

УДК 65.012.26

## **Критериальное обеспечение процессов подготовки и принятия решений при управлении развитием авиационной техники**

А.М. Жеребин, В.В. Кропова

Аннотация

Рассматриваются основные направления деятельности по управлению развитием авиационной техники. Обсуждается согласованная и взаимоувязанная система критериев принятия стратегических и тактических решений, соответствующая идеологии программно-целевого подхода. Предлагается подход преодоления неопределенности основных действующих факторов.

Ключевые слова: функциональная система, принятие решения, критерий управления развитием, критерий целераспределения, неопределенность действующих факторов, фактор субъективности, крайняя точка, компромиссное решение.

### **1. Требование информационно-методического единства при осуществлении деятельности по управлению развитием авиационной техники**

В основе формирования программ и планов развития авиационной техники (АТ) лежит проведение исследований в следующих относительно независимых областях:

#### ***исследования и разработки по проектированию образцов АТ:***

- проектирование или формирование облика образцов АТ,
- оценка эффективности целевого применения образцов АТ в прогнозируемых операциях,

- оценка стоимости жизненного цикла образцов АТ,

- оценка рисков реализации проектов создания образцов АТ;

#### ***исследования и разработки по проектированию группировок АТ:***

- проектирование группировок АТ или определение тех изменений в качественном и количественном составе группировок, которые должны быть реализованы для обеспечения выполнения авиацией целевых задач в прогнозируемых операциях,

- оценка промышленной реализуемости планов развития АТ,

- оценка целевого потенциала группировок АТ при выполнении заданного (выделенного) объема задач в прогнозируемых операциях,

- оценка потребностей в финансовых ресурсах для реализации плана развития АТ;

*исследования и разработки по планированию создания и применения АТ, а также развития научно-производственной базы создания АТ:*

- формирование программ и планов развития АТ (управления развитием АТ),
- планирование применения группировок АТ в прогнозируемых операциях,
- обоснование программ и планов развития научно-производственной базы создания АТ, в том числе базовых и критических технологий.

Обобщенная схема увязки основных направлений деятельности по развитию АТ представлена на рис. 1.



Рис. 1.

В поддержку перечисленных направлений деятельности разрабатывается соответствующее модельно-методическое и информационно-программное обеспечение. Одним из основных требований при его разработке является требование подчинения процессов принятия решений на всех иерархических уровнях единой методологии, в данном случае методологии программно-целевого планирования как действующего механизма государственного управления развитием авиационной техники.

Достижение информационно-методического единства при обосновании программ и планов развития АТ обеспечивается

- созданием единого информационно-аналитического пространства, охватывающего этапы разработки, производства, эксплуатации, утилизации образцов АТ;

- формированием и использованием согласованной и взаимоувязанной системы критериев принятия стратегических и тактических решений. Принимая во внимание субъективизм в выборе критериев, свойственный лицам, принимающим решения (ЛПР), неполное соответствие оценок, получаемых с использованием набора критериев, реальному положению вещей, невозможность в ряде случаев в силу сложности решаемых проблем сформулировать единственный критерий принятия решений, представляется целесообразным реализация принципа избыточности, когда система поддержки принятия решений предоставляет возможность при обосновании решений использовать различные системы критериев, сопоставлять полученные результаты, отыскивать компромиссные решения. При этом системы критериев могут быть либо функциональными, характеризующими возможности АТ при выполнении соответствующих задач, либо затратными, показывающими, во что обходится выполнение задач.

## **2. Критерии принятия решений при планировании развития и применении авиационной техники**

Можно выделить две группы критериев принятия решений: критерии управления развитием АТ и научно-производственной базы создания АТ и критерии оптимизации состава и применения АТ.

### ***Критерии рационального выбора направлений развития авиационной техники (Критерии принятия стратегических решений)***

Под стратегическими решениями в данном случае понимаются решения, определяющие динамику качественного и количественного развития целевой и обеспечивающей функциональных систем (ФС). Соответствующие критерии отражают стремление к предельно достижимому

- наращиванию функциональных возможностей ФС ( $E$ ) в течение периода планирования ( $T$ ) при прогнозируемом объеме ассигнований ( $C_{прогн}$ ) на содержание и развитие ФС:
  - критерий максимума обобщенной эффективности

$$F_1^1 = E \rightarrow \max \text{ при условии } C \leq C_{прогн},$$

где

- $E$  - обобщенная эффективность или производительность ФС,
- $C$  - ожидаемые расходы на содержание и развитие ФС;

- сокращению дефицита ( $E_{t_{прогн}} - E_t, t = \overline{1, T}$ ) функциональных возможностей ФС при прогнозируемых по подпериодам планирования ( $t = \overline{1, T}$ ) объемах ассигнований ( $C_{t_{прогн}}, t = \overline{1, T}$ ) на содержание и развитие ФС:

- критерий минимума провалов по эффективности

$$F_2^1 = F_2^1(\{E_{t_{прогн}} - E_t\}_1^T) \rightarrow \min \text{ при условии } C_t \leq C_{t_{прогн}}, t = \overline{1, T},$$

где

$E_{t_{прогн}}$  - прогнозируемый уровень требований к функциональным возможностям ФС в  $t$ -й подпериод;

- сокращению расходов на содержание и развитие ФС с учетом затрат на программы создания перспективных технических средств, предлагаемых для включения в состав ФС, при условии поддержания функциональных возможностей ФС на уровне, соответствующем прогнозируемым потребностям:

- критерий минимума затрат на содержание и развитие ФС

$$F_3^1 = C \rightarrow \min \text{ при условии либо } E \geq E_{прогн}, \text{ либо } \left( \frac{E_{t_{прогн}} - E_t}{E_{t_{прогн}}} \right) \leq \Delta_t, t = \overline{1, T},$$

где

$\Delta_t$  - допустимый дефицит функциональных возможностей.

При этом суммарные денежные затраты на содержание и развитие функциональной системы, в данном случае группировки авиационных комплексов (АК), определяются согласно выражению

$$C_{\Sigma\Sigma} = C_{раз\Sigma} + C_{пр\Sigma} + C_{зак\Sigma} + C_{экс\Sigma} + C_{сн\Sigma},$$

где

$C_{раз\Sigma}, C_{пр\Sigma}, C_{зак\Sigma}, C_{экс\Sigma}, C_{сн\Sigma}$  - суммарные денежные затраты соответственно

на разработку, производство, закупки, эксплуатацию, списание и утилизацию образцов АК из состава рассматриваемой группировки АК.

а) денежные затраты на разработку АК:

$$C_{раз\Sigma}^{AK} = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} C_{разi}^{AK},$$

где

$KT_{AK}$  - количество типов АК,

$C_{рази}^{AK}$  - затраты на исследования и разработку АК  $i$ -го типа;

б) денежные затраты на производство АК:

$$C_{np\Sigma}^{AK} = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} C_{npi}^{AK},$$

$$C_{npi}^{AK} = (t_{nn} - t_{npi}^{AK}) \cdot y_{npi}^{AK} \cdot C_{npli}^{AK} \dots,$$

где

$t_{nn}, t_{npi}^{AK}, y_{npi}^{AK}$  - продолжительность рассматриваемого временного интервала, время начала производства, темп производства АК  $i$ -го типа,

$C_{npli}^{AK}$  - стоимость производства одного образца АК  $i$ -го типа;

в) денежные затраты на закупку АК:

$$C_{зак\Sigma}^{AK} = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} C_{закi}^{AK},$$

$$C_{закi}^{AK} = (t_{nn} - t_{закi}^{AK}) \cdot y_{закi}^{AK} \cdot C_{закli}^{AK};$$

г) денежные затраты на эксплуатацию АК из состава группировки АК:

$$C_{эксн\Sigma}^{AK} = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} C_{экснi}^{AK},$$

$$C_{экснi}^{AK} = t_{nn} \cdot N_{\Sigma i}^{AK_{нач}} \cdot C_{экснli}^{AK} -$$

$$- \sum_{t=t_{cni}^{AK}}^{t_{nn}} (t_{nn} - t_{cni}^{AK} + 1) \cdot y_{cni}^{AK} \cdot C_{экснli}^{AK} +$$

$$+ \sum_{t=t_{npi}^{AK}}^{t_{nn}} (t_{nn} - t_{npi}^{AK} + 1) \cdot y_{npi}^{AK} \cdot C_{экснli}^{AK} +$$

$$+ \sum_{t=t_{закi}^{AK}}^{t_{nn}} (t_{nn} - t_{закi}^{AK} + 1) \cdot y_{закi}^{AK} \cdot C_{экснli}^{AK};$$

д) денежные затраты на списание и утилизацию АК из состава группировки АК:

$$C_{сн\Sigma}^{AK} = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} C_{снi}^{AK},$$

$$C_{снi}^{AK} = (t_{nn} - t_{снi}^{AK}) \cdot y_{снi}^{AK} \cdot C_{снli}^{AK}.$$

## **Критерии оптимизации состава и применения авиационной техники**

### **(Критерии принятия тактических решений)**

К числу наиболее распространенных и часто используемых критериев оптимизации применения технических средств в составе целевой ФС относятся следующие имеющие натуральное или стоимостное выражение критерии:

- критерий минимума суммарной численности ( $F_1^2$ ) или суммарной стоимости ( $F_3^2$ ) привлекаемых для участия в планируемой операции ресурсов (сил и средств, в том числе технических средств рассматриваемого класса), при условии выполнения функциональной системой заданных объемов целевых задач ( $F_{1,3}^2 \rightarrow \min$  при условии  $E \geq E_{\text{прогн}}$ ):

$$F_1^2 = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} N_{\Sigma i}^{AK} ,$$

$$F_3^2 = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} N_{\Sigma i}^{AK} \cdot C_{1i}^{AK} + \sum_{j=1}^{KT_{ЦН}} N_{\Sigma j}^{ЦН} \cdot C_{1j}^{ЦН} + N_{\Sigma\Sigma}^T \cdot C_1^T ,$$

где

$KT_{AK}, KT_{ЦН}$  - число типов АК и число типов целевой нагрузки, используемых в ходе выполнения заданного объема целевых задач;

$N_{\Sigma i}^{AK}, C_{1i}^{AK}$  - суммарное число АК i-го типа, используемых при выполнении заданного объема целевых задач, и стоимость одного образца АК i-го типа;

$N_{\Sigma j}^{ЦН}, C_{1j}^{ЦН}$  - суммарное число единиц целевой нагрузки j-го типа, используемых при выполнении заданного объема целевых задач, и стоимость единицы целевой нагрузки j-го типа;

$N_{\Sigma\Sigma}^T, C_1^T$  - суммарное количество топлива, используемого в ходе выполнения заданного объема целевых задач, и стоимость единицы топлива;

- критерий минимума суммарной численности ( $F_2^2$ ) или суммарной стоимости ( $F_4^2$ ) утрачиваемых в ходе планируемой операции ресурсов при условии выполнения функциональной системой заданных объемов целевых задач ( $F_{2,4}^2 \rightarrow \min$  при условии  $E \geq E_{\text{прогн}}$ ):

$$F_2^2 = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} \Delta N_{\Sigma i}^{AK} ,$$

$$F_4^2 = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} \Delta N_{\Sigma i}^{AK} \cdot C_{1i}^{AK} + \sum_{j=1}^{KT_{ЦН}} N_{\Sigma j}^{ЦН} \cdot C_{1j}^{ЦН} + N_{\Sigma\Sigma}^T \cdot C_1^T,$$

где

$\Delta N_{\Sigma i}^{AK}$  - суммарные потери АК i-го типа при выполнении заданного объема целевых задач;

- критерий минимума суммарного относительного увеличения затрат ( $F_5^2$ ) на выполнение целевых задач в связи с возможностью реализации нерациональных решений из-за неопределенности действующих факторов при условии выполнения всей (определенной части) номенклатуры целевых задач:

$$F_5^2 = \sum_{l=1}^{KT_{ЦЗ}} \frac{C_{1l} - \min_{x,y(x)} C_{1l}}{\min_{x,y(x)} C_{1l}} \rightarrow \min \text{ при условии } KT_{ЦЗ} = KT_{прогн} \left( \frac{KT_{прогн} - KT_{ЦЗ}}{KT_{прогн}} \leq \Delta \right),$$

где

$x, y(x)$  - вектора технических и тактических решений, принимаемых на этапах соответственно разработки и применения проектируемой системы;

$KT_{прогн}, KT_{ЦЗ}$  - число типов целевых задач, соответственно планируемых для выполнения и выполняемых при располагаемых ресурсах;

$C_{1l}$  - стоимость выполнения одной целевой задачи l-го типа при некоторых фиксированных технических и/или тактических решениях;

$\min_{x,y(x)} C_{1l}$  - минимальная стоимость выполнения одной целевой задачи l-го типа, т.е. стоимость выполнения одной целевой задачи для оптимального вектора технических и/или тактических решений;

$\Delta$  - допустимый процент невыполнения целевых задач из заданной номенклатуры.

Стоимость выполнения одной целевой задачи оценивается по одной из следующих формул в зависимости от того, идет речь о привлеченных средствах  $C_{1lk}^1$  или безвозвратно расходуемых средствах  $C_{1lk}^2$ :

$$C_{1lk} = C_{1lk}^1 = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} N_{1ilk}^{AK} \cdot C_{1i}^{AK} + \sum_{j=1}^{KT_{ЦН}} N_{1ljk}^{ЦН} \cdot C_{1j}^{ЦН} + N_{1lk}^T \cdot C_1^T,$$

$$C_{1lk} = C_{1lk}^2 = \sum_{i=1}^{KT_{AK}} \Delta N_{1ilk}^{AK} \cdot C_{1i}^{AK} + \sum_{j=1}^{KT_{ЦН}} N_{1ljk}^{ЦН} \cdot C_{1j}^{ЦН} + N_{1lk}^T \cdot C_1^T,$$

- критерий минимума наибольшего относительного увеличения затрат ( $F_6^2$ ) на выполнение целевых задач в связи с возможностью реализации нерациональных решений из-за

неопределенности действующих факторов при условии выполнения всей (определенной части) номенклатуры целевых задач:

$$F_6^2 = \max_{l=1, KT_{ЦЗ}} \frac{C_{1l} - \min_{x,y(x)} C_{1l}}{\min_{x,y(x)} C_{1l}} \rightarrow \min \text{ при условии } KT_{ЦЗ} = KT_{прогн} \left( \frac{KT_{прогн} - KT_{ЦЗ}}{KT_{прогн}} \leq \Delta \right).$$

Неограниченное расширение номенклатуры используемых в ходе операции АК и целевой нагрузки должно приводить, в конечном счете, к возрастанию стоимости выполнения заданного объема целевых задач. Формализация штрафа за расширение номенклатуры применяемых средств представляет собой трудноразрешимую задачу. Поэтому обычно применяется подход, связанный с исследованием зависимости значений используемого критерия от числа типов носителей и целевой нагрузки, разрешенных для применения в операции, т.е. исследуется зависимость

$$F(KT_{АК}^{факт}, KT_{ЦН}^{факт}),$$

$$KT_{АК}^{факт} = \overline{1, KT_{АК}}, \quad KT_{ЦН}^{факт} = \overline{1, KT_{ЦН}},$$

где

$$F \in \{F_1^1, F_2^1, F_3^1, F_4^1, F_1^2, F_2^2\},$$

$KT_{АК}, KT_{АК}^{факт}$  - число типов АК в составе группировки и число типов АК, используемых в ходе операции;

$KT_{ЦН}, KT_{ЦН}^{факт}$  - число рассматриваемых типов целевой нагрузки и число типов целевой нагрузки, используемых в ходе операции.

Для реализации указанного подхода в систему ограничений задачи должны быть включены дополнительно ограничения вида

$$\sum_{i=1}^{KT_{АК}} sign \left( \sum_{j=1}^{KT_{ЦН}} \sum_{l=1}^{KT_{ЦЗ}} \sum_{k=1}^{KT_{эпАК}} x_{lk} \cdot N_{1lik}^{АК} \right) \leq KT_{АК}^{факт},$$

$$\sum_{j=1}^{KT_{БК}} sign \left( \sum_{i=1}^{KT_{АК}} \sum_{l=1}^{KT_{ЦЗ}} \sum_{k=1}^{KT_{эпАК}} x_{lk} \cdot N_{1ljk}^{ЦН} \right) \leq KT_{ЦН}^{факт}.$$

Исследование зависимости  $F(KT_{АК}^{факт}, KT_{ЦН}^{факт})$  с точки зрения скорости убывания значений  $F$  с ростом значений  $KT_{АК}^{факт}, KT_{ЦН}^{факт}$  часто бывает достаточным для принятия решения о нецелесообразности дальнейшего расширения номенклатуры используемых АК или целевой нагрузки. Принятие решения осуществляется на основании экспертно заданного относительного снижения затрат на проведение операции, достижение которого целесообразно за счет расширения номенклатуры используемых средств.



### **3. Преодоление неопределенности основных действующих факторов**

Принятие решений при планировании развития авиационной техники осуществляется в условиях неопределенности.

Будем различать эксплуатационную, технологическую, финансовую, критериальную и другие виды неопределенности.

Под эксплуатационной неопределенностью в данном случае понимается прогнозная неопределенность будущего применения авиационных средств, а именно неопределенность характера, объемов, условий выполнения целевых задач.

Технологическая неопределенность обусловлена степенью готовности научно-производственной базы создания АТ к реализации на заданном временном интервале (интервале планирования) совокупности критических технологий, определяющих технико-технологический уровень проекта по созданию перспективного образца АТ, и проявляется на этапе проектирования в отсутствии и/или несвоевременном поступлении достоверной информации о достижимых характеристиках комплектующих различных уровней, непроработанности ключевых технологий, определяющих облик перспективного образца, и др.

Финансовая неопределенность связана с тем, что на этапе планирования можно говорить только о прогнозных оценках возможных объема, порядка, источников финансирования проектов по созданию новой техники.

Критериальная неопределенность обусловлена тем, что на этапе планирования однозначно не определены те критерии, которыми на различных этапах жизненного цикла проектируемой техники могут руководствоваться лица, принимающие решения (ЛПР), в зависимости от системы предпочтений и складывающейся в каждом конкретном случае ситуации информированности ЛПР.

К другим видам неопределенности можно отнести неопределенность, связанную с тем, что участники процесса планирования развития, проектирования, производства, эксплуатации АТ кроме общей заинтересованности в обеспечении решения жизненно важных задач страны имеют собственные интересы, связанные, например, с завоеванием рынка продукции и услуг, прибыльностью соответствующего бизнеса и др.

Учитывая сказанное, целесообразным представляется подход, при котором задача выбора рационального решения осуществляется по схеме: сначала формируется множество так называемых крайних точек, а затем с использованием формальных и/или неформальных

процедур достижения компромисса на множестве крайних точек определяется окончательное решение по составу или облику авиационной техники.

Проиллюстрируем применение данной схемы на примере принятия решения по формированию облика перспективного АК.

### ***Формирование множества крайних точек***

В данном случае крайняя точка – это вариант облика проектируемой системы, полученный в результате решения оптимизационной задачи, формальная постановка которой имеет ограниченный (локальный) характер в силу следующих обстоятельств.

Все действующие факторы разбиваются на две группы, причем в первую группу могут быть включены только те факторы, которые характеризуются прогнозной неопределенностью. Значения факторов из первой группы фиксируются, тем самым снимается соответствующая неопределенность. Для факторов второй группы допускается варьирование их значений в пределах, определяемых зафиксированными значениями факторов первой группы.

Для определенности процедуру формирования крайних точек рассмотрим применительно к ситуации, когда первую группу факторов составляют критерии рационального выбора, которыми в принципе могут пользоваться разработчики и эксплуатанты проектируемой системы.

Крайняя точка (вектор обликовых параметров проектируемой системы), соответствующая сложившейся в силу принятых допущений ситуации информированности, отыскивается в соответствии с правилами.

$$x^* = \arg \min_{x \in X_{\text{дон}}} F_{\text{разр}}(x, y^*(x))$$

$$y^*(x) = \arg \min_{y \in Y_{\text{дон}}(x)} F_{\text{экспл}}(x, y)$$

$$X_{\text{дон}} = \{x : f(x) \leq 0\}$$

$$Y_{\text{дон}}(x) = \{y(x) : g(x, y) \leq 0\}$$

$x, y(x)$  - вектора технических и тактических решений, принимаемых на этапах соответственно разработки и применения проектируемой системы;

$x^*, y^*(x)$  - рациональные при данной постановке задачи значения векторов технических и тактических решений;

$X_{\text{дон}}, Y_{\text{дон}}(x)$  - области допустимых технических и тактических решений на этапах соответственно разработки и применения проектируемой системы;

$f(x), g(x, y)$  - ограничения (вектора ограничений) на технические и тактические

решения на этапах соответственно разработки и применения проектируемой системы;

$F_{разр}(x, y), F_{экспл}(x, y)$  - критерии фиксированного для данной постановки задачи вида из числа критериев рационального выбора, которыми потенциально могут воспользоваться разработчик ( $F_{разр}$ ) и эксплуатант ( $F_{экспл}$ ) проектируемой системы.

В результате решения серии оптимизационных задач указанного вида формируются множества крайних точек, на которых отыскивается компромиссное решение по выбору облика проектируемой системы.

### ***Построение компромиссного решения на множестве крайних точек***

Сведем совокупность факторов, связанных со всеми видами неопределенности кроме критериальной, к множеству расчетных вариантов. Другими словами, при формировании облика проектируемой системы (в данном случае АК) будем рассматривать множество расчетных вариантов и множество критериев рационального выбора.

Итак, рассматриваются

- 1) Пространство принимаемых решений (пространство выбора).

$$R = \{r = (x, y), x \in X, y \in Y\}$$

$X = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_m)\}$  { множество предлагаемых разработчиками альтернативных вариантов облика АК (задаваемое множество), если реализуется подход на основе сравнения альтернативных вариантов АК;  
множество синтезируемых в процессе моделирования вариантов облика АК (формируемое множество), если реализуется подход на основе непосредственного синтеза обликовых параметров АК

$Y = \{y = (y_1, y_2 \dots, y_n)\}$  множество тактических решений АК

- 2) Пространство условий принятия решений (пространство условий выбора)

$$\Omega = \{(z, C), z \in Z, C \in W\}$$

$Z = \{z\}$  множество расчетных вариантов при формировании облика АК

$W = \{C\}$  множество критериев рационального выбора

Для определенности будем считать, что в качестве определяющих рассматриваются два фактора: условия применения АК и условия реализации АК, т.е.

$$z = (u, v), u \in U, v \in V$$

$U = \{u = (u_1, u_2, \dots, u_l)\}$  множество условий применения АК (тип операций, характер и объем целевых задач и др.)

$V = \{v = (v_1, v_2, \dots, v_k)\}$  множество условий реализации АК или множество вариантов реализации критических технологий

Процедура принятия компромиссного решения состоит в следующем:

- 1) Снятие неопределенности по условиям применения и реализации (если задан порядок расчетные варианты - критерии).

$$x_{рац}^* \in \begin{cases} \text{либо } \left\{ x \mid (\forall z, z \in Z), \left( \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)} \leq \delta \right) \right\}, C \in W, \\ \text{либо } \left\{ x \mid x = \arg \min_{x, y} \left( \alpha_1 \sum_z \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)} + \alpha_2 \max_z \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)} \right) \right\}, C \in W, \\ \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

$$\Delta C = C(x, y, z) - C(x_{рац}, y_{рац}, z)$$

$$\langle x_{рац}, y_{рац} \rangle = \arg \min_{x, y} C(x, y, z)$$

$C(x, y, z)$  - используемый в данном конкретном случае критерий рационального выбора из заданной номенклатуры критериев;

$x_{рац}, y_{рац}$  - рациональные значения векторов технических и тактических решений АК.

- 2) Снятие критериальной неопределенности (если задан порядок расчетные варианты - критерии).

$$x_{рац}^{**} \in \begin{cases} \text{либо } \left\{ x \mid x \in \bigcap_{C \in W} \{x_{рац}^*(C)\} \right\}, \text{ если } \bigcap_{C \in W} \{x_{рац}^*(C)\} \neq \emptyset, \\ \text{либо } \left\{ x \mid x = \arg \min_{x, y} \left( \alpha_1 \sum_C \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}^*, y_{рац}^*, z)} + \alpha_2 \max_C \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}^*, y_{рац}^*, z)} \right) \right\}, \\ \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

Выражение  $\alpha_1 \sum_C \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)} + \alpha_2 \max_C \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)}$  является линейной сверткой

двух видов критериев, которые отражают две крайние позиции в принятии решений:

результат в среднем  $\sum_C \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)}$  и гарантированный результат  $\max_C \frac{\Delta C(x, y, z)}{C(x_{рац}, y_{рац}, z)}$ .

Значения коэффициентов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  либо принимаются по умолчанию в соответствии с ранее принятыми правилами, либо устанавливаются непосредственно исследователем, экспертом, лицом, формирующим или принимающим решения, и фактически определяют структуру критерия, по которому принимается компромиссное решение.

#### 4. Учет фактора субъективности при принятии решений

Состояние выбора (принятия решения) складывается из четырех компонент:

- 3) субъект, производящий выбор  $A$  : целеустремленный индивид или система;
- 4) окружение выбора  $S \in \{S_k, k = \overline{1, K}\}$ : функциональное окружение индивида или системы, проявляющих выбор;
- 5) доступные способы действий  $C_i, i = \overline{1, I}$ : структурно различные типы поведения субъекта в структурно определенном окружении;
- 6) возможные при таком окружении результаты  $Q_j, j = \overline{1, J}$ .

Существенные связи между этими компонентами полностью отражаются в трех типах мер, являющихся параметрами целеустремленного состояния:

- вероятность выбора ( $P_i$ ) - вероятность того, что субъект  $A$  будет продуцировать способ действия ( $C_i$ ) в окружении выбора  $S$  :

$$P_i = P\{C_i | A \text{ в } S\}, i = \overline{1, I} ;$$

- эффективность способа действий ( $E_{ij}$ ) - вероятность того, что некоторый способ действия  $C_i$  будет продуцировать определенный результат  $Q_j$  в определенном окружении  $S$ , если данный субъект  $A$  выберет именно его:

$$E_{ij} = P\{Q_j | \text{выбирает } C_i \text{ в } S\}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J} ;$$

- удельная ценность ( $V_j$ ) результата ( $Q_j$ ) или степень стремления ( $DI_j$ ) субъекта  $A$  к результату ( $Q_j$ ) относительно полного множества взаимоисключающих результатов ( $Q_j$ ) в ситуации стремления в окружении выбора  $S$  - вероятность того, что  $A$  выберет способ действий, имеющий максимальную эффективность по  $Q_j$ .

Поскольку способы действий и результаты зависят как от окружения, так и от субъекта, индивидуальность субъекта, его личность определяется тем, как его вероятности выбора ( $P_i$ ), эффективности ( $E_{ij}$ ) и удельные ценности ( $V_j$ ) зависят от свойств ситуации:

$$P_i = f[\{C_i\}, \{Q_j\}, S_k],$$

$$E_{ij} = g[\{C_i\}, \{Q_j\}, S_k],$$

$$V_j = h[\{C_i\}, \{Q_j\}, S_k].$$

Другими словами, если два индивида находятся в одной и той же ситуации выбора, разница между ними должна проявляться в значениях их вероятностей выбора, эффективностей и удельных ценностей.

Сумма произведений этих трех параметров равна для данного субъекта ожидаемой удельной ценности ( $EV$ ):

$$EV = \sum_i \sum_j P_i \cdot E_{ij} \cdot V_j.$$

Поскольку величины  $P_i, E_{ij}, V_j$  являются функциями ситуации выбора, то и ожидаемая удельная ценность будет функцией ситуации выбора

$$EV = \pi[\{C_i\}, \{Q_j\}, S_k].$$

В таком случае личность (индивидуальность) субъекта есть функция  $\pi$ , связывающая ожидаемую удельную ценность в любой ситуации выбора со свойствами возможных способов действий, их возможных результатов и существенными переменными окружения, т.е. личность (индивидуальность) есть наблюдаемая функция, показывающая, как индивид или система преобразует параметры выбранной ситуации в ожидаемую удельную ценность (рис. 2).

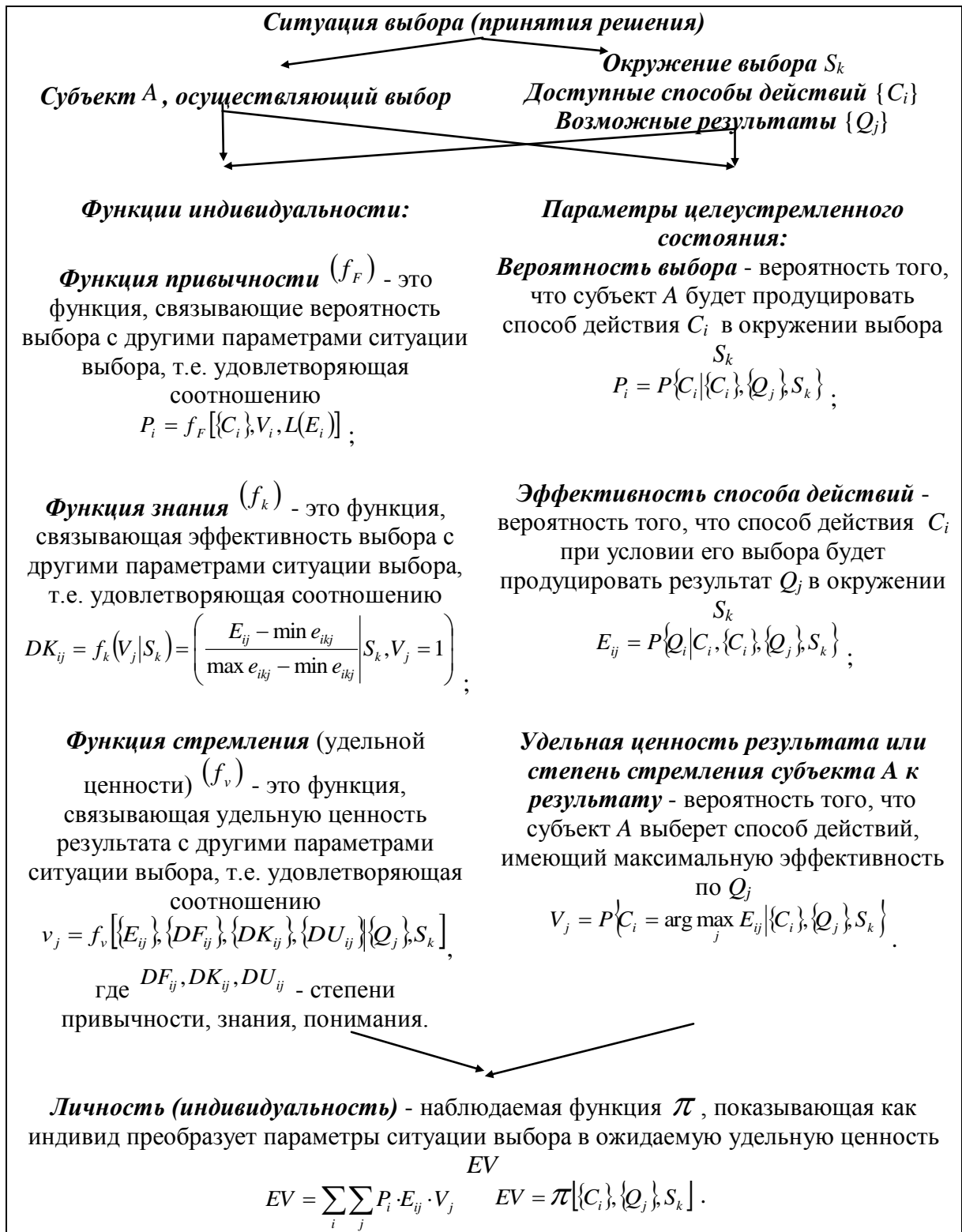


Рис. 2.

Задачу построения функции индивидуальности можно разбить на три относительно независимых типа исследований в зависимости от того, какая берется зависимая переменная:

- вероятность выбора - изучение привычности (предпочтения средств);

- эффективность выбора - изучение знания (чувствительности к эффективности);
- удельная ценность - изучение стремления (предпочтения целей).

Итак, функцию личности можно получить, если известны функция привычности ( $f_F$ ), функция знания ( $f_k$ ), функция стремления (удельной ценности) ( $f_v$ ).

Функция привычности для субъекта способа действия ( $C_i$ ) относительно результата ( $Q_j$ ) и доступного множества способов действий  $\{C_i\}$  - это функция, связывающая вероятность выбора с другими параметрами ситуации выбора, т.е. удовлетворяющая соотношению

$$P_i = f_F[\{C_i\}, V_i, L(E_i)],$$

$$0 \leq L(E_i) \leq 1, \quad \sum_i L(E_i) = 1,$$

где

$L(E_i)$  - уровень эффективности способов действий по результату ( $Q_j$ ).

Функция знания субъекта способа действия ( $C_i$ ) относительно результата ( $Q_j$ ) в окружении  $S$  - это функция, связывающая эффективность выбора с другими параметрами ситуации выбора, т.е. удовлетворяющая соотношению

$$DK_{ij} = f_k(V_j|S),$$

где

$DK_{ij}$  - степень знания, которым субъект располагает о способе действия ( $C_i$ ) относительно предпочтительного результата с удельной ценностью  $V_j = 1$  в окружении выбора  $S$ .

Степень знания задается формулой

$$DK_{ij} = \left( \frac{E_{ij} - \min e_{ikj}}{\max e_{ikj} - \min e_{ikj}} \middle| S, V_j = 1 \right),$$

где

$\min e_{ikj}, \max e_{ikj}$  - наименьшее и наибольшее возможные эффективности  $C_i$  по результату  $Q_j$  в  $S$ .

Степень знания способа действий относительно какой-либо цели в фиксированном окружении является мерой управляющих возможностей субъекта для получения данного результата относительно максимально возможных управляющих воздействий;



Функция стремления (удельной ценности) субъекта к результату  $(Q_j)$  относительно полного множества взаимоисключающих результатов  $\{Q_j\}$  в ситуации стремления в окружении выбора  $S$  - это функция, связывающая удельную ценность результата с другими параметрами ситуации выбора, т.е. удовлетворяющая соотношению

$$v_j = f_v[\{E_{ij}\}, \{DF_{ij}\}, \{DK_{ij}\}, \{DU_{ij}\}, \{Q_j\}, S],$$

где

$DF_{ij}, DK_{ij}, DU_{ij}$  - степени привычности, знания, понимания.

В качестве меры степени переменчивости индивида по отношению к некоторому результату может рассматриваться производная от функции стремления индивида к этому результату по эффективности данного способа действий в его продуцировании.

Знание о функциях индивидуальности ЛППР может использоваться при формировании интегрального критерия принятия компромиссных решений относительно облика проектируемой системы, а именно, при назначении коэффициентов важности, с которыми критерии из числа рассматриваемых критериев учитываются в интегральном критерии.

## 5. Заключение

Методологической базой концепции управления развитием АТ и авиационной отрасли как целевой и обеспечивающей функциональных систем, является программно-целевое планирование, основу идеологии которого составляют положения о необходимости четкого формирования конечных целей, рассмотрении максимально широкого круга различных вариантов взаимосвязанных и взаимозависимых действий для достижения этих целей, учете долговременных последствий и иерархии принимаемых решений и др.

Для обеспечения практической реализации идеологии программно-целевого планирования как действующего механизма государственного управления развитием АТ необходима формализация всех составляющих многоуровневого иерархического процесса принятия решений по обоснованию направлений развития и облика перспективных образцов АТ.

В данной работе представлены результаты исследований по формированию релевантной программно-целевому подходу системы согласованных и взаимоувязанных критериев и правил рационального выбора в условиях неопределенности основных действующих факторов применительно к задачам внешнего проектирования, планирования развития и применения АТ.

### **Библиографический список**

- 1.Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах/ Пер. с англ. под ред. И.А. Ушакова. - М: Сов. радио, 1974. - 271с.
- 2.Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. - М., Издательский дом «Граница», 2007. – 728 с.
- 3.Вентцель Е.С., Введение в исследование операций. - М., издательство «Советское радио», 1964 – 388 с.
- 4.Гермейер Ю.Б., Введение в теорию исследования операций, М.: Наука, 1971. – 384 с.
- 5.Трухаев Р.И., Модели принятия решений в условиях неопределенности, М.: Наука, 1981. – 258 с.

Сведения об авторах:

Жеребин Александр Михайлович, профессор, заместитель генерального директора ГНЦ РФ ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»,  
д.т.н., тел.: (499)157-53-81, e-mail: zham@gosniias.ru

Кропова Валентина Владимировна, начальник лаборатории ГНЦ РФ ФГУП  
«Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»,  
к.т.н , тел.: ( 499)157-94-62, e-mail: VVKropova@mail.ru