цели днем $D_{обн\ дн}$, км	8	8	7	7
↑		Дальность обнаружения цели ночью $D_{обн\ н}$, км	8	8	7	7
↓		Дальность действия минимальная (ослепления) цели D_{min} , км	3	3	7	6
↑		Степень реализации захвата СН $D_{з\ max}/D_{max}$, ед.	5	5	7	9
↑		Степень всепогодности В, ед.	9	9	7	8
↑		Степень облачности Об ($H_{сб}$, время года), ед.	9	5	7	8
↓		Время прицеливания $T_{приц}$, с	3	8	7	7
↓		Точность автосопровождения цели $E_{КВО}$, м	6	9	7	8
↑		Степень автономности $t(H_{сб})$, ед.	5	5	7	8
↑		Максимальная допустимая высота работы СН $H_{сн\ max}$, км	5	5	7	6
лог.		СН обеспечивает захват цели на траектории полета изделия (ЗТ)	8	9	7	7
лог.		СН допускает возможность перенацеливания после сброса изделия (ПРЦ)	5	7	5	6

Таблица 5 - Функция ценности единичных оценочных показателей в зависимости от значения ЕП

Единичные показатели	Функция ценности				
	Минимально-приемлемо (0,01)	Посредственно (0,20)	Хорошо (0,50)	Почти отлично (0,70)	Превосходно (0,90)
4. ТАКТИЧЕСКИЙ					
<i>Показатели тактических возможностей</i>					
СН реализует принцип «сбросил-забыл» (С-З)	Да – свойство желательно Нет – свойство нежелательно				
Дальность обнаружения цели днем $D_{обн\ дн}$, км	3	5	8	10	15
Дальность обнаружения цели ночью $D_{обн\ н}$, км	3	5	8	10	15
Дальность действия минимальная (ослепления) до цели D_{min} , км	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05
Степень реализации захвата СН $D_{з\ max} / D_{max}$, ед.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9

4) проводится обработка полученных экспертных оценок путём ввода базы данных в ИАС «Оценка и выбор», в которой реализованы алгоритмы метода оценки ТУ СН УАБ, получают окончательные результаты сравнительного анализа, проводится анализ результатов и готовится решение экспертной группы.

При опросе экспертов используется индивидуальная оценка членов экспертной группы по 10-ти балльной системе. В задачу экспертов входят: определение коэффициентов весомости ЕП и ИП и определение функций ценности для каждого ЕП.

Снижение трудоёмкости процесса получения экспертных оценок, обеспечение согласованности мнений экспертов и оценки ТУ СН УАБ по разработанному методу осуществлялось путём замены отдельных операций экспертной оценки ТУ СН УАБ формализованными вычислительными процедурами ИАС «Оценка и выбор». В задачу экспертов входило лишь определение коэффициентов весомости ЕП и ИП и функций ценности ЕП.

Пример.

В качестве целей функционирования СН рассмотрим применение УАБ в составе УАК для сброса УАБ с высот от 0,6 до 2-5 км летом и зимой на Западном театре военных действий для поражения группы целей типа железнодорожный мост, взлетно-посадочная полоса, железобетонное укрытие, цех машиностроительного завода с учётом преодоления элементов ПВО и др. Для сравнительного анализа сформируем достаточно полное описание альтернатив из двенадцати образцов (с классификацией по информационным блокам СН) СН при применении УАБ по наземным целям:

- 1) ЛГ – полуактивная лазерная гиросtabilизированная;
- 2) ЛМС – логическая многоспектральная;
- 3) ЛФ – полуактивная лазерная флюгерная;
- 4) РЛ-Ш – радиолокационная мм-диапазона;
- 5) ТВ-КСН-(ПЗС) – телевизионно-командная на основе приемника излучений с зарядовой связью;
- 6) ТВ-МДН-(ЭОП) – телевизионная на базе электрооптических преобразователей;
- 7) ТВ-МЦ – телевизионная;
- 8) ТВ-МЦ(Э) – телевизионная с захватом цели на траектории по заранее подготовленному эталону;
- 9) ТВ-(ВДН) – телевизионная на основе видикона;
- 10) ТВ-М-(ПЗС) – телевизионная на основе приемника излучений с зарядовой связью;
- 11) ТП-(ПРН) – тепловизионная на основе пировидикона;
- 12) ТП-КСН-(ПРН) – тепловизионно-командная на основе пировидикона.

В таблице 6 на примере ИП «Тактический» даны сравнительные оценки типов СН по ЕП для данного ИП, и подобное может быть сформировано для всех ИП.

В таблице 7 приведены результаты экспертных сравнений ИП в форме весовых коэффициентов. Анализ предусматривает исследование СН в различных тактических условиях применения.

В таблице 8 даны условия шести вариантов анализа с учётом тактических условий по высоте сброса УАБ и времени года. В частности, вариант «Анализ-1» по высоте сброса 0,6 км, время года – лето.

Сравнительный рейтинг исследуемых двенадцати СН УАБ для шести вариантов условий анализа дан в таблице 9. Во всех вариантах анализа наилучший последовательно убывающий рейтинг имеют седьмой, восьмой, девятый, шестой и первый вид СН УАБ. При введении аналога СН типа ЛФ лучшие значения коэффициентов ТУ СН УАБ для предельных режимов по высоте применения УАБ (0,6 км и 5,0 км) относительно выбранного аналога дают седьмой и восьмой вид СН УАБ.

Таблица 6 – Основные оценочные показатели СН УАБ для проведения сравнительного анализа (пример)

Интегральный показатель	Единичный показатель	Тип СН				
		ЛФ	ЛГ	ТВ-ВДН	ТВ-МЦ	ТВ-МЦ-(Э)
		СН1	СН2	СН3	СН4	СН5
Тактический	СН реализует принцип «сбросил-забыл» (С-3)	Нет	Нет	Да	Да	Да
	Время прицеливания $T_{приц}$, с	5	5	5	5	3
	Точность автосопровождения цели $E_{кво}$, м	7	5	3	3	10
	Дальность обнаружения цели днем $D_{обн дн}$, км	5	6	10	15	70
	Дальность обнаружения цели ночью $D_{обн н}$, км	5	6	0	0	70
	Дальность действия минимальная (ослепления) цели D_{min} , км	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1
	Степень автономности $t (H_{сб1})$	0	0	1	1	1
	Степень автономности $t (H_{сб2})$	0	0	1	1	1
	Степень автономности $t (H_{сб3})$	0	0	1	1	1
	Степень реализации захвата СН $D_{з max} / D_{max}$	0,18	0,21	0,35	0,53	1
	Степень круглосуточности T (лето)	1	1	0,65	0,79	0,79
	Степень круглосуточности T (зима)	1	1	0,35	0,50	0,50

Таблица 7 – Результаты экспертной оценки значимости ИП для сравнительного анализа СН УАБ

Интегральный показатель	Весовой коэффициент
Технический (G_1)	0,180
Технологический (G_2)	0,114
Эксплуатационно-технический (G_3)	0,132
Тактический (G_4)	0,192
Выживаемость (G_5)	0,132
Надежность (G_6)	0,126
Экономический (G_7)	0,126

Таблица 8 – Содержание плана анализа серии «Анализ»

Наименование плана анализа	Тактические условия	
	Высота сброса H , км	Время года
«Анализ-1»	0,6	лето
«Анализ-2»	0,6	зима
«Анализ-3»	2	лето
«Анализ-4»	2	зима
«Анализ-5»	5	лето
«Анализ-6»	5	зима

В таблице 10 даны результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану «Анализ-1» в режиме «Рейтинг» по каждому ИП, из которой следует преимущество седьмой и восьмой СН УАБ из исходного перечня. Отображение каждого столбца таблицы 10 в виде диаграмм представлено на рисунках 8-9 и на рисунке 10).

В таблице 11 представлены результаты расчёта вероятности поражения цели при выбранных СН и их рейтинг по полученным значениям вероятности поражения.

В таблице 12 представлен результат сравнительного анализа данных СН УАБ (при варианте условий «Анализ-3») для ИП «Тактический», а в таблице 13 – по совокупности ИП.

Сопоставительный анализ рейтингов исследуемых СН УАБ, полученный разными методами показывает близость результатов (рисунок 11).

Представление результатов исследований в форме лепестковых (векторных) диаграмм (рисунок 12) позволяет графически сравнивать полученные результаты по восьми интегральным показателям.

По результатам сравнения можно выделить четыре группы анализируемых СН УАБ.

Таблица 9 – Результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану «Анализ» для различных тактических условий боевого применения

Тип исследуемых СН УАБ (СН УАБ приведены в порядке полученного рейтинга СН по плану анализа «Анализ-1»)	Рейтинг исследуемых СН УАБ					
	Высота сброса Н = 0,6 км		Высота сброса Н = 2 км		Высота сброса Н = 5 км	
	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
	«Анализ-1»	«Анализ-2»	«Анализ-3»	«Анализ-4»	«Анализ-5»	«Анализ-6»
ТВ-МЦ	687	681	685	678	684	677
ТВ-МЦ-(Э)	653	647	653	647	653	647
ТВ-ВДН	650	643	648	640	646	639
ТВ-МДН-(ЭОП)	642	639	639	636	638	635
ЛГ	631	629	629	626	628	625
ЛМС	625	625	625	625	625	625
ТВ-М-(ПЗС)	624	618	622	615	621	614
ТП-(ПРН)	610	608	608	605	607	604
РЛ-Ш	535	535	535	535	535	535
ЛФ	535	532	532	529	531	528
ТВ-КСН-(ПЗС)	527	522	529	524	531	525
ТП-КСН-(ПРН)	461	459	463	461	465	463

Таблица 10 – Результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану анализа «Анализ-1» в режиме «Рейтинг»

Тип исследуемых СН УАБ	Интегральный показатель							
	Общий результат	Тактический	Технический	Выживаемость	Эксплуатационно-технический	Экономический	Надежность	Технологический
	Ранг 1	Балл 1	Балл 1	Балл 1	Балл 1	Балл 1	Балл 1	Балл 1
ТВ-МЦ	687	646	761	536	666	735	799	649
ТВ-МЦ-(Э)	653	756	709	536	666	580	799	420
ТВ-ВДН	649	492	712	536	438	796	799	856
ТВ-МДН-(ЭОП)	642	653	662	536	666	714	799	420
ЛГ	631	602	831	0	666	827	899	534
ЛМС	625	680	451	463	528	651	799	879
ТВ-М-(ПЗС)	624	500	712	536	438	768	799	649
ТП-(ПРН)	610	519	593	536	528	703	799	649
РЛ-Ш	535	467	578	0	528	660	699	879
ЛФ	534	531	657	0	178	817	899	649
ТВ-КСН-(ПЗС)	527	624	378	0	528	547	799	879
ТП-КСН-(ПРН)	461	586	378	0	528	490	799	420

Примечания: 1) типы СН УАБ приведены в порядке полученного рейтинга СН по плану анализа «Анализ-1».
2) балл 1 означает оценку по методу простого взвешивания.

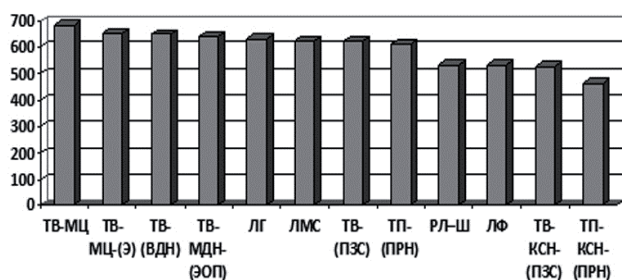


Рисунок 8 – Результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану анализа «Анализ-1» в режиме «Рейтинг». Общие результаты

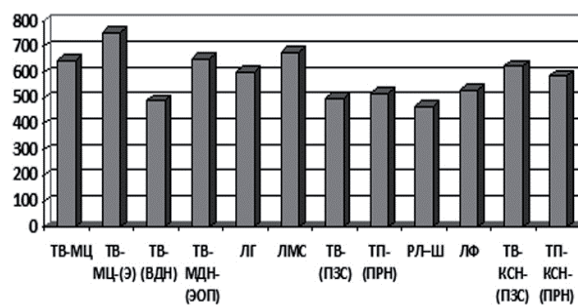


Рисунок 9 – Результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану анализа «Анализ-1» в режиме «Рейтинг». Показатель «Тактический»

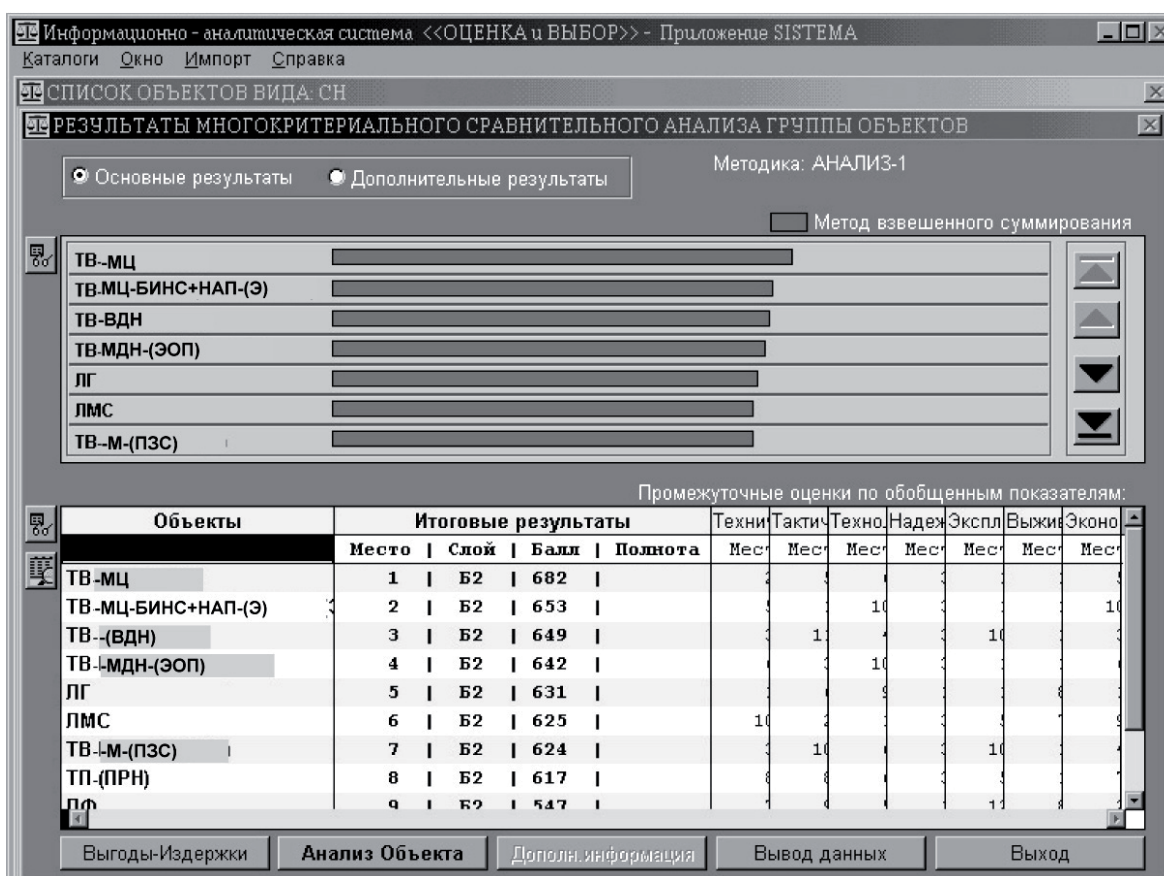


Рисунок 10 – Экран ИАС «Оценка и выбор» при использовании метода взвешенного суммирования путем сравнительного анализа СН УАБ

Таблица 11 - Вероятность поражения цели (типа ж/д мост) $P_{шт}$ для УАБ при применении в составе самолета-носителя на высотах 2-5 км и скорости 250-300 м/с

Тип УАБ	$P_{шт}$	Относительное значение	Место
ТВ-МЦ-(Э)	0,48	1,0	1
ТП-(ПРН)	0,46	0,96	2
ТВ-МЦ	0,42	0,88	3
РЛ-Ш	0,27	0,56	4

Таблица 12 - Результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану анализа «Анализ-3М». ИП «Тактический»

Тип СН	Рейтинг	Относительное значение	Место
ТВ-(Э)	714	1,0	1
ТП-(ПРН)	621	0,87	2
ТВ-МЦ	558	0,78	3
РЛ-Ш	481	0,67	4

Таблица 13 - Результаты сравнительного анализа СН УАБ по плану анализа «Анализ-3М». Итоговые результаты

Тип СН	Рейтинг	Относительное значение	Место
ТВ-МЦ-(Э)	658	1,0	1
ТП-(ПРН)	617	0,94	3
ТВ-МЦ	657	0,998	1–2
РЛ-Ш	438	0,665	4

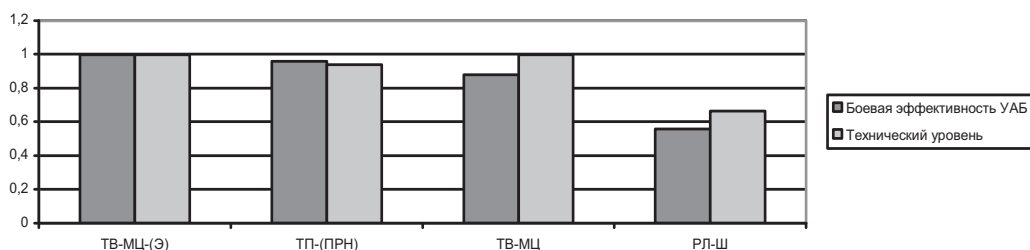


Рисунок 11 – Сопоставительная диаграмма рейтингов исследуемых образцов СН УАБ, полученных путем оценки ТУ и эффективности боевого применения УАБ

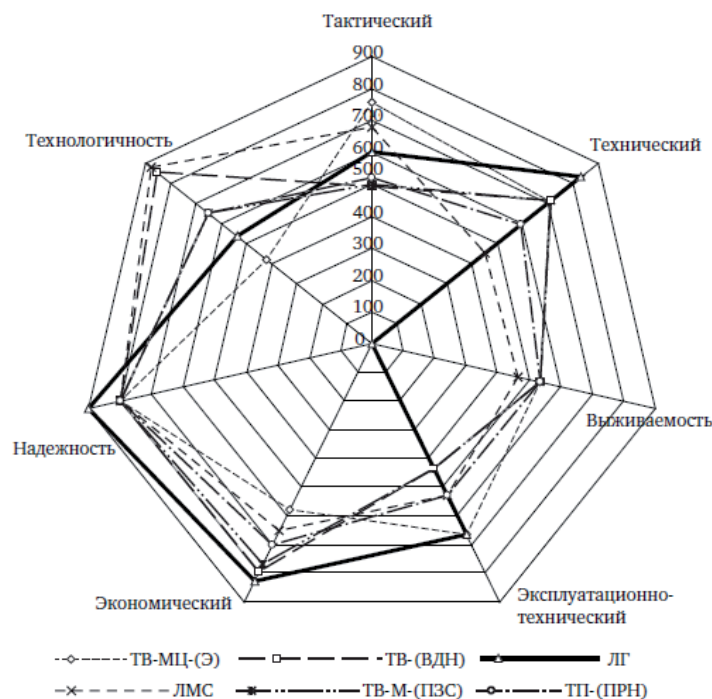


Рисунок 12 – Векторная диаграмма сравнения по оценочным показателям различных типов СН УАБ

В первую приоритетную группу, имеющую высший рейтинг, входят ТВ-МЦ, ТВ-МЦ(Э), ТВ-(ВДН), ТВ-МДН-(ЭОП), ЛГ, ЛМС, ТВ-(ПЗС), причём первое место у ТВ-МЦ, последнее у ТВ-(ПЗС).

Вторую группу СН УАБ составляет ТП-(ПРН).

Третью группу – РЛ-Ш, ЛФ, ТВ-КСН-(ПЗС), ТП-КСН-(ПРН).

Последняя группа менее отработана, имеет большие технические риски, большие массогабаритные характеристики и высокую стоимость.

Таким образом, разработанный метод позволяет разбить СН УАБ на группы по значимости и выявить наиболее перспективные варианты.

Заключение

Представленный метод сравнительного анализа и выбора СТС из набора альтернатив по иерархической системе интегральных и единичных показателей ТУ имеет универсальный характер и применим для различных предметных областей оборонного и гражданского назначения. Метод позволяет выявить наиболее предпочтительные варианты анализируемых СТС на ранних стадиях проектирования с учётом этапов жизненного цикла.

Список литературы

- [1] *Консон, А.С.* Технический уровень, надежность и качество продукции (методическое пособие). – Л.: ЛИЭИ им. П. Тольятти, 1966. – 43 с.
- [2] *Консон, А.С.* Методы определения технического уровня разработки новых приборов и систем // Экономика приборостроения. – М.: Высш. шк., 1980. – 572 с. – С. 301-324.
- [3] *Третьяков, О.В.* Сможем ли мы управлять жизненным циклом? // ОСК. 2010. – № 2. – С. 49-53.
- [4] *Комаров, В.А.* Точное проектирование/ В.А. Комаров // Онтология проектирования. №3(5), 2012. С.8-23
- [5] *Семенов, С.С.* Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники/ С.С. Семенов, В.Н. Харчев, А.И. Иоффин. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
- [6] *Семенов, С.С.* Оценка технического уровня систем наведения управляемых авиационных бомб / С.С. Семенов, В.В. Щербинин – М.: Машиностроение, 2015. – 326 с.
- [7] *Автономов, В.Н.* Основы современной техники/ В.Н. Автономов. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
- [8] *Платунов, В. С.* Методология системного военно-научного исследования авиационных комплексов/ В.С. Платунов. — М.: Дельта, 2005. — 344 с.
- [9] *Мышкин, Л. В.* Прогнозирование развития авиационной техники, теория и практика / Л.В. Мышкин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 328 с.
- [10] *Ллойд, Дж.* Системы тепловидения / Под ред. А.И. Горячева; Пер. с англ. Н.В. Васильченко. – М.: Мир, 1978. – 414 с.
- [11] *Меркулов, В.И.* Авиационные системы радиоуправления. Т. 1. Принципы построения систем радиоуправления. Основы синтеза и анализа. / В.И. Меркулов, В.В. Дрогалин, А.И. Канащенков, В.Н. Лепин, О.Ф. Самарин, А.А. Соловьев //Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. - М.: Радиотехника, 2003. - 192 с.
- [12] *Устенко, И.М.* Сопоставительный анализ использования в авиационных комплексах 3...5 мкм и 8...12 мкм тепловизионных каналов / И.М. Устенко, В.И. Шутов// Труды юбилейной научно-технической конференции «Авиационные системы в XXI веке» (11-13 апреля 2006 г). Под ред. Е.А. Федосова. – М.: ФГУП «ГосНИИАС», 2006. – Том 1. – С. 506-523.
- [13] *Бурба, А.А.* Устройство для формирования единичных оценочных показателей при определении технического уровня сложных технических систем / А.А. Бурба, С.С. Семенов, В.В. Щербинин // Патент №2435209, заявл. 09.09, 2010 г., опубл. 27.11.2011 г. Бюл. № 33, МПК G06 F 17/90.
- [14] *Бурба, А.А.* Устройство для определения функции ценности единичных оценочных показателей сложных технических систем / А.А. Бурба, С.С. Семенов, В.В. Щербинин // Патент № 2445687, заявл. 02.12.2010 г., опубл. 20.03.2012 г. Бюл. № 8, МПК G06F 17/90.
- [15] *Семенов, С.С.* Устройство для оценки технического уровня сложных технических систем / С.С. Семенов // Патент на изобретение № 2475827. заявл. 09.09.2010 г., опубл. 20.02.2013 г. Бюл. № 5, МПК G06F 17/90.

TO THE ASSESSMENT OF TECHNICAL LEVEL COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE WHOLE LIFE CYCLE

E.M. Voronov¹, V.V. Tsherbinin², S.S. Semenov³

¹Moscow State Technical University name N. E. Bauman, Moscow, Russia
Emvoronov@mail.ru

²The central scientific research institute of automatics and hydraulics, Moscow, Russia
mail_to_dvu@mail.ru

³The state research-and-production enterprise "Region", Moscow, Russia
gnppregion@sovintel.ru

Abstract

In article the approach to an estimation of a technological level of modern complex technical systems with use of mathematical methods of the theory of decision-making and modern information technology taking into account all life cycle on an example of systems of prompting of operated aviation bombs is stated. Classification of problems of the theory of decision-making and methods of expert estimations of a technological level of systems of prompting is resulted. The basic stages of the decision of a problem of the comparative analysis of systems of prompting of operated aviation bombs for the chosen method multicriteria evaluation are shown. The organization of carrying out of an expert estimation of a technological level of complex technical systems by means of the developed information-analytical system is described. The structure and the maintenance of the estimated indicators, including set of the integrated and individual indicators possessing completeness of technical characteristics of investigated systems is offered. The presented method of the comparative analysis and choice on hierarchical system of integrated and individual indicators has universal character and is applicable for various subject domains of defensive and civil appointment. The method allows to reveal the most preferable variants of analyzed systems at early design stages taking into account all stages of life cycle.

Key words: complex technical systems, imaging system, controlled bombs, technical level, criteria, rating.

Citation: Voronov EM, Scherbinin VV, Semenov SS. To the assessment of technical level complex technical systems taking into account the whole life cycle [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; v.6, 2(20): 173-192. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-173-192.

References

- [1] Konson AS. Technological level, reliability and quality of production (the methodical grant) [In Russian]. - L: LREI name of P.Toljatti publ., 1966.
- [2] Konson AS. Method of definition of a technological level of working out of new devices and systems//instrument making Economy [In Russian]. - M: Ed. Higher school, 1980: 301-324.
- [3] Tretjakov OV. Whether we can operate life cycle? [In Russian]. OSK publ., 2010; 2: 49-53.
- [4] Komarov VA. Concurrent Design [In Russian]. *Ontology of designing*. 2012; 3 (5): 8-23.
- [5] Semenov SS, Harchev VN, Ioffin AI. Estimation of a technological level of samples of arms and the military technics [In Russian]. - M: Ed. Radio and communication, 2004.
- [6] Semenov SS, Scherbinin VV. Estimation of a technological level of systems of prompting of operated aviation bombs [In Russian]. - M: Mechanical engineering, 2015.
- [7] Avtonomov VN. Bases of modern technics [In Russian]. - M: Mechanical engineering, 1991.
- [8] Platonov VS. The methodology of the system of military-scientific research aircraft systems [In Russian]. - Moscow: Delta, 2005. - 344 p.
- [9] Myshkin LV. Forecasting the development of aeronautical engineering: theory and practice [In Russian]. - Moscow: FIZMATLIT, 2009. - 328 p.
- [10] Lloyd JM. Thermal Imaging Systems. Hoywell Inc., Radiation Center, Lexington, Massachusetts. Plenum Press. New York and London. 1975.
- [11] Merkulov VI, Drogalin VV, Kanashchenkov AI, Lepin VN, Samarin OF, Soloviev AA. Aviation Radio Control systems. V.1: Design principles of radio control systems. Basics of synthesis and analysis. Ed. Kanashchenkov AI and Merkulov VI. [In Russian]. - Moscow: Radio Engineering, 2003. - 192 p.
- [12] Ustenko IM, Shutov VI. Comparative analysis of the use of aviation complexes 3 ... 5 microns and 8 ... 12 microns thermal imaging channels. Proceedings of the Jubilee Scientific and Technical Conference «Aviation systems in the XXI Century» (April 11-13, 2006). [In Russian]. - Moscow: FSUE "GosNIIAS", 2006. - Vol 1. - pp. 506-523.

- [13] *Burba AA, Semenov SS, Scherbinin VV*. The device for formation of individual estimated indicators at definition of a technological level of complex technical systems. The patent № 2435209, statement 09.09, 2010, is published 11/27/2011 В. № 33, МПК G06 F 17/90.
- [14] *Burba AA, Semenov SS, Scherbinin VV*. The device for definition of function of value of individual estimated indicators of complex technical systems. The patent № 2445687, statement 12/2/2010, is published 3/20/2012 В. № 8, МПК G06F 17/90.
- [15] *Semenov SS*. The device for an estimation of a technological level of complex technical systems. The patent for the invention № 2475827, statement 09/09/2010, is published 11/27/2011 В. № 33, МПК G06 F 17/90.2/20/2013.

Сведения об авторах



Воронов Евгений Михайлович, 1940 г. рождения. Окончил факультет «Приборостроение» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ) и механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Кандидат технических наук (1973 г.) и доктор технических наук (2000 г.) по специальности «Системный анализ, управление, обработка информации». Профессор кафедры «Системы автоматического управления» МГТУ, академик РАЕН. Научные интересы реализованы в учебных дисциплинах «Оптимальное управление многообъектными многокритериальными системами», «Системы управления соединениями ЛА», «Конфликтно-оптимальное управление комплексами ЛА», «Иерархическое распределение систем управления». Автор и соавтор более 200 публикаций, 3 монографий и учебника.

Evgenie Mihajlovich Voronov (b. 1940). He has ended faculty "Instrument making" of the Moscow state technical university name M.V. Bauman (MSTU) and mechanical-mathematical faculty of the Moscow State University name M.V. Lomonosov. Cand. Tech. Sci. (1973) and a Dr. Sci. Tech. (2000) on a speciality «System analysis, management, information processing». The professor of chair «Automatic control system» MSTU, the academician of the Russian Academy of Natural Sciences. Scientific interests are realized in subject matters «Optimum control multiobjective multicriterion», «Control systems of connections LA», «Conflict - optimum control of complexes LA», «Hierarchical distribution of control systems». He is the author and the co-author more than 200 publications, 3 monographs' and the textbook.



Щербинин Виктор Викторович, 1955 г. рождения. Окончил Московский авиационный институт (1978). В 1978–1981 гг. работал в КБ «Салют» ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, в 1981–2005 гг. служил в НИУ Министерства обороны. Защитил кандидатскую (1988) и докторскую (1999) диссертации. Начальник научно-технического отделения, заместитель главного конструктора АО «ЦНИИАГ». Профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана и МАИ им. С. Орджоникидзе. Автор более 250 научных работ.

Victor Viktorovich Scherbinin (b. 1955). He has ended the Moscow aviation institute (1978). In 1978-1981 "Salute" SCSPC of M.V. Hrunichev worked in CB, in 1981-2005 served in SRI of the Ministries of Defense. Has protected candidate (1988) and doctor's (1999) dissertations. The chief of scientific and technical branch, the assistant to the chief designer of joint-stock company "CSRIAG". The professor of MSTU name M.V. Bauman and MAI name S. Ordzhonikidze.

He is the author more than 250 scientific works



Семенов Сергей Сергеевич, 1942 г. рождения. Окончил Московский радиомеханический техникум в 1963 г., в 1969 г. – Московский инженерно-физический институт. В 1963–1969 гг. работал в Радиотехническом институте АН СССР. В 1969–1972 гг. – во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиационной техники. Руководитель группы анализа и перспективного проектирования ОАО «ГНПП «Регион», кандидат технических наук. С 1994 г. – ученый секретарь секции «Управляемые авиационные бомбы» НТС ОАО «ГНПП «Регион», с 2006 г. – член НТС ОАО «ГНПП «Регион». Автор и соавтор 158 научно-технических статей, 7 монографий и 5 книг.

Sergey Sergeevich Semenov (b. 1942). He has ended the Moscow radio mechanical technical school in 1963, in 1969 - the Moscow engineering-physical institute. In 1963-1969 worked at Radio engineering institute AS of the USSR. In 1969-1972 - at all-union scientific research institute of radiating technics. The head of group of the analysis and perspective designing of Open Society SSPE "Region", Cand. Tech. Sci. Since 1994 - the scientific secretary of section «Operated aviation bombs» STS Open Society SSPE "Region", since 2006 - member STS Open Society SSPE "Region". He is the author and the co-author of 158 scientific and technical articles, 7 monographs' and 5 books.