

УДК 681.32

А.Р. ЕМАД

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ И ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

В статье предложен системный подход для выбора направлений развития авиационной техники. Разработаны сценарии обоснования и развития АТ, учитывающий уровни принятия решений ответственных лиц, связанных с АТ.

**системный сценарий, направление развития авиационной техники, экспертный метод принятия решений**

**Введение**

Для обоснования направлений развития авиационной техники (АТ) на государственном уровне необходимо сформировать системный сценарий действий руководителей государственной программы, основанной на глубоком анализе направлений развития авиационной техники, целей государства, связанных с АТ, и состояния экономики государства. Поэтому актуальна проблема создания и структуризации государственной программы развития АТ (ГПРАТ), в которой учитываются, в том числе, и неблагоприятные факторы (риски), влияющие на формирование ГПРАТ и ее выполнения.

В работе предложен системный сценарий обоснования ГПРАТ, основанный на систематизации действий проектировщиков и учета рисков, влияющих на выбор направлений развития АТ.

**Постановка задачи.** Начальные этапы создания сложной наукоемкой авиационной техники (АТ) требуют использования самой различной информации, в том числе привлечения мнений экспертов. Экспертные оценки зачастую являются основой для принятия первоначальных решений, связанных с обоснованием и выбором направлений развития АТ, основных характеристик авиационных систем и комплексов обслуживания. Для получения достоверных оценок и минимизации риска принятия про-

ектных решений часто используются групповые оценки экспертов. Обоснованность экспертных оценок определяется компетентностью экспертов, их опытом в данной области, квалификацией. Для проведения экспертных процедур используются методы групповых оценок [1], с помощью которых получают усредненные оценки, характеризующие мнение группы экспертов. В случае наличия в группе экспертов резко отличающихся мнений, для получения согласованного мнения используется многошаговая процедура группового оценивания, например, метод Дельфы [2].

**Метод решения**

Построим процедуру обоснования выбора направлений развития авиационной техники, основой которой является постоянные обращения за получением оценок к группе экспертов.

Процедуру представим в виде системного сценария, в котором выделим уровни оценивания, связанные с привлечением мнений экспертов. На каждом уровне осуществляется оценка альтернативных вариантов развития авиационной техники и формирования ранжированного ряда вариантов, каждый из которых имеет свою оценку.

Пусть самый верхний уровень соответствует обоснованию потребности государства в развитии

АТ. Для обоснования потребности необходимо выяснить возможные государственные интересы, например, развитие высоких технологий, обеспечение пассажирских перевозок авиационным транспортом, занятость населения в высокотехнологической авиапромышленной сфере и т.д. Группа высокопоставленных государственных чиновников, которая включает научных работников, экономистов, руководителей крупных промышленных предприятий оценивает целесообразность развития авиации и авиационной промышленности на государственном уровне. Результатом является ранжированный ряд оценок направлений развития АТ (авиация: обычная, легкая, сверхлегкая и т.д.) по степени убывания значения оценок:

$$M_1^1, M_2^1, \dots, M_n^1,$$

где  $0 \leq M_i^1 \leq 10$ , если оценивание проводится в количественной шкале, где значения выбираются в интервале (0, 10) в виде целого числа, которое соответствует "весу" конкретного варианта;

$$\text{или } M_i = \begin{cases} \text{"целесообразно развивать"}; \\ \text{"нет уверенности в развитии"}; \\ \text{"сомнительно"}; \\ \text{"нецелесообразно развивать"}; \end{cases}$$

если оценивания проводятся в качественной шкале [3]. Возможна комбинированная оценка, включающая как количественное, так и качественное оценивание вариантов. В этом случае используются процедуры «фазификации» и «дезафазификации» [3]. Для окончательного выбора варианта привлекается лицо, принимающее окончательное решение (ЛПР). В данном случае это может быть самое ответственное лицо государства (например, президент). В результате для первого уровня получим отображение

$$M_1^1, M_2^1, \dots, M_n^1 \rightarrow M_*^1,$$

где  $M_*^1$  соответствует выбору окончательного варианта на первом уровне государственного обоснования развития АТ.

Оценим риск принимаемого решения на первом уровне с помощью группы экспертов в виде оценки

$\alpha_1$ . Тогда, вероятность правильного решения на государственном уровне

$$P_1 = 1 - \alpha_1.$$

Если задано пороговое значение  $P_1^n$ , то для перехода на следующий уровень сценария выбора и обоснования АТ необходимо:

$$P_1 \geq P_1^n.$$

В случае если  $P_1 < P_1^n$ , процедуру обоснования целесообразности развития АТ на государственном уровне необходимо повторить до тех пор, пока не получим  $P_1 \geq P_1^n$ .

На следующем (втором) уровне осуществляется выбор вида или комбинации видов (рис. 1) авиации (пассажирская авиация, транспортная авиация, военная авиация и т.д.). В результате оценивания получим ранжированный ряд оценок для выбора вида авиации:

$$M_1^2, M_2^2, \dots, M_m^2, M_{12}^2, M_{13}^2, \dots, M_{123}^2, M_{124}^2, \dots, M_{12\dots m}^2,$$

где  $M_i^2$  – оценка  $i$ -го вида авиации;  $M_{ij\dots k}^2$  – оценка комбинации видов авиации.

Для окончательного выбора варианта привлекается ЛПР на уровне ответственного лица в кабинете министров или министра промышленной политики. В результате получим отображение:

$$M_1^2, M_2^2, \dots, M_{1,2,\dots,m}^2 \rightarrow M_*^2,$$

где  $M_*^2$  соответствует выбору окончательного варианта на втором уровне обоснования вида авиации. Оценим риск принимаемого решения на втором уровне в виде  $\alpha_2$ . Тогда вероятность правильного выбора вида или комбинации видов авиации будет

$$P_2 = 1 - \alpha_2.$$

С учетом заданного порогового значения  $P_2^n$  необходимо, чтобы

$$P_2 \geq P_2^n.$$

Процедуру выбора для второго уровня необходимо повторить, если  $P_2 < P_2^n$ . Тогда вероятность

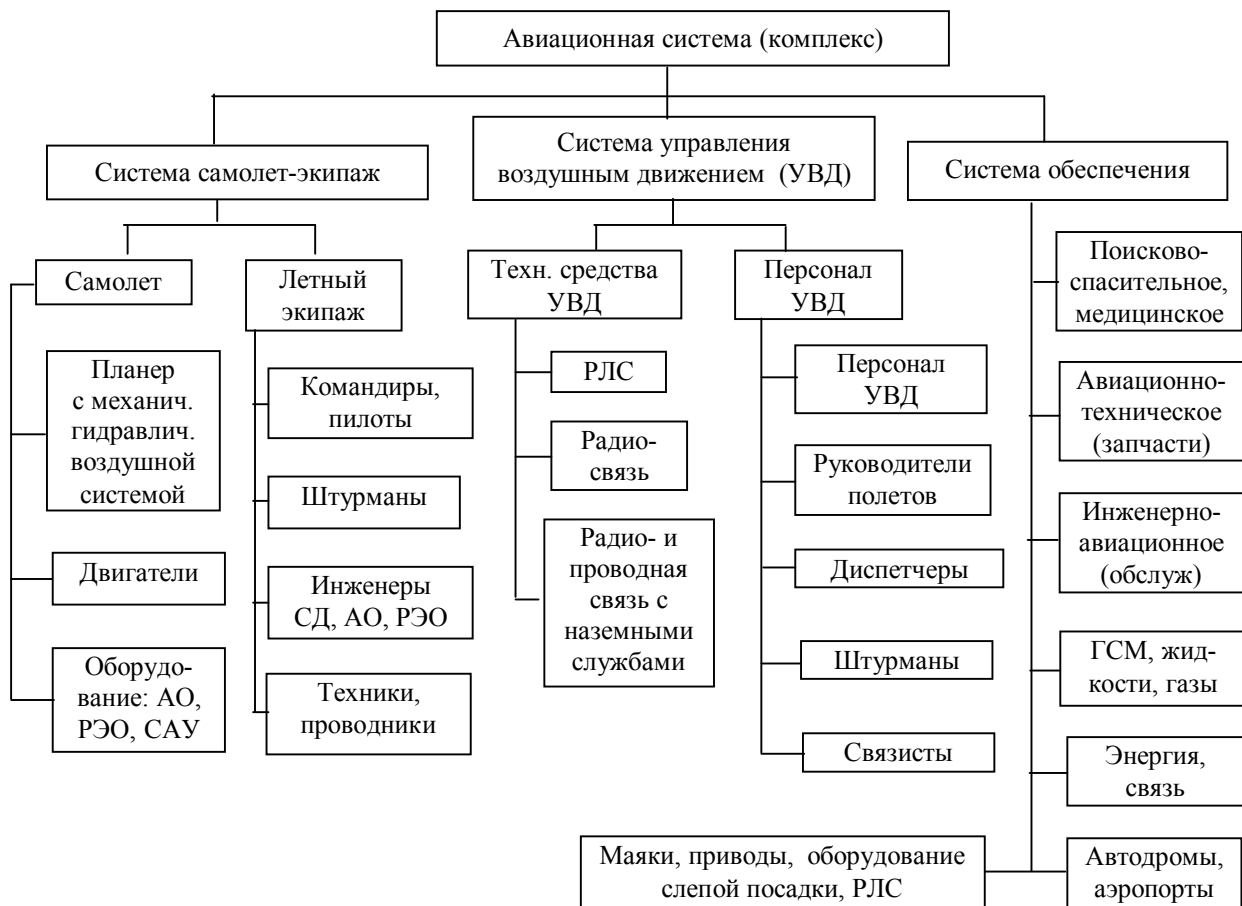


Рис. 1. Основное состояние авиационной техники

выбора правильного решения по развитию АТ с учетом первого и второго уровней

$$P_{12} = P_1 \cdot P_2.$$

С учетом заданного порогового значения  $P_{12}^n$ :

$$P_{12} \geq P_{12}^n.$$

На третьем уровне обоснования АТ необходимо рассмотреть и оценить целесообразность выпуска определенных типов АТ (самолет, вертолет, ...) или производить комбинацию типов авиации

$$M_1^3, M_2^3, \dots, M_i^3, M_{12}^3, \dots, M_{123}^3, \dots, M_{12\dots l}^3,$$

где  $M_i^3$  – оценка  $i$ -го типа авиации;  $M_{ij}^3$  – оценка комбинации типов авиации.

Для выбора варианта привлекается ЛПР на уровне министра авиационной промышленности (начальника департамента).

В результате получим отображение:

$$M_1^3, M_2^3, \dots, M_{12}^3, \dots, M_{123}^3, \dots, M_{12\dots l}^3 \rightarrow M_*^3,$$

где выбору окончательного типа (комбинации типов) авиации соответствует  $M_*^3$ .

С учетом риска принимаемого решения  $\alpha_3$ , вероятность правильного выбора типа (типов) авиации будет равна

$$P_3 = 1 - \alpha_3 \geq P_3^n.$$

Процедуру повторяем, если  $P_3 < P_3^n$ . Тогда, вероятность выбора правильного решения по развитию АТ с учетом 1, 2 и 3 уровней

$$P_{123} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 = P_{12} \cdot P_3 \geq P_{123}^n,$$

где  $P_{123}^n$  – заданное пороговое значение.

На четвертом уровне обоснования АТ необходимо рассмотреть и экономически оценить целесообразность развертывания в стране полного жизненного цикла (ЖЦ) АТ (рис. 2).

Начало жизненного цикла АТ состоит из разработки, включающей научно-исследовательскую ра-

НИР						
- потребности (необходимость)						
- возможности создания						
- виды и типы						
Достижения науки и техники						
Передовые материалы, технологии, элементы, приборы, оборудование, двигатели						
ЦАГИ, ЛИИ, ОКБ, ЦИАМ, НИИ ГА, НИИ ВВС, НИИ ЭРАТ						
ОКР						
Тех. предложение	Эскизный проект	Макет	Разработка конструкт. документации	Постройка опытных образцов	Испытания	
сырье			Заводы, фабрики		(летно-конструкторские), (летная доводка), заводские	(государственные), контрольные
Промышленные материалы			Технологии:		Учебн. заведения:	НИИ АТ ЦАГИ
Авиационные материалы: прокат, листы, метизы, Полуфабрикат. Комплектующие изделия			Материалы, инструмент, технолог. оснастка		Инженеры, технический, рабочий персонал	ЛИИ ОКБ ЦИАМ ВИАМ
			Самолетостроение		Надежность обслуживания	
			Двигателестроение			
			Приборостроение			
Производство						
Производство исходных авиационных материалов	Серийные заводы:		ВУЗы:		НИИ АТ	
Производство авиационных комплектующих изделий	Самолетостроительные, двигателей, приборов, САУ		ХАИ, НАУ, техникумы, профтехучилища		Организации, производства	
Производство авиадвигателей						
Эксплуатация						
НИИ ВВС НИИ ГА НИИ ЭРАТ ХАИ НАУ	Внешняя среда  (погода, птицы, зима, лето, день, ночь)			Другие транспортные системы (обслуживания)  ж/д авто авиа		

Рис. 2. Этапы жизненного цикла создания авиационной техники

боту (НИР) и опытно-конструкторскую разработку (ОКР) опытного образца АТ.

На стадии НИР необходимо создать следующую государственную инфраструктуру:

- научно-исследовательские институты (НИИ);

- опытно-конструкторские бюро (ОКБ);
- аэродинамический центр (институт).

НИИ и ОКБ должны заниматься исследованием и опытными разработками по следующим основам, составляющим АТ:

- материалы конструкции АТ;
- технологии производства АТ;
- приборное оборудование;
- двигатели.

Для создания опытных образцов АТ необходимо развернуть опытное производство. Для этого необходимо создать такую инфраструктуру ОКР:

- опытное производство;
- система летно-конструкторских испытаний;
- система государственных проверок (аттестация, тестирование).

На этом этапе необходимо решить вопрос о развертывании подготовки кадров в области создания АТ. Для этого необходимо создать авиационные специальности в образовании (колледжи, университеты), начиная от подготовки младшего технического персонала и заканчивая выпуском инженеров по производству и эксплуатации АТ. Кроме этого необходимо подготавливать персонал по обслуживанию парка АТ:

- аэродромное обслуживание;
- радиолокационное обслуживание;
- обслуживание авиационной техники.

Следующей крупной стадией ЖЦ АТ является серийное производство. В полном объеме оно включает:

- производство авиационных материалов;
- производство комплектующих изделий;
- производство радиоэлектроники (авионика);
- производство авиационных двигателей;
- сборочное производство (самолеты, вертолеты).

Кроме того, необходимо создать НИИ по организации и технологии производства АТ.

Следующей стадией ЖЦ АТ является эксплуатация. На этой стадии необходимо оценить создание государственной инфраструктуры в виде сети аэропортов, станций дальнего и ближнего сопровождения полетов самолетов и т.д.

Кроме того, необходимо создать НИИ по анализу эксплуатации и оценки ресурсов АТ. Далее необходимо развернуть сеть постпроизводственного об-

служивания для выполнения регламентных, ремонтных, контрольно-испытательных и др. работ, связанных с поддержанием безаварийного состояния АТ.

В зависимости от состояния экономики, развития науки и техники, состояния системы образования, уровня промышленного развития государство может развернуть или полный ЖЦ АТ или его часть. Поэтому возможны следующие варианты развертывания ЖЦ АТ:

$$M_{123}^4, M_{23}^4, M_3^4,$$

где  $M_{123}^4$  соответствует развертыванию полного ЖЦ АТ, включающего разработку (1), производство (2) и эксплуатацию (3);  $M_{23}^4$  соответствует частичному ЖЦ АТ, включающему производство (2) и эксплуатацию (3);  $M_3^4$  соответствует частичному ЖЦ АТ, включающему эксплуатацию (3).

Для оценки вариантов выбора ЖЦ АТ необходимо привлечь многочисленную группу экспертов, включающую:

- ученых в области создания конструкций АТ, материаловедов, ученых в области радиоэлектроники, ученых в области аэродинамики, ученых двигателейщиков;
- опытных конструкторов, технологов, организаторов производства;
- исследователей в области испытаний АТ;
- специалистов в области эксплуатации и проведения контрольно-испытательных и регламентных работ;
- маркетологов, экономистов и промышленных менеджеров.

Результатом оценивания будет выбор одного из вариантов ЖЦ АТ с помощью ЛПР на уровне руководителя авиационно-промышленного комплекса

$$M_{123}^4, M_{23}^4, M_3^4 \rightarrow M_*^4.$$

Задавая степень риска  $\alpha_4$  получим вероятность правильного выбора решения на четвертом уровне в виде

$$P_4 = 1 - \alpha_4.$$

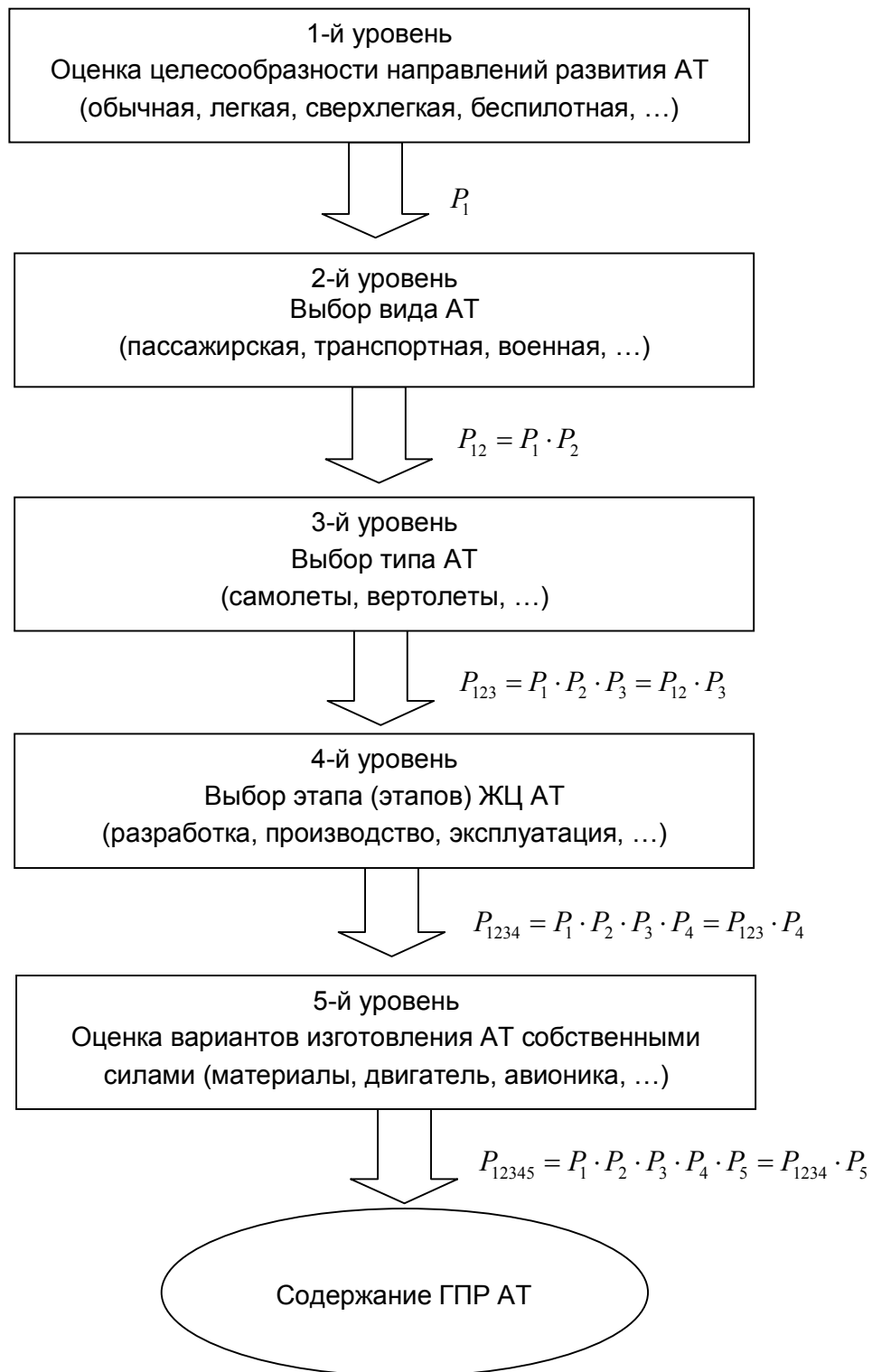


Рис. 3. Системный сценарий выбора направлений развития авиационной техники

Вероятность правильного выбора направления развития АТ с учетом первого, второго, третьего и четвертого уровней будет

$$P_{1234} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 = P_{123} \cdot P_4.$$

С учетом заданного порогового значения  $P_{1234}^n$ :

$$P_{1234} \geq P_{1234}^n.$$

На пятом уровне оцениваются возможности приобретения (за рубежом) и изготовления собственными силами компонентов АТ:

- материалов конструкции АТ;
- двигателей;
- радиоэлектроники (авионики).

Обозначим вероятность изготовления собственными силами материалов в виде  $P_1^5$ , двигателя –  $P_2^5$ , авионики –  $P_3^5$ .

Возможны следующие варианты создания компонентов АТ собственными силами:

$$M_1^5, M_{12}^5, M_{13}^5, M_{123}^5, M_2^5, M_{23}^5, M_3^5,$$

где  $M_1^5$  – в стране изготавливаются только материалы конструкции АТ;  $M_2^5$  – изготовление двигателя;  $M_3^5$  – изготовление авионики;  $M_{12}^5$  – изготовление материалов конструкции и двигателя;  $M_{13}^5$  – изготовление материалов конструкции и авионики;  $M_{123}^5$  – изготовление материалов конструкции, двигателей и авионики;  $M_{23}^5$  – изготовление двигателей и авионики.

Вероятности для каждого варианта создания компонент АТ:

$$\begin{aligned} P(M_1^5) &= P_1^5; & P(M_{12}^5) &= P_1^5 \cdot P_2^5 = P_{12}^5; \\ P(M_2^5) &= P_2^5; & P(M_{13}^5) &= P_1^5 \cdot P_3^5 = P_{13}^5; \\ P(M_3^5) &= P_3^5; & P(M_{23}^5) &= P_2^5 \cdot P_3^5 = P_{23}^5; \\ P(M_{123}^5) &= P_1^5 \cdot P_2^5 \cdot P_3^5 = P_{123}^5. \end{aligned}$$

ЛПР представляет собой опытного промышленного менеджера в области авиационной техники, который должен осуществлять выбор:

$$M_1^5, M_{12}^5, M_{13}^5, M_{123}^5, M_2^5, M_{23}^5, M_3^5 \rightarrow M_*^5.$$

Тогда вероятность выбора правильного решения по обоснованию создания авиационной техники с учетом первого, второго, третьего, четвертого и пятого уровней:

$$P_{12345} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 = P_{1234} \cdot P_5 \geq P_{AT},$$

где  $P_5 \in (P_1^5, P_2^5, P_3^5, P_{12}^5, P_{13}^5, P_{23}^5, P_{123}^5)$ ;  $P_{AT}$  – пороговое значение, заданное главным ЛПР.

На рис. 3 представлен системный сценарий процедуры обоснования и выбора направления развития АТ с учетом государственных интересов, экономической возможности и научно-технического потенциала государства.

## Выводы

Предложенный подход целесообразно реализовывать при создании сложных проектов и государственных программ развития новой техники, когда на начальных этапах производства формируются основные требования и необходимо привлечение опытных специалистов для участия в экспертных заключениях.

## Литература

1. Санжано Б.Х. Ранжирование альтернатив в задаче проектирования технических объектов // Методы и системы принятия решений. Системы поддержки процессов проектирования на основе знаний. – Рига: РПИ. – 1991. – С. 37 – 42.

2. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 302 с.

Поступила в редакцию 21.03.2005

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Чумаченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.