

Методика выбора приоритетного проекта образца аэрокосмической техники

Technique of Selection of Priority Project of the Aerospace Engineering Model

Кузьмин / Kuzmin V.

Виталий Васильевич

(vka@mil.ru)

кандидат военных наук, доцент.

ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени

А. Ф. Можайского» МО РФ

(ВКА им. А. Ф. Можайского),

старший научный сотрудник.

г. Санкт-Петербург

Афанасьев / Afanasev A.

Андрей Вячеславович

(vka@mil.ru)

ВКА им. А. Ф. Можайского,

старший научный сотрудник.

г. Санкт-Петербург

Яковченко / Yakovchenko A.

Андрей Владимирович

(vka@mil.ru)

кандидат технических наук.

ВКА им. А. Ф. Можайского,

старший научный сотрудник.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: образец аэрокосмической техники – aerospace engineering model; разработка проекта образца – model project development; технический уровень образца – technical level of the model; вариант модернизации – modernization option.

В статье изложен подход к выбору приоритетного проекта разработки нового или модернизированного образца аэрокосмической техники, основанный на оценке альтернативных проектов по техническим, экономическим и временным показателям, который может найти применение при поддержке принятия управленческих решений.

The paper describes an approach to selection of the priority project for development of a new or upgraded aerospace engineering model, based on assessment of alternative projects by technical, economical and temporal parameters. The approach may be applied at managerial decisions making.

В последние годы наблюдается значительное увеличение разработок универсальных («двойного назначения») аэрокосмических технических средств, которые находят широкое применение в различных отраслях, министерствах и ведомствах.

Проблемным и чрезвычайно сложным является процесс выбора и отбора наиболее ценных государ-

ственных и отраслевых проектов разработки новых или модернизированных универсальных образцов аэрокосмической техники. Проблема, прежде всего, связана со значительными ограничениями в финансовых средствах.

Необходимо отметить, что в последние десятилетия предлагаются новые (усовершенствованные) методы, реализация которых может повысить качество, обоснованность и достоверность принимаемых решений. Применительно к обоснованию приоритетности НИОКР предлагается пользоваться при системном подходе только такими показателями, которые объективны и в принципе могут быть измерены. Однако следует подчеркнуть, что большинство излагаемых подходов и методологий используют интегральные (комплексные) показатели частного характера или традиционный критерий «эффективность-стоимость». Подходы и методологии в большинстве своём не предусматривают при оценке качества изделий одновременный учёт всех основных определяющих свойств объекта исследования, обеспечивающих его функционирование.

В современных экономических условиях качественное развитие аэрокосмической техники требует анализа, системной оценки и выбора приоритетных разработок при создании новых или модернизированных технических систем. В первую очередь это относится к определению их типажа, важнейших групп показателей и основных характеристик, определяющих технический уровень и функциональные свойства.

В качестве важных или основных показателей для оценки и выбора приоритетных проектов перспективных образцов аэрокосмической техники предлагаются следующие [1]:

- уровень дефицита изделий конкретного целевого назначения;
- требуемый объём (количество) серийного производства образцов определённого типа в различных вариантах исполнения (варианты: базовый, специализированный, экспортный);
- потребные затраты на жизненный цикл образца (разработку, производство, эксплуатацию, утилизацию);
- обобщённая (суммарная) полезность базового и специального вариантов конкретного типа образца аэрокосмической техники;
- потенциальное количество заказов на образцы конкретного типа;
- технический уровень образцов (с учётом реализуемых новых технических и информационных технологий при проектировании, создании и модернизации);
- технический, временной и экономический риск.

Многообразие проектов разработки новых или модернизированных образцов вызывает необходимость совершенствования методики решения многокритериальной задачи, обеспечивающей выбор целесообразного варианта для того или иного образца из числа альтернативных проектов.

По мнению авторов, усовершенствованная методика, как последовательность выполнения действий в ходе принятия решения в многокритериальной задаче, должна включать следующие этапы:

- принятие решения на разработку проекта (на создание нового или модернизированного) образца;
- оценка альтернативных вариантов по выбранным критериям (значениям показателей);
- выбор целесообразного проекта разработки нового или модернизированного образца.

Последовательность действий в ходе принятия решения на выбор проекта создания нового или модернизированного образца будет идентичной, но содержание проводимых мероприятий может отличаться.

В случае принятия решения о проведении модернизации образца сущность проводимых мероприятий на этапах рассматриваемой методики заключается в следующем.

На первом этапе принятия решения осуществляется:

- выбор типа образцов для модернизации и определение их количества;
- определение цели модернизации – требуемого технического уровня, достигаемого образцом после модернизации;
- составление перечня альтернативных вариантов модернизации, обеспечивающих достижение требуемого технического уровня образца;
- составление и анализ массива данных с информацией о факторах, влияющих на принятие решения о проведении модернизации.

Основными факторами, оказывающими влияние на принятие решения о необходимости проведения модернизации образцов, являются:

- недостаточный технический уровень образцов, находящихся в эксплуатации;
- требуемый технический уровень образца после его модернизации;
- наличие или отсутствие альтернативных образцов, идущих на замену образцов, находящихся в эксплуатации;
- стоимость модернизации образца;
- стоимость создания (разработки, производства) альтернативного образца;
- время, необходимое на модернизацию образца;
- время, необходимое на создание (разработку, производство) альтернативного образца;
- количество образцов, требующих модернизации;
- количество альтернативных новых образцов, не требующих модернизации;
- продолжительность установленного периода модернизации.

На втором этапе принятия решения на проведение модернизации проводится выбор показателей (критериев) для оценки альтернативных вариантов модернизации образцов и осуществляются расчёты выбранных показателей (критериев).

Оценку вариантов предлагается осуществлять с использованием следующей группы показателей (критериев):

- а) технический показатель – коэффициент технического уровня модернизируемого образца (K_T);
- б) экономические показатели:
 - коэффициент экономичности модернизации образцов ($K_Э$);
 - коэффициент оценки допустимых расходов на модернизацию образцов ($K_{ДР}$);
- в) временные показатели:
 - коэффициент упреждения работ ($K_{УР}$), выполняемых при проведении модернизации, по сравнению с созданием новых альтернативных образцов;
 - коэффициент своевременности работ ($K_{СР}$), выполняемых в ходе модернизации в период времени, отведенный на совершенствование системы средств.

При оценке каждого варианта используются следующие исходные данные:

- количество образцов, подлежащих модернизации;
- перечень и количественные значения показателей (тактико-технических характеристик), которым должен удовлетворять образец после его модернизации;
- наличие или отсутствие альтернативных образцов, поступающих в эксплуатацию вместо эксплуатируемых образцов;
- стоимость модернизации образца;
- стоимость создания альтернативного образца (в зависимости от стадии работ по образцу);
- время, необходимое на модернизацию образца;
- время, необходимое на создание альтернативного нового образца (с учетом стадии работ по образцу);

- продолжительность периода модернизации;
- требуемое количество образцов, подлежащих модернизации;
- денежные средства, выделяемые на проведение модернизации образцов.

Расчёт показателя для оценки технического уровня образца

Под техническим уровнем образца понимается совокупность относительных значений ряда важных показателей, по которым устанавливают достижение или превышение его качественных свойств по сравнению с лучшими отечественными или зарубежными аналогами [2].

Оценка технического уровня образца, получаемого в результате реализации предлагаемого проекта модернизации, может быть проведена методом сравнения всех или большинства важных показателей (с учётом их веса) модернизируемого образца по отношению к существующим аналогам (отечественным или зарубежным). Сравнение проводится по формуле [2, 3]

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \alpha(i)}{\sum_{i=1}^n \alpha(i)}, \quad (1)$$

где K_T – критерий технического уровня образца;
 K_i – относительное значение i -го показателя;
 n – количество (общее число) i -х показателей;
 $\alpha(i)$ – функция, нормирующая вес (важность) i -го показателя по сравнению с другими показателями, входящими в ранжированную последовательность.

Значения K_i определяются отношениями

$$K_i = \frac{K_i^m}{K_i^o} \quad (2)$$

или

$$K_i = \frac{K_i^o}{K_i^m}, \quad (3)$$

где K_i^m – величина i -го показателя модернизируемого образца;

K_i^o – величина i -го показателя базового образца-аналога, принятого для сравнения.

Значения K_i определяются по формуле (2), если повышению технического уровня образца соответствует увеличение рассматриваемого i -го показателя (например, увеличение дальности наблюдения) или по формуле (3), если повышению технического уровня соответствует уменьшение рассматриваемого показателя (например, уменьшение габаритов и веса образца).

В соответствии с формулой (1) принимается, что если $K_T > 1$, модернизированный образец по техническому уровню выше выбранного аналога, а если $K_T = 1$

или $K_T < 1$, то соответствует или ниже уровня выбранного аналога.

При расчёте критерия технического уровня образца в соответствии с формулой (1) определяется перечень показателей, используемых для сравнения модернизируемого образца с аналогами. Оценочные показатели характеризуют функциональные и стоимостные свойства образца. В качестве оценочных показателей могут быть выбраны показатели назначения (основные тактико-технические характеристики), надёжности, безопасности и стоимости образца. Для каждого показателя необходимо определить ранг важности и значения функции, нормирующей важность каждого показателя. Затем определяется коэффициент технического уровня (K_T) для каждого варианта проекта модернизации образца, и сравниваются результаты. Относительные значения показателей (K_i) определяются по отношению к выбранному аналогу (одному базовому образцу), либо «усреднённого» аналогу (нескольким базовым образцам).

Выбор основных показателей для сравнения и определение их «важности» является очень ответственным мероприятием, так как на их основе принимается окончательное решение.

Расчёты показателей стоимости

Коэффициент экономичности модернизации $K_{эkj}$ определяется как отношение стоимости потребного количества образцов k -го типа по j -му варианту модернизации к стоимости требуемого количества новых (альтернативных) образцов и может быть определён по формуле

$$K_{эkj} = \frac{C_{kj}^m N_{kj}^m}{C_k^h N_k^h}, \quad (4)$$

где C_{kj}^m – стоимость модернизации k -го образца по j -му варианту модернизации;

$N_{kj}^m, (N_k^h)$ – требуемое количество модернизированных (новых) образцов k -го типа;

C_k^h – стоимость создания нового (альтернативного) образца k -го типа.

В том случае когда не предусматривается создание новых образцов, альтернативных существующим, показателем оценки стоимости модернизации может служить коэффициент $K_{дрkj}$ (коэффициент оценки допустимых расходов на модернизацию образцов), определяемый отношением

$$K_{дрkj} = \frac{C_{kj}^m N_{kj}^m}{C^m}, \quad (5)$$

где C^m – выделяемые денежные средства на модернизацию.

Из формулы (4) видно, что по стоимостным параметрам модернизация образцов по j -му варианту целе-

сообразна в том случае, если $K_{Эkj} < 1$, так как позволяет удовлетворить потребность в образцах k -го типа при меньших затратах, чем производство новых. Если $K_{Эkj} \geq 1$, модернизация экономически нецелесообразна.

В случае отсутствия альтернативного образца (формула 5) значение критерия $K_{ДРkj} < 1$ показывает, что затраты на модернизацию не превышают отпущенных денежных средств. Если $K_{ДРkj} \geq 1$, модернизация по данному варианту нецелесообразна, так как экономичнее создать новый образец аэрокосмической техники. При невозможности разработки нового образца, необходим другой, более дешевый вариант модернизации или уменьшение количества модернизируемых образцов.

Использование данной методики позволяет определить допустимое количество модернизируемых образцов в пределах средств, выделяемых на модернизацию (при отсутствии альтернативного образца), по формуле

$$N_{kj}^m = \frac{C^m}{C_{kj}^m}. \quad (6)$$

Расчёты временных показателей

В качестве временных показателей модернизации предлагается использование коэффициентов упреждения работ ($K_{УР}$) и своевременности работ ($K_{СР}$) при проведении модернизации.

Коэффициент упреждения работ ($K_{УР}$) определяется отношением времени, необходимого на модернизацию требуемого количества k -х образцов по j -му варианту, к времени создания (продолжительности периода времени на разработку, производство, переоснащение) требуемого количества новых (альтернативных) образцов и может рассчитываться по формуле

$$K_{УР} = \frac{T_{kj}^m}{T_k^h}, \quad (7)$$

где T_{kj}^m – среднее время, необходимое для проведения модернизации N_{kj}^m образцов k -го типа по j -му варианту модернизации;

T_k^h – среднее время, необходимое для создания требуемого количества новых (альтернативных) образцов k -го типа.

Коэффициент своевременности работ ($K_{СР}$), проводимых в ходе модернизации, определяется отношением времени, необходимого на модернизацию требуемого количества k -х образцов по j -му варианту, к продолжительности запланированного периода модернизации

$$K_{СР} = \frac{T_{kj}^m}{T^m}, \quad (8)$$

где T^m – продолжительность запланированного периода модернизации.

По временным показателям модернизация требуемого количества образцов по j -му варианту целесообразна,

если $K_{УР} < 1$ – при создании новых (альтернативных) образцов, или если $K_{СР} \leq 1$ – при отсутствии работ по созданию такого образца, так как позволяет уменьшить дефицит образцов k -го типа за время, меньшее, чем время, необходимое для создания нового (альтернативного) образца. В других случаях целесообразна разработка другого варианта модернизации или предпочтение должно быть отдано созданию нового образца.

На **третьем этапе** реализации предлагаемой методики осуществляется выбор рационального варианта модернизации – лучшего из числа рассматриваемых вариантов.

Для выбора лучшего j -го варианта модернизации образцов k -го типа проводится анализ значений рассчитанных показателей: технического уровня модернизируемых образцов, экономичности и стоимости, упреждения или своевременности проводимых работ при модернизации. Если значения показателей не удовлетворяют выбранным критериям, то рассматриваемый вариант модернизации отклоняется. Вариант, в котором получены положительные результаты по всем предлагаемым показателям (критериям), считается лучшим.

В том случае, если оказалось несколько вариантов, удовлетворяющих перечисленным выше критериям, то выбор лучшего из этих отобранных вариантов может быть осуществлён следующим образом.

Для каждого отобранного варианта рассчитывается дополнительный показатель β_{kj} , определяющий прирост качества (технического уровня) образца на единицу затрат (стоимости модернизации образца). Выбор лучшего j -го варианта модернизации k -го образца предлагается осуществлять по максимуму значения показателя β_{kj} , рассчитанного в соответствии с выражением

$$\beta_{kj} = \arg \max \left\{ \frac{K_{Тkj}^m - K_{Т}^o}{C_{kj}^m} \right\}, \quad (9)$$

где $K_{Тkj}^m$ – коэффициент технического уровня модернизируемого k -го образца по j -му варианту проводимых работ;

$K_{Т}^o$ – коэффициент технического уровня базового образца ($K_{Т}^o=1$);

C_{kj}^m – стоимость модернизации k -го образца по j -му варианту модернизации.

Последовательность выбора наилучшего варианта модернизации образца показана на рис. 1.

Вариант модернизации, имеющий технический уровень образца, экономические и временные показатели, удовлетворяющие принятым критериям, а также максимальную величину показателя β_{kj} , определяется как наилучший из рассматриваемых вариантов.

В заключение статьи необходимо отметить, что в условиях ограниченного финансирования большое значение приобретает рациональный выбор того или иного проекта (предлагаемого варианта проекта модер-

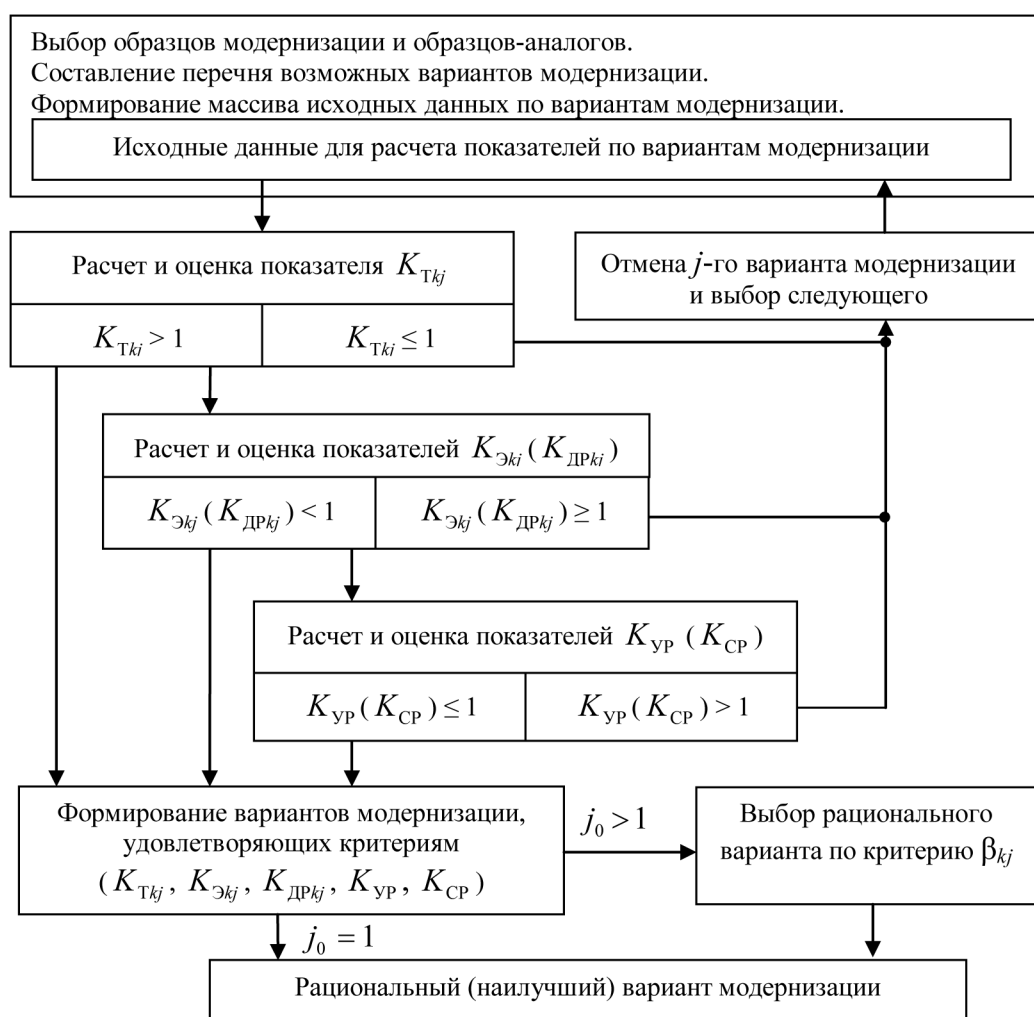


Рис. 1. Последовательность выбора наилучшего варианта модернизации образца:
 j_0 – варианты модернизации, удовлетворяющие критерию; $K_{Тkj}$ – технический уровень k -го образца по j -му варианту модернизации

низации) для дальнейших разработок (совершенствования) образцов.

Суть выбора заключается в нахождении рационального варианта ещё на начальном этапе принятия решения на основе сравнительной оценки по определённым показателям (критериям) предложенных вариантов проектов разработки (модернизации) образцов аэрокосмической техники.

За наиболее важный показатель варианта проекта предлагается принять технический уровень модернизируемого (разрабатываемого) образца. Сравнение технического уровня осуществляется методом сравнения ряда показателей (тактико-технических и других характеристик образца) с учётом их весовых коэффициентов. Показатель технического уровня образца позволяет выбрать наилучший вариант из нескольких альтернативных.

Для этого характеристики одного из образцов принимаются за базовые, с которыми сопоставляются характеристики модернизируемых образцов, достигаемые в предлагаемых альтернативных вариантах модернизации. Недостатками такого подхода являются:

- многократность операций сравнения технического уровня образца, достигаемого в различных вариантах модернизации, с техническим уровнем базового образца;
- альтернативные варианты модернизации попарно друг с другом не сравниваются, а соотносятся между собой через выбранный базовый образец, что не несёт должной наглядности и может вызвать затруднения при анализе результатов.

Эти недостатки проявляются при рассмотрении большого количества альтернативных вариантов модернизации. Для устранения возможных затруднений

анализа результатов при выборе лучшего варианта модернизации предлагается использовать дополнительный показатель (критерий), определяющий прирост технического уровня образца на единицу затрат.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет:

– оценить альтернативные варианты проектов модернизации или разработки новых образцов и выбрать из них наилучший;

– определить соответствие модернизируемого (разрабатываемого) образца лучшему зарубежному или отечественному аналогу на различных этапах его разработки (от составления ТТЗ до испытаний и производства).

Разработанная методика может использоваться при поддержке принятия решения на разработку проекта нового или модернизированного образца аэрокосмической техники и выборе наиболее приоритетного варианта.

Литература

1. Платунов, В. Вертолеты XXI века. Стратегия создания, концепции, боевые свойства, технические облики / В. Платунов // Военный парад. – 2002. – № 4. – С. 32–34.

2. Семёнов, С. С. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники / С.С. Семёнов, В.Н. Харчев, А.И. Иоффин. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.

3. Гмошинский, В. Г. Теоретические основы инженерного проектирования / В.Г. Гмошинский, Г.И. Флиорент. – М.: Наука, 1973. – 304 с.