

Автоматизированная система принятия решений – современный инструмент создания высококонкурентных сложных технических систем

Семенов С.С., руководитель группы анализа и перспективных исследований, канд. техн. наук (ОАО "Государственное научно-производственное предприятие "Регион", г. Москва)

Маклаков В.В., заведующий лабораторией, д-р техн. наук, (Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, г. Москва)

Полтавский А.В., старший научный сотрудник, канд. техн. наук (Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, г. Москва)

Аверкин А.Е., ведущий инженер-электроник, канд. техн. наук (Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, г. Москва)

Статья состоит из введения, трех разделов, выводов к ним и списка литературы.

В первом разделе статьи изложены метод выбора оценочных показателей и требования к ним при оценке технического уровня сложных технических систем (СТС) различного назначения с учетом их жизненного цикла, а также предложен метод формирования единичных оценочных показателей, соответствующих интегральным показателям оценки ТУ СТС, приведены примеры практического применения предлагаемого метода.

Во втором разделе статьи изложены понятия "функция ценности", основные принципы ее построения, а также предложен метод формирования функций ценности числовых единичных оценочных показателей сложных технических систем, основанный на знаниях экспертов с учетом их согласованности. Приведена иллюстрация предлагаемого метода определения функций ценности на примере оценки ТУ грузового автомобиля.

В третьем разделе статьи представлены результаты практического использования разработанных методов по выбору оценочных показателей и их функций ценности при определении технического уровня сложных технических систем с помощью автоматизированной системы принятия решений

Ключевые слова: оценочные показатели, единичные оценочные показатели, интегральные оценочные показатели, структура показателей, синтез обобщенных показателей, технический уровень, сложные технические системы (СТС), функции ценности, автоматизированные системы поддержки принятия решений

Ключевые слова: оценочные показатели, технический уровень, сложные технические системы, структура показателей, синтез обобщенных показателей

Введение

Создание новых машин, оборудования и процессов народно-хозяйственного назначения, а также специальной техники требует совершенствования их разработки и производства. Однако в процессе производства нет возможности останавливать работу по производству новой техники. В то же время условия рыночной экономики предъявляют высокие требования к обеспечению конкурентоспособности выпускаемой продукции. Чтобы это обеспечить надо досконально знать основные направления ее развития, технические и технологические возможности производства и испытательную базу. Необходимо отметить, что значимость принятия решений на первых этапах создания СТС (например, корабля) может достигать до 70%, что подтверждается исследованиями, опубликованными в статье [1], тогда как вклад замысла в затраты на эскизный проект составляет менее 1 % полной стоимости жизненного цикла.



Рис. 1. Оценка влияния принятия решений на стоимость этапов жизненного цикла

Переход страны на рыночную экономику обострил борьбу между фирмами за рынок сбыта и способствовал поиску путей по обеспечению создания высоко конкурентной продукции. При этом возросла роль этапов перспективного планирования, выдачи технического задания и начального этапа. Лучшие компании США и Японии вкладывают в этот процесс до 25 % и 40 % от общих средств, затрачиваемых на разработку технологического продукта, а сравнению с лучшими мировыми достижениями придается первостепенное значение [2].

Одним из важных инструментов, способствующих выявлению наиболее рациональных образцов СТС следует считать появление автоматизированных систем поддержки принятия решений (программно-аппаратных комплексов), основанных на синтезе современных математических методов и информационных технологий, что стало возможным в начале 90-х годов XXI в. после широкого внедрения компьютерных технологий во все сферы деятельности человека [3-7]. Среди известных автоматизированных систем поддержки принятия решений особое мест занимает информационно-аналитическая система (ИАС) "Оценка и выбор" [5], которая в 1997 г. была выбрана в ГНПП "Регион" (в настоящее время ОАО "ГНПП "Регион") в качестве инструмента принятия решений при выборе наиболее перспективных направлений развития и предпочтительных образцов СТС специального назначения. Общий вид заставки ИАС "Оценка и выбор" представлен на рис. 2.

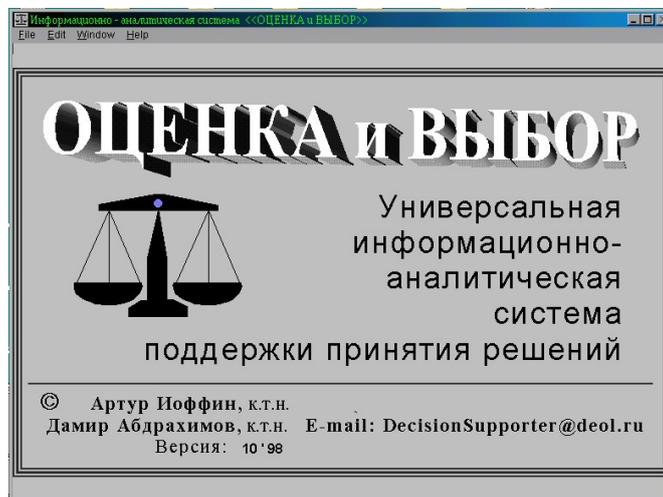


Рис. 2. Заставка ИАС "Оценка и выбор" перед запуском

ИАС "ОЦЕНКА и ВЫБОР" предназначена для:

- многокритериальной оценки степени соответствия любых объектов, описываемых наборами количественных и качественных характеристик, требованиям и предпочтениям конкретного руководителя, группы экспертов или различных групп населения;
- построения рейтингов анализируемых объектов;
- сравнительного анализа и выбора лучших объектов по соотношению результатов (качества) и затрат ресурсов.

Кроме того, ИАС "ОЦЕНКА и ВЫБОР" имеет дополнительные возможности:

- ведение баз данных с возможностями импорта и экспорта информации в формате Excel;
- работа при неполных массивах исходной информации;
- многокритериальная оценка единственного объекта анализа;
- распределение процедуры подготовки и принятия конкретного решения между руководителями, специалистами и экспертами в соответствии с их компетенцией;
- извлечение и формализация требований и предпочтений экспертов методом парных сравнений с оценкой степени последовательности суждений каждого эксперта и степени согласованности мнений группы до 10 экспертов;
- автоматический переход на сокращенную процедуру парных сравнений при большом числе объектов или их характеристик;
- поддержка выбора наилучших из возможных решений в различных ситуациях: от случая подготовки решения только самим руководителем при отсутствии данных о количественных и качественных характеристиках сравниваемых вариантов (без использования языков программирования) до случая подготовки решения группой руководителей и специалистов с обработкой больших объемов фактической и экспертной информации;
- оказание помощи пользователю обычными средствами для Windows-систем – встроенной контекстно-зависимой гипертекстовой системой помощи на русском языке.

Программа, на которой построена ИАС "ОЦЕНКА и ВЫБОР", написана на языке Visual FoxPro версии 3.0, содержит более 10000 операторов и более 100 окон, каждое из которых сопровождается окном подсказки (помощи). В качестве компьютерного комплекса может быть использован IBM-совместимый компьютер с Windows' 95 или 3.1, имеющий 8 Мегабайт оперативной памяти и работающий в режиме разрешения экрана 800×600; не менее 10 Мегабайт свободного дискового пространства; ИАС устанавливается на компьютер автоматически при помощи обычной для Windows-систем программы-установщика. Вариант использования – локальная версия (на одно рабочее место).

В ИАС "ОЦЕНКА и ВЫБОР" предусмотрена совместимость с другими программами путем штатного импорта информации – из таблиц Excel, а также возможность штатного вывода результатов, методик и протокола анализа, информации из базы данных – на печать (с функцией предварительного просмотра), в файлы текстового формата Windows, а также в файлы Excel.

Процедура работы с ИАС "Оценка и выбор" при оценке технического уровня СТС производится по определенному заложенному в систему методу и предполагает разработку структуры интегральных и единичных показателей анализируемой СТС с оценкой их значимости и ввод их значений в систему ИАС "Оценка и выбор".

Общая схема метода оценки технического уровня сложных технических систем. Последовательность решения задачи сравнительного анализа СТС с помощью метода многокритериальной оценки включает этапы, представленные на рис. 3 [8].

1. Формирование структуры оценочных показателей – задание интегральных показателей и определение влияющих на них единичных показателей.

2. Определение весомости единичных и интегральных показателей – определение весомости влияния единичных показателей на соответствующие интегральные показатели (через весомости групп показателей).

Для выявления мнений экспертов разрабатывается анкета (может быть в электронном виде), которая включает перечень показателей с оценкой по десяти-бальной шкале. В экспертную группу подбираются специалисты, род деятельности которых, по возможности, охватывает весь жизненный цикл СТС, Количество экспертов в группе должно быть таким, чтобы произведение числа квалификационных показателей на число экспертов составляло бы больше 60 или было равным этой цифре. Как известно, при таком числе параметров выборки ($n \geq 60$) разница в значениях среднеквадратических погрешностей s_n и s_{n-1} статистического распределения составляет менее 1 %. Это необходимо для того, чтобы выборка по завершении исследования позволяла бы получить законы распределения параметров (квалификационных критериев), близкие к закону нормального распределения. Получение закона нормального распределения Гаусса для статистической выборки критериев из генеральной совокупности этих же критериев свидетельствует о том, что количество критериев и количество экспертов было выбрано правильно. Полученные от экспертов заполненные анкеты вводятся в ЭВМ и образуют базу данных экспертных оценок.

Далее осуществляется оценка согласованности мнений экспертов. В случае существенной несогласованности мнений экспертов ($W \leq 0,75$) проводится коллективное обсуждение полученных результатов оценки весомости каждого показателя, при этом предпринимается попытка прийти к компромиссу, приемлемому для всех членов экспертной группы. В случае наличия существенных расхождений в предпочтениях экспертов проводится уточнение полученных оценок и повторное обсуждение полученных результатов. В качестве весов единичных и интегральных показателей используются значение математических ожиданий оценок соответствующих весов.

3. Определение для каждого единичного показателя функции ценности – формирование для единичных показателей функции ценности.

4. Отбор объектов исследования (образцов СТС) для сравнительного анализа – формирование множества рассматриваемых объектов на основе определенных критериев.

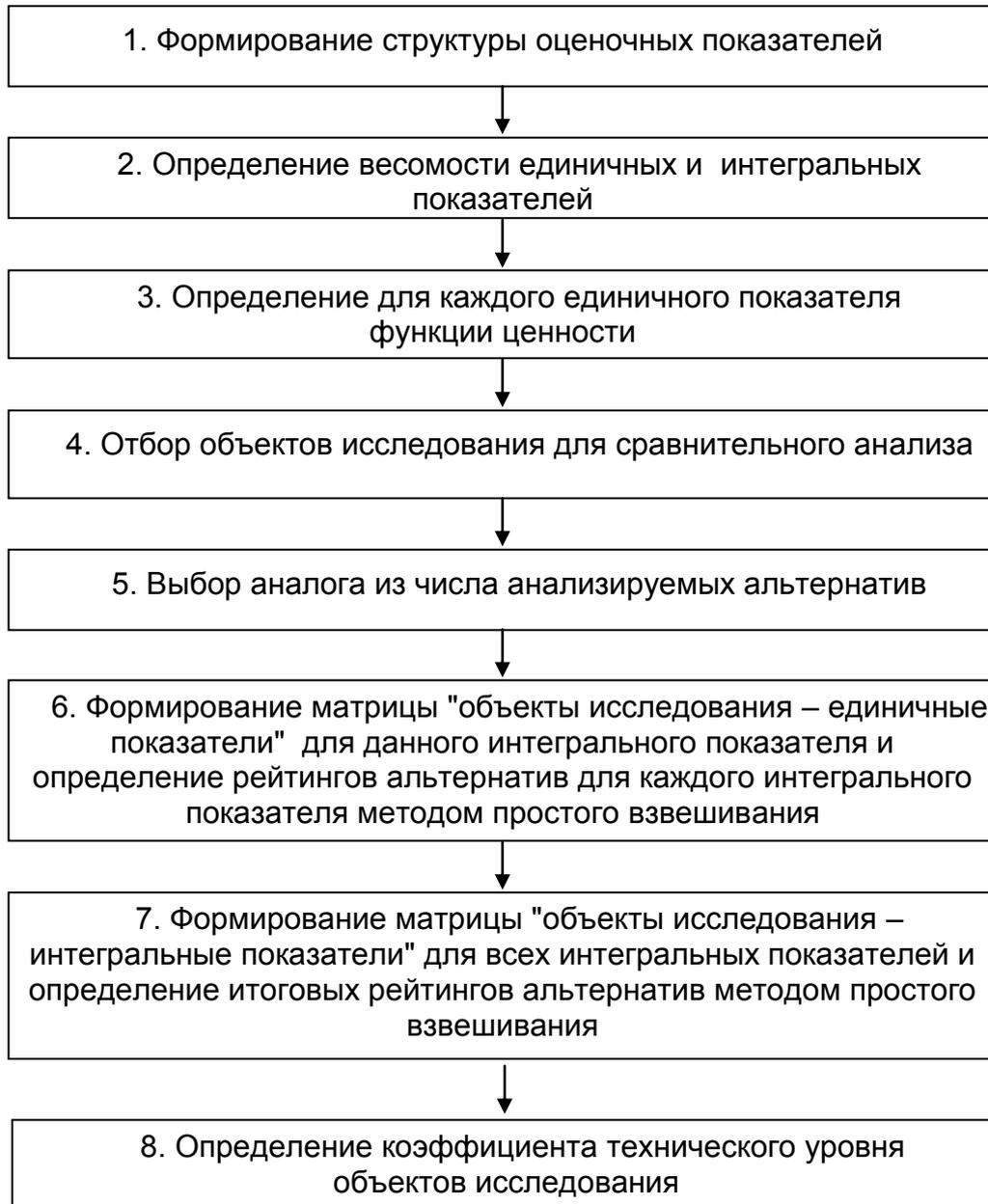


Рис. 3 – Этапы решения задачи сравнительного анализа СТС с помощью ИАС "Оценка и выбор"

5. Выбор аналога из числа анализируемых альтернатив. Данный этап необходим для осуществления в дальнейшем оценки ТУ исследуемой СТС, которая проводится путем ее сравнительного анализа с другой СТС из базы данных, которая выступает аналогом или прототипом.

6. Формирование матрицы "объекты исследования – единичные показатели" для данного интегрального показателя и определение рейтингов альтернатив для каждого интегрального показателя методом простого взвешивания.

Рейтинг альтернативы (образца СТС) отдельно для каждого интегрального показателя: рассчитывается по формуле

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

где $R_j(i)$ – рейтинг альтернативы " i " по интегральному показателю " j ",
 W_{kj} – вес единичного показателя " k " интегрального показателя " j ",
 $U_{kj}(i)$ – значение функции ценности единичного показателя " k " альтернативы " i " интегрального показателя " j ".

7. Формирование матрицы "объекты исследования – интегральные показатели" для всех интегральных показателей и определение итоговых рейтингов альтернатив методом простого взвешивания.

В этой матрице в качестве значений интегральных показателей используются рейтинги альтернатив, полученные на этапе анализа методом простого взвешивания (этап 6).

Определение мест объектов исследования в финальной ранжировке. Итоговые рейтинги альтернатив определяются с помощью метода взвешенного суммирования по формуле

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

где W_j – весовой коэффициент интегрального показателя " j ",
 $R_j(i)$ – рейтинг альтернативы " i " по интегральному показателю " j ", рассчитанный ранее (этап 6).

8. Определение коэффициента технического уровня объектов исследования – формирование для каждого образца СТС из рассматриваемого множества обобщенного показателя качества.

Важными этапами в предложенном методе оценки ТУ СТС являются этапы формирования оценочных показателей (этап 1) и их функций ценности (этап 3), что в конечном итоге непосредственно влияет на качество принимаемых решений и качество выпускаемой продукции. В связи с тем, что разработчики новой техники и исследователи СТС, использующие ИАС "Оценка и выбор" для оценки ТУ СТС, испытывают затруднения при выборе оценочных показателей и их функций ценности ниже излагаются методы их формирования.

1. Метод выбора оценочных показателей оценки технического уровня сложных технических систем

1.1. Формирование единичных оценочных показателей и их структура

Формирование полной совокупности (набора) оценочных показателей для СТС является трудно формализуемой процедурой и недостаточно представлено в научно-технической литературе. Для выявления основных статических и динамических свойств и характеристик СТС часто пытаются использовать математические модели, что не всегда целесообразно и возможно. В работе [9] разумно отмечается, что выбор номенклатуры оценочных показателей качества продукции следует проводить с учетом назначения и условий её использования, анализа главных требований потребителя, задач управления её качеством, состава и структуры свойств и характеристик, основных требований к ним и показателям качества продукции.

Порядок выбора номенклатуры показателей качества продукции предусматривает следующую совокупность процедур:

– определение вида (группы) продукции (по ГОСТам, международным стандартам и по регламентам);

- выявление целей применения исходной номенклатуры показателей качества продукции;
- определение исходной номенклатуры показателей качества по каждой группе продукции;
- выбор метода определения необходимой и достаточной номенклатуры показателей качества продукции.

В 1980-х годах пути формирования структуры и перечня оценочных показателей СТС были намечены в ГОСТ 23554.0-79 [10]. С 1 января 1985 г. действуют "Методические указания о разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции" (РД 50-64-84).

1.2 Структура оценочных показателей ТУ, связанная с полной схемой жизненного цикла, для сложных технических систем. При анализе СТС принято ее характеризовать с помощью единичных и интегральных показателей. Единичный показатель ТУ определяет какое-либо одно техническое или технологическое свойство сложной системы.

Интегральным показателем ТУ считается совокупность единичных показателей, объединенных в группу, которая характеризует какое-либо из основных комплексных (интегральных) функциональных свойств СТС.

Основные требования, которым должны удовлетворять система показателей СТС, следующие [3, 11]:

- полнота набора показателей.
- действенность показателей.
- разложимость.
- критичность, чувствительность и устойчивость.
- избыточность..
- минимальная размерность набора показателей

Наиболее распространенной является двухуровневая схема формирования оценочных показателей, состоящей из интегральных и единичных показателей. Интегральные показатели в соответствии со смыслом общего показателя "технический уровень" должны учитывать основные факторы, присущие стадиям жизненного цикла СТС. Под жизненным циклом СТС понимается совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния системы от начала научных исследований и обоснования её ОКР до окончания эксплуатации и утилизации системы.

Жизненный цикл СТС включает обычно следующие пять основных стадий: исследование и обоснование разработки, разработка, серийное производство, эксплуатация, утилизация [12]. На каждой стадии жизненного цикла-СЖЦ СТС реализуется свой основной (специальный) процесс, расходуются различные необходимые ресурсы, действует определенная совокупность факторов, существуют своеобразные условия и закономерности протекания этого процесса, теоретические основы и принципы его целесообразной организации. Существует и определенная специфика управления несколькими основными и вспомогательными процессами СТС, протекающими в рамках той или иной стадии жизненного цикла. Для каждой СЖЦ СТС наиболее важными являются: цели; принимаемые ре-

шения и задачи, обеспечивающие их достижение, при этом используются свои специфические показатели и критерии качества процессов. Схема, отражающая взаимосвязь видов интегральных показателей и стадий жизненного цикла СТС применительно к ЛА, представлена таблице 1.

Стадии "Исследование и обоснование разработки СТС", "Разработка СТС", "Серийное производство СТС" формируют технический облик СТС. Интегральные показатели "*Технический*" и "*Технологический*") связаны с экономическими характеристиками и с интегральным показателем "*Экономический*", а также с периодом создания и эксплуатационного освоения образца СТС, т.е. с интегральным показателем "*Время*".

Таблица 1 – Взаимосвязь стадий жизненного цикла и интегральных показателей СТС.

Стадии жизненного цикла	Виды интегральных показателей
1. Исследования и разработка	Технический, экономический, время, стоимость
2. Серийное производство	Технологический, время, стоимость
3. Эксплуатация (применение)	Эксплуатационно-технический, тактический Выживаемость, надежность, время стоимость,

Важность введения в качестве оценочного показателя фактора времени объясняется тем, что СТС может устареть еще до окончания ее разработки и сдачи в эксплуатацию. Поэтому при сравнительном анализе систем в ряде случаев показатель "*Время*" может играть первостепенную роль. Показатель "*Технологический*" учитывает способности СТС к модернизации, т.е. возможности использования таких принципов построения и конструкций системы, которые допускали бы возможность совершенствования системы с последующим развитием техники и повышением предъявляемых к системе требований.

Основные свойства системы проявляются на стадии "Эксплуатация", которая включает штатную эксплуатацию, в том числе хранение (с интегральным показателем "*Эксплуатационно-технический*"), применение по назначению (с интегральными показателями "*Тактический*", "*Надежность*", "*Выживаемость*"). Естественно, что все рассмотренные стадии жизненного цикла изделия связаны с временными и стоимостными характеристиками протекающих процессов, т.е. с показателями "*Стоимость*" и "*Время*".

Таким образом, число видов оценочных интегральных показателей равно девяти (см. табл.1), что вполне отвечает закону Дж. Миллера [13], согласно которому при использовании экспертных оценок количество одновременно сравниваемых оценочных показателей не должно превышать значения 7 ± 2 . Поэтому при необходимости единичные показатели СТС разбиваются на однородные группы с количеством 7 ± 2 , что облегчает работу экспертов. При этом структура оценочных показателей на уровне "единичные показатели", на которые разбиваются интегральные показатели, должна отражать специфику СТС.

Связь между интегральными и единичными показателями для любой проектируемой системы может быть описана шестеркой конечных множеств и приведена в статье [14].

1.3. Формирование единичных оценочных показателей, соответствующих интегральным показателям сложной технической системы

В данной процедуре для СТС целесообразно применить иерархическую систему показателей. При оценке ТУ СТС выбирается ряд интегральных показателей, характеризующих наиболее общие значимые свойства системы. Каждое из этих свойств характеризуется совокупностью единичных показателей. Причем, один и тот же единичный показатель в иерархической системе показателей может влиять на различные интегральные показатели (в этом случае система показателей является сетевой). В предлагаемом методе формирования оценочных показателей, состоящем из двух этапов, принято обязательное условие однозначного взаимного соответствия одного единичного показателя только одному интегральному показателю. Это условие необходимо для того, чтобы не было так называемого "двойного счета" каждого единичного показателя в итоговом показателе "технический уровень".

На первом этапе осуществляется определение единичных показателей путем выявления показателей, существенно влияющих на соответствующий интегральный показатель. Для этого по каждому единичному показателю g_{j-i} эксперты формируют оценки (c_{j-i}) степени его влияния на соответствующий интегральный показатель (таблица 2) по четырем градациям: $c_{j-i} = 1$ – сильное влияние, 2 – существенное влияние, 3 – слабое влияние, 4 – отсутствие влияния.

Таблица 2 – Матрица оценки степени влияния единичных показателей на соответствующие интегральные показатели

Единичный показатель (g_{j-i})	Интегральный показатель (G_j)
g_{j-1}	c_{j-1}
g_{j-2}	c_{j-2}
g_{j-3}	c_{j-3}
⋮	⋮
g_{j-p_j}	c_{j-p_j}

Для оценки степени влияния единичных показателей на соответствующие интегральные принимается математическое ожидание

$$\hat{c}_{j-i} = \text{entir} \left[\frac{\sum_{n=1}^N c_{j-i}(n)}{N} \right],$$

где $\text{entir} [\cdot]$ – математическая функция, определяющая значение до ближайшего целого числа.

В качестве математической основы данного шага алгоритма был выбран метод анализа иерархий Т. Саати. Основные процедуры реализации этого метода представлены на рис. 4. В конечную систему единичных показателей должны войти те показатели, которые имеют оценки влияния не ниже существенного влияния, т.е. ($\hat{c}_{j-i} \leq 2$).

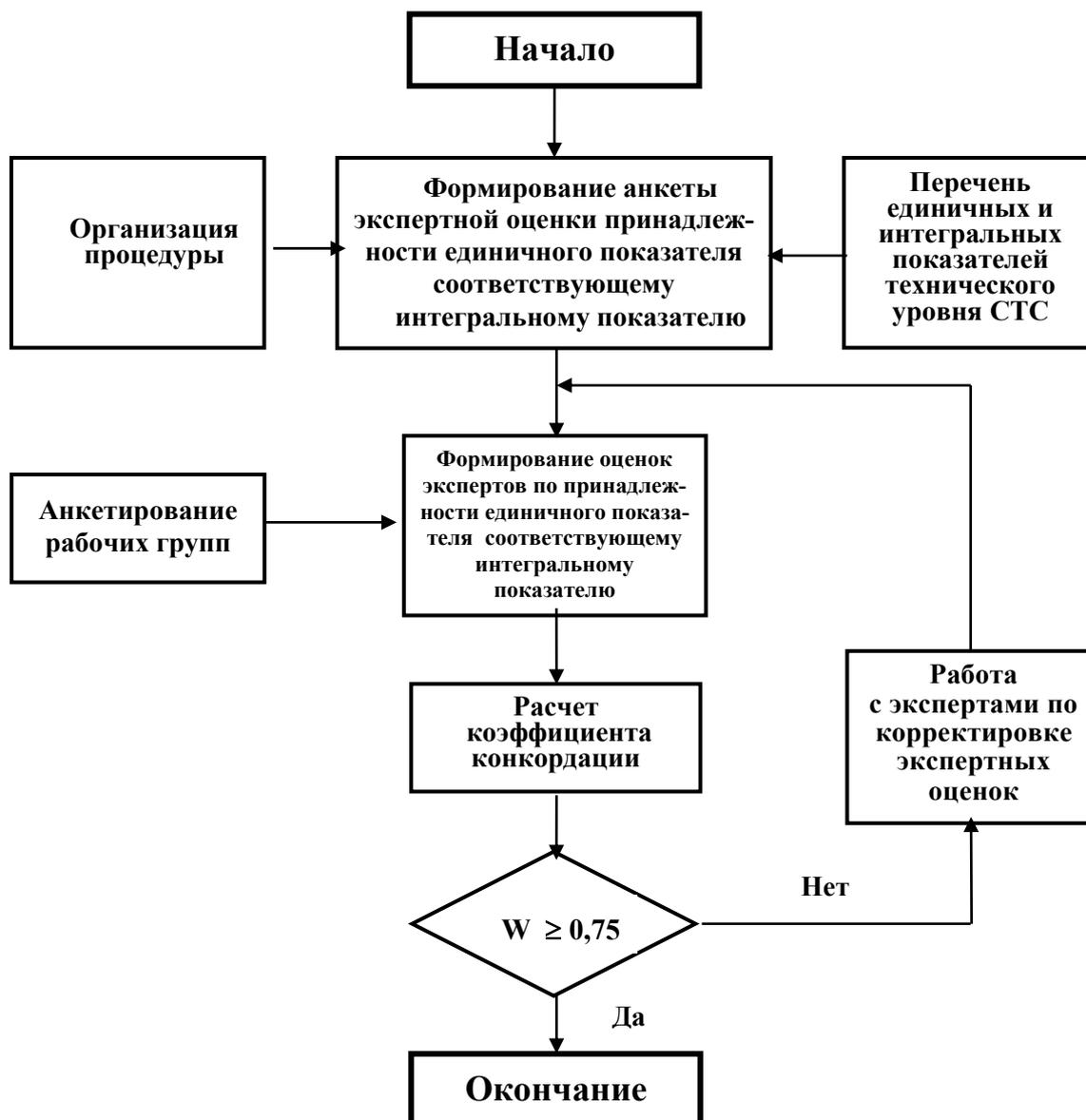


Рис. 4 – Схема проведения экспертных оценок для определения принадлежности каждого единичного показателя соответствующему одному интегральному показателю

На втором этапе формирование отображения "интегральный показатель – соответствующие единичные показатели" осуществляется следующим образом. Это отображение производится по оценкам b_{ij} экспертов, которыми заполняется таблица 3.

Таблица 3 составляется на основании нескольких аналогичных таблиц, представленных каждым экспертом. Оценки b_{ij} таблицы 1 вычисляются по следующей формуле:

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

где $i = 1, \dots, L$ – интегральные показатели ; $j = 1, \dots, N$ – единичные показатели; $k = 1, \dots, m$ – эксперты

Таблица 3 – Матрица формирования соответствия единичных показателей интегральным показателям

Единичный показатель (g_j)	Интегральный показатель (G_i)					
	G_1	G_2		G_i		G_L
g_1	b_{11}	b_{21}		b_{i1}		b_{L1}
g_2	b_{12}	b_{22}		b_{i2}		b_{L2}
.
g_j	b_{1j}	b_{2j}		b_{ij}		b_{Lj}
.
g_N	b_{1N}	b_{2N}		b_{iN}		b_{LN}

b_{ijk} – оценка от k -го эксперта, которая равна 1, если данный j -ый единичный показатель эксперт относит к i -му интегральному показателю и – нулю в противоположном случае;

L – число интегральных показателей;

N – общее количество единичных показателей;

m – количество экспертов.

С помощью формулы (1) производится осреднение оценок b_{ijk} по всем m экспертам с последующим округлением до ближайшего целого (нуля или единицы), поскольку b_{ij} может иметь только одно из двух этих значений. В результате будут сформированы отношения между интегральными и единичными показателями:

Пример построения структуры интегральных и единичных показателей при оценке технического уровня грузового автомобиля приведен в статье [15].

1.4. Пример формирования оценочных показателей оценки технического уровня сложных технических систем

Для иллюстрации в качестве примера в таблице 4 представлено соответствие единичных показателей (в количестве 33) интегральным (в количестве 6), касающийся СТС – современного грузового автомобиля ($N = 33$, $L = 6$, $m = 7$), по оценке 1-го эксперта, а в таблице 5 представлен итоговый результат соответствия всех 33 единичных показателей 6 интегральным показателям.

Таблица 4 – Соответствие единичных показателей интегральным по оценке 1-го эксперта.

Единичные показатели	Интегральные показатели					
	1	2	3	4	5	6
1. Динамика	1	0	0	0	0	0
2. Скорость	1	0	0	0	0	0
3. Вместимость	1	0	0	0	0	0
4. Масса перевозимого груза	1	0	0	0	0	0
5. Масса снаряженного автомобиля	1	0	0	0	0	0

6. Угол разворота	1	0	0	0	0	0
7. Мощность двигателя	1	0	0	0	0	0
8. Надежность	0	1	0	0	0	0
9. Ресурс до 1-го капитального ремонта	0	1	0	0	0	0
10. Трудоемкость техобслуживания	0	1	0	0	0	0
11. Сервисное обслуживание	0	1	0	0	0	0
12. Срок службы	0	1	0	0	0	0
13. Периодичность техобслуживания	0	1	0	0	0	0
14. Расход топлива	0	0	1	0	0	0
15. Расход масла	0	0	1	0	0	0
16. Стоимость запасных частей	0	0	1	0	0	0
17. Стоимость шин	0	0	1	0	0	0
18. Стоимость обслуживания	0	0	1	0	0	0
19. Прочие расходы	0	0	1	0	0	0
20. Безопасность	0	0	0	1	0	0
21. Комфортабельность	0	0	0	1	0	0
22. Уровень шума в салоне	0	0	0	0	1	0
23. Степень вибраций	0	0	0	1	0	0
24. Дизайн автомобиля	0	0	0	1	0	0
25. Вредные выбросы	0	0	0	0	1	0
26. Внешний шум	0	0	0	0	1	0
27. Утилизация автомобиля	0	0	0	0	1	0
28. Стоимость производства	0	0	0	0	0	1
29. Оптовая цена	0	0	0	0	0	1
30. Прибыль производства	0	0	0	0	0	1
31. Эксплуатационные затраты	0	0	1	0	0	0
32. Розничная цена	0	0	0	0	0	1
33. Эффект от эксплуатации	0	0	0	0	0	1

Таблица 5 – Итоговый результат соответствия единичных показателей интегральным показателям

Единичные показатели	Интегральные показатели					
	1	2	3	4	5	6
1. Динамика	1	0	0	0	0	0
2. Скорость	1	0	0	0	0	0
3. Вместимость	1	0	0	0	0	0
4. Масса перевозимого груза	1	0	0	0	0	0
5. Масса снаряженного автомобиля	1	0	0	0	0	0
6. Угол разворота	1	0	0	0	0	0
7. Мощность двигателя	1	0	0	0	0	0

8. Надежность	0	1	0	0	0	0
9. Ресурс до 1-го капитального ремонта	0	1	0	0	0	0
10. Трудоемкость техобслуживания	0	1	0	0	0	0
11. Сервисное обслуживание	0	1	0	0	0	0
12. Срок службы	0	1	0	0	0	0
13. Периодичность техобслуживания	0	1	0	0	0	0
14. Расход топлива	0	0	1	0	0	0
15. Расход масла	0	0	1	0	0	0
16. Стоимость запасных частей	0	0	1	0	0	0
17. Стоимость шин	0	0	1	0	0	0
18. Стоимость обслуживания	0	0	1	0	0	0
19. Прочие расходы	0	0	1	0	0	0
20. Безопасность	0	0	1	0	0	0
21. Комфортабельность	0	0	1	0	0	0
22. Уровень шума в салоне	0	0	1	0	0	0
23. Степень вибраций	0	0	1	0	0	0
24. Дизайн автомобиля	0	0	1	0	0	0
25. Вредные выбросы	0	0	0	0	1	0
26. Внешний шум	0	0	0	0	1	0
27. Утилизация автомобиля	0	0	0	0	1	0
28. Стоимость производства	0	0	0	0	0	1
29. Оптовая цена	0	0	0	0	0	1
30. Прибыль производства	0	0	0	0	0	1
31. Эксплуатационные затраты	0	0	0	0	0	1
32. Розничная цена	0	0	0	0	0	1
33. Эффект от эксплуатации	0	0	0	0	0	1

Интегральные показатели обозначены следующим образом: 1 – функциональные показатели; 2 – эксплуатационно-технические показатели; 3 – эксплуатационно-экономические показатели; 4 – эргономические показатели; 5 – экономические показатели; 6 – стоимостные показатели.

В таблице 6 представлен пример формирования структуры оценочных показателей для системы наведения-СН высокоманевренного беспилотного летательного аппарата-БЛА двойного назначения ДН [16].

Заметим, что на данном этапе возможно формирование синтезированных показателей из тех показателей, которые относятся, например, не ко всем типам БЛА. Целесообразно выделить синтезированный обобщенный показатель, который полностью характеризовал бы данную группу показателей – $g_{j-1}, g_{j-2}, \dots, g_{j-q} \rightarrow g_{j-q}^*$. При этом возможны ситуации, когда группа состоит из одного показателя, который заменяется синтезированным, более общим (по смыслу). Содержание синтезированных обобщенных показателей, а также структура оценочных показателей применительно к СТС типа – СН УАБ подробно изложено в работах [3, 17].

Таблица 6 – Система единичных и интегральных показателей для оценки технического уровня СН высокоманевренного БЛА ДН

Обо- значение	Оценочные показатели
	Интегральный показатель "Технический" (G_1)
	<i>Показатели аппаратурно-технические</i>
g_{1-1}	Угол про качки в азимутальной плоскости (половина) $\alpha/2$, град.
g_{1-2}	Угол про качки в вертикальной плоскости (вверх от оптической оси) β_v , град.
g_{1-3}	Угол про качки в вертикальной плоскости (вниз от оптической оси) β_n , град.
g_{1-4}	Потребляемая мощность (на борту изделия) P , Вт
g_{1-5}^*	СН обеспечивает информационную безопасность (ИБ)
g_{1-6}	Наличие охлаждения для датчика СН (ОХЛ)
g_{1-7}^*	Наличие трудностей при разрешении вопросов совместимости СН с системами самолета-носителя и изделия (СОВ)
	<i>Показатели габаритно-массовых характеристик</i>
g_{1-8}	Масса СН (без корпуса) $M_{сн б}$, кг
g_{1-9}	Объем СН $V_{сн б}$, дм ³
g_{1-10}	Масса части СН на борту самолета-носителя $M_{сн с}$, кг
g_{1-11}	Объем части СН на борту самолета-носителя $V_{сн с}$, дм ³
	Интегральный показатель "Технологический" (G_2)
g_{2-1}^*	Коэффициент преемственности $K_{пр}$,
	Интегральный показатель "Эксплуатационно-технический" (G_3)
g_{3-1}	Назначенный ресурс $T_{рес}$, ч
g_{3-2}	Назначенный срок службы $T_{сл}$, лет
g_{3-3}^*	Наличие встроенного самоконтроля СН (ВСК)
g_{3-4}^*	Возможность использования прежней КПА для проверки СН (ВИКА)
g_{3-5}^*	Контролепригодность $K_{п}$, ед./ ч
g_{3-6}	Число регламентных проверок в течение года K_p
	Интегральный показатель "Тактический" (G_4)
	<i>Показатели тактических возможностей</i>
g_{4-1}^*	СН реализует принцип "сбросил-забыл" (С-З)
g_{4-2}	Дальность обнаружения цели днем $D_{обн дн}$, км
g_{4-3}	Дальность обнаружения цели ночью $D_{обн н}$, км
g_{4-4}	Дальность действия минимальная (ослепления) до цели D_{min} , км
g_{4-5}^*	Степень реализации захвата СН $D_{з max} / D_{max}$
	<i>Показатели среды и боевого применения</i>
g_{4-6}^*	Степень круглосуточности T (время года)
g_{4-7}^*	Степень всепогодности B
g_{4-8}^*	Степень облачности Об ($H_{сб}$, время года)
g_{4-9}^*	Время прицеливания $T_{приц}$, с
g_{4-10}	Точность автосопровождения цели $E_{КВО}$, м
g_{4-11}^*	Степень автономности t ($H_{сб}$)
g_{4-12}	Максимальная допустимая высота работы СН $H_{сн max}$, км
g_{4-13}^*	СН обеспечивает захват цели на траектории полета изделия (ЗТ)
g_{4-14}^*	СН допускает возможность перенацеливания после сброса изделия (ПРЦ)
	<i>Показатели подготовки полетного задания и взаимодействия с самолетом-носителем</i>
g_{4-15}^*	СН требует изготовления эталонов (Ξ)

g_{4-16}	Время изготовления эталона (ВИЭ)
g_{4-17}	Число типов самолетов-носителей (в части ПНС и бортового оборудования), совместимых с СН N
g_{4-18}^*	СН допускает возможность внутрифюзеляжной подвески изделия (ВФП)
g_{4-19}	Число вариантов сброса изделия с СН m
g_{4-20}^*	СН допускает возможность залпового сброса изделия (ВЗ)
g_{4-21}^*	СН накладывает ограничение на число изделий в залпе (ОГЗ)
	<i>Показатели взаимодействия с объектом поражения</i>
g_{4-22}^*	Тип СН накладывает ограничение на номенклатуру целей при наведении (ОНЦ)
g_{4-23}^*	СН обеспечивает наведение на подвижные цели (ПЦ)
g_{4-24}^*	СН обеспечивает наведение на слабоконтрастные цели (СКЦ)
g_{4-25}^*	СН допускает наведение на замаскированные объекты (ЗМО)
g_{4-26}^*	СН обеспечивает наведение на цели с выровненным температурным контрастом (например, после дождя) (ВК)
g_{4-27}^*	СН обеспечивает наведение при наличии инверсии температурного контраста цели (ИНВ)
g_{4-28}^*	СН обеспечивает наведение в заданную область цели (ЭЦ)
	Интегральный показатель "Выживаемость" (G_5)
g_{5-1}^*	СН обеспечивает скрытность действия (СД)
g_{5-2}^*	СН подвержена воздействию помех (ВП)
	Интегральный показатель "Надежность" (G_6)
g_{6-1}	Вероятность безотказной работы $P_{бр}$

	Интегральный показатель "Экономический" (G_7)
g_{7-1}	Стоимость доработки систем самолета-носителя $C_{дор нос}$, тыс. долл.
g_{7-2}	Стоимость части аппаратуры, размещаемой на самолете-носителе, необходимой для наведения образца $C_{апп нос}$, тыс. долл.
g_{7-3}	Стоимость разработки $C_{раз}$, млн долл.
g_{7-4}	Стоимость изготовления $C_{изд}$, тыс. долл.
g_{7-5}	Стоимость эксплуатации за год $C_{эсп}$, тыс. долл.
	Интегральный показатель "Время" (G_8)
g_{8-1}	Время разработки $T_{раз}$, год
g_{8-2}	Время изготовления $T_{изг}$, мес.
g_{8-3}	Время эксплуатационного освоения $T_{осв}$, мес.
	* – синтезированные показатели

Предлагаемый подход анализа оценочных показателей можно использовать для анализа таких СТС, которые трудно поддаются математической формализации, т.е. когда имеет место невозможность создания математической модели. Это особенно характерно для начального этапа проектирования СТС.

Кроме того, в данной ситуации повышается оперативность: нет необходимости проверки адекватности математической модели, а также проведения испытаний СТС, которые безусловно необходимы при использовании других методов.

В заключение отметим, что последовательность вышеуказанных рекомендуемых действий не претендует на строгое математическое обоснование, а является эвристической схемой действий исследователей и экспертов по обоснованию системы интегральных и единичных показателей для оценки технического уровня СТС.

Список литературы

1. Третьяков О.В. Сможем ли мы управлять жизненным циклом? // ОСК. 2010. – № 2. – С. 49-53.
2. Отис Порт, Джон Кэри. Стремление к совершенству. Специальный репортаж // Бизнес Уик. – 1992. – № 11. – С. 20-26.
3. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
4. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – Киев: Наукова думка, 2002. – 382 с.
5. Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
6. Бомас В.В., Судаков В.А., Афонин К.А. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя. СППР DSB/UTES. Под ред. В.В. Бомаса. – М.: Изд-во МАИ, 2006. – 172 с.
7. Костогрызов А.И., Нистратов Г.А. Стандартизация, математическое моделирование, рациональное управление и сертификация в области систем программной инженерии. – М.: Изд-во ВПК и 3 ЦНИИ МО РФ, 2004. – 396 с.
8. Семенов С.С., Щербинин В.В. Метод оценки технического уровня систем наведения управляемых авиационных бомб // Вопросы оборонной техники. Сер. Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы. – М.: ФГУП "НТЦ "Информтехника", 2010. – Вып. 1 (242) – 2 (243). – 108 с. – С. 29-32.
9. Евстропов Н.А. Оценка технического уровня и качества промышленной продукции. – М.: АСМС, 2004. – 88 с.
10. ГОСТ 23554.0-79 "Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Основные положения".
11. Лебедев А.А. Введение в анализ и синтез систем: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 352 с.
12. Журавлев А.В. Теория управления развитием вооружения. Часть 1. Основные общей теории развития вооружения. – М.: "ВА РВСН имени Петра Великого", 2002. – 223 с.
13. Миллер Дж. Г. Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию: Пер. с англ. // Инженерная психология / Под ред. д-ра техн. наук В.П. Зинченко. – М.: Прогресс, 1964. – С. 192–225.
14. Монсик В.Б., Фаткин В.М. К вопросу об автоматизации проектирования авиационных средств поражения // В кн. Балдов А.В., Бейлин В.П., Васильев В.Н. и др. Научно-методические материалы по вероятностным задачам авиационного вооружения. Под ред. И.Е. Казакова, ВВИА им. Н.Е. Жуковского. М.: – 1978. – 195 с. – С. 3-12.
15. Фасхиев Х.А. Анализ методов оценки качества и конкурентоспособности грузовых автомобилей // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 3. – С. 24-28; № 4. – С. 21-26.
16. Семенов С.С., Щербинин В.В. Метод оценки технического уровня систем

наведения управляемых авиационных бомб / Материалы четвертой научно-практической конференции "Перспективные системы и задачи управления" и первой молодежной школы семинара "Управление и обработка информации в технических системах". Таганрог. ТФЮУ, 2009 г. – 291 с. – С. 160-167.

17. Семенов С.С. Оценка технического уровня систем наведения управляемого авиационного оружия класса "воздух-поверхность" // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2006. – № 8 – С. 7-11; № 9 – С. 13-23; № 10 – С. 12-18.

(Продолжение следует)