

УДК 629.735.083

## КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР НА ЭТАПЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕМОНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.М. САВВИНА, О.Г. ФЕОКТИСТОВА

В статье даны методологии принятия решений при проектировании технологических процессов ремонта авиационной техники. Представлена типовая схема принятия решений. Предлагаются основные направления исследования и оценки качества системы.

**Ключевые слова:** авиационная техника, ремонт, принятие решений.

В ряде работ [1; 2; 3; 4] показана необходимость разработки системы автоматизированного проектирования технологических процессов ремонта АТ как средство повышения эффективности АРП путем разработки соответствующих направлений, методов и рекомендаций при переходе к рыночной экономике.

При проектировании на основе САПР имеется возможность получить множество решений различных задач, т.е. решать задачи проектирования как оптимизационные (осуществлять структурную и параметрическую оптимизацию), как задачи формирования наиболее предпочтительных (компромиссных) решений.

Центральное место в оптимизационном проектировании занимает этап принятия, обоснования решения, оценки его качества, эффективности, т.е. выбора наилучшего варианта множества проектных решений, удовлетворяющих предъявляемым требованиям.

Задачей принятия решения называется кортеж [5]  $\alpha = \langle W, Q \rangle$ , где  $W$  – множество вариантов решения задачи;  $Q$  – принцип оптимальности, дающий представление о качестве вариантов, в простейшем случае правило предпочтения вариантов. В САПР встречаются три типа задач принятия решения:

- общая задача принятия решения, когда  $W$  и  $Q$  неизвестны;
- задача выбора, когда  $W$  и  $Q$  известны;
- задача оптимизации, когда  $W$  и  $Q$  известны.

Условие предпочтения в допустимой области множества решений определяется критерием эффективности или совершенства функцией ценности или качества объекта  $G$ , которые обобщенно характеризуют ценность данного объекта проектирования по ряду особо выделяемых его внешних и внутренних свойств, а также параметров функционирования ( $Y^*$ ,  $X^*$ ,  $Z^*$ ). В общем случае  $G \subseteq Y^*, X^*, Z^*$ .

Согласно методологии принятия решений [6; 7] каждой частной цели создания объекта проектирования ставится в соответствие один или несколько показателей эффективности (ПЭ), способных характеризовать степень достижения данной частной цели. Совокупность выбранных ПЭ образует свой набор, соответствующий по составу и иерархии набору выделенных частных целей создания данного объекта проектирования (ОП). Желательные свойства набора ПЭ: полнота, независимость, пригодность для формирования предпочтения (требования к ПЭ не должны быть представлены только в виде ограничений), операциональность (пригодность для анализа), разложимость, неизбыточность.

Критерии совершенства, при построении структуры которых используют как декомпозиционный, так и композиционный подход, являются важнейшим компонентом постановки задачи проектирования и выражают принципиальное отличие современного инженерного подхода от ремесленного.

В задачах проектирования свойства элементов множества  $W$  помогают находить решение, которое сформулировано в работе [8]. В этой работе было сказано, что если произвольное свой-

ство варианта  $w \in W$  выразить числом  $K = \{1, 2, \dots\}$ , т.е. предположить наличие отображения  $\varphi: W \rightarrow K$ , то такое свойство называется критерием, а число  $\varphi(W_i)$  – оценкой варианта  $W_i$  по критерию. Критериальным пространством считается пространство  $K_m$ , координаты точек которого – оценки по соответствующим критериям.

В качестве критериев могут выступать как ресурсные, так и обlikовые параметры ОП, например:

- функциональные и утилитарные свойства продуктов технологических процессов;
- свойства самого технологического процесса, характеризующие требования к структуре, физическому состоянию, химическому составу и т.д.;
- свойства предметов (материалов, полуфабрикатов), характеризующие требования к структуре, физическому состоянию, химическому составу и т.д.;
- свойства среды, в которой работает оборудование, реализующее технологический процесс.

Если при проектировании выделяется один параметр технического объекта, которому отдается предпочтение, как наиболее полно характеризующему его свойства, то этот параметр принимается за целевую функцию. Такой выбор целевой функции лежит в основе критериев оптимальности, называемых частными критериями. При оптимизации по частным критериям задача проектирования сводится к задаче оптимизации целевой функции при условии соблюдения ограничений. При этом одна часть параметров подпадает под категорию ограничений, а другая принимается такой, какой получается в результате оптимизации целевой функции. Задача проектирования сводится к однокритериальной задаче математического программирования – максимизировать (минимизировать) значение целевой функции  $F(X) \rightarrow \max (\min)$ .

Однако при проектировании сложных технических систем, характеризующихся многими параметрами, определяющими ее качество, нельзя ограничиваться сравнением одной характеристики, а необходимо принимать во внимание всю их совокупность, т.е. вести оптимизацию по нескольким критериям, решать задачу многокритериальной оптимизации. Задачи многокритериальной оптимизации характеризуются в общем случае:

- количеством критериев эффективности  $n_1$ , посредством которых оценивается проектное решение  $n_1 \geq 2$ , при этом имеется возможность обоснованного назначения весов критериев и ранжирования по степени важности;
- использованием для получения оценок как непрерывных, так и дискретных шкал; при этом число оценок на дискретных шкалах может быть неопределенно большим;
- множеством многокритериальных альтернатив, которое может быть конечным (выбор из перечисления) или содержать несчетное их число (область решений в пространстве состояний).

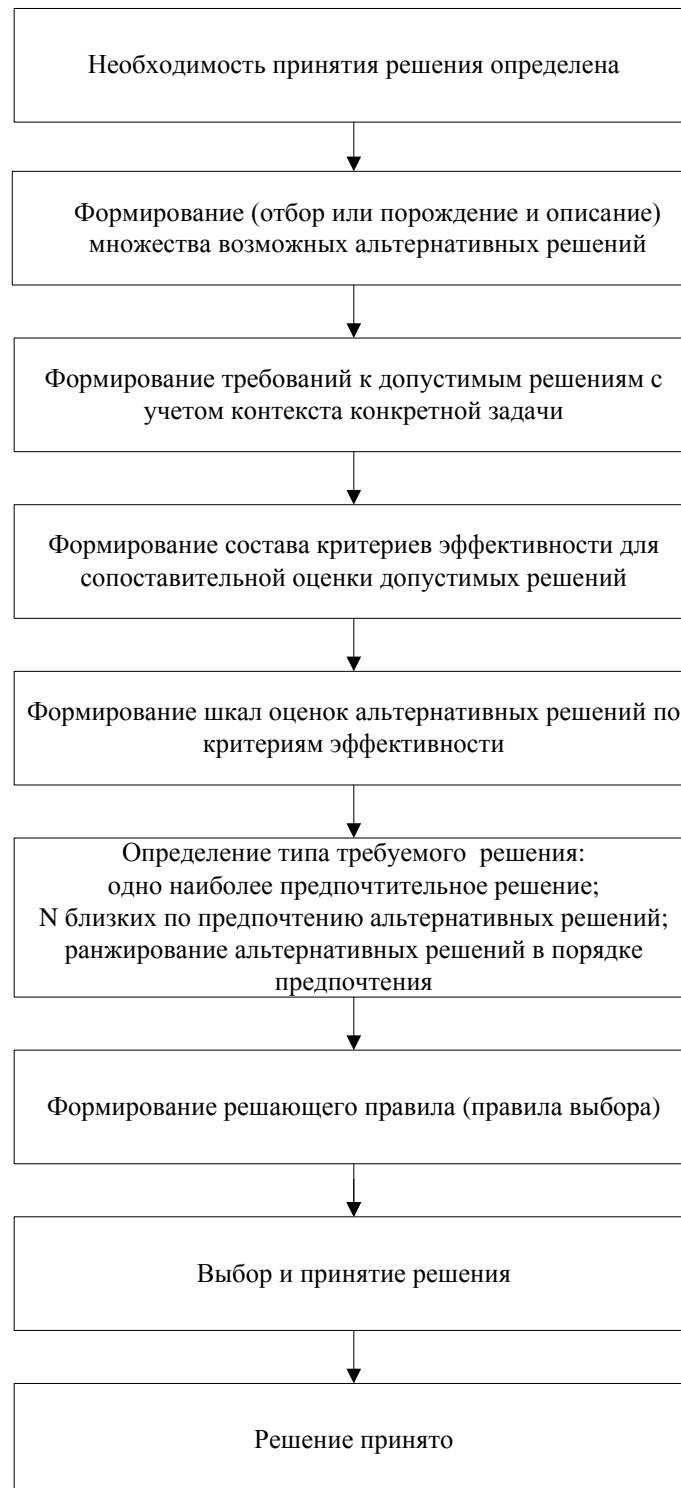
Все известные методы многокритериальной оптимизации непосредственно или косвенно сводят решение задачи к задаче скалярной оптимизации. Частные критерии  $F_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  тем или иным образом объединяются в составной критерий  $F(X) = \Phi(F_1(x), \dots, F_n(x))$ , который затем максимизируется или минимизируется. Если составной (обобщенный) критерий получается в результате проникновения в физическую суть функционирования системы, вскрывает объективно существующие взаимозависимости между частными критериями и обобщенными, то оптимальное решение является объективным.

В целом одной из главных трудностей при многокритериальном проектировании является формирование множества альтернативных вариантов решений на базе математического и информационного обеспечения САПР и принятие решения.

На основе методологии принятия многокритериальных решений [9] разработана и на рис. 1 представлена в виде описания набора выделяемых действий процессуальная составляющая типовой структуры процесса проектирования.

Особо подчеркнем, что в зависимости от целей проектирования и типа математической модели объектов проектирования могут задаваться различные целевые функции, поэтому в составе САПР должны быть библиотеки целевых функций и критериев. В литературе не обнаружено

сведений о конкретных реализациях таких библиотек в САПР машиностроительных отраслей. Вместе с тем одно- и многокритериальные подходы широко применяются при оценке как эффективности технологических процессов, так и конструкционных материалов.



**Рис. 1.** Типовая схема принятия решений

Системный подход к созданию и анализу сложных технических систем показывает, что для описания задач формализованных моделей недостаточно. Необходимы еще и неформальные описания, устанавливающие соответствие характеристик и параметров систем исходным требованиям.

Новая методология системного анализа появилась в ответ на потребности практики как альтернатива установившейся традиции. Ее смысл – объединение математических и неформальных методов анализа, строгих формализованных методов с экспериментом, эвристическими приемами, суждениями экспертов.

Сущность экспертизы как научного метода заключается в рациональной организации проведения экспертами анализа проблемы с количественной оценкой суждений и обработкой результатов. Обобщенное мнение группы экспертов принимается как решение проблемы. Все многообразие решаемых экспертами задач сводится к двум типам: системный анализ проектного решения и параметрический анализ [10].

Исследование и оценка качества системы проводятся по двум основным направлениям. Первое направление – оценка качества проектного предложения системы и сравнение альтернативных вариантов с целью выбора наилучшего. Второе направление оценки качества – сертификация системы.

Одним из важнейших моментов, который определяет качество экспертизы, является формирование системы критериев. На основе системы критериев производится оценка качества конкурентоспособных проектных предложений представленной системы. От выбранного метода экспертной оценки, от формы опроса экспертов и метода обработки результатов опроса зависят экспертизы.

Общим требованием к системе критериев-показателей является то, что оценка качества по своей сути была комплексной и системной. Такую систему целесообразно представлять в виде некоторой иерархии, в вершине которой находится обобщающий показатель качества изделия. Второй уровень образуют комплексные показатели.

Задача формирования системы критериев-показателей может быть решена экспертным методом. На основании экспертных оценок о важности тех или иных показателей качества технической системы делается вывод о целесообразности включения их в систему критериев оценки альтернативных проектных предложений.

Целевое качество отражает основное целевое предназначение системы, ради которого создается рассматриваемый объект. Эту составляющую качества обычно называют целевой (или функциональной) эффективностью. Целевая эффективность представляет собой зависимость между свойствами проектируемого объекта и результатом его функционирования. Множество различных целевых задач, различные условия применения затрудняют возможность применения единого измерителя для оценки целевого качества различных технических систем.

Качество сервиса выполнения целевой задачи отражает обеспечивающую сторону выполнения основной целевой функции, т.е. приспособленность объекта к выполнению целевого предназначения. Очевидно, что одну и ту же целевую задачу можно выполнять с различным уровнем безопасности, надежности и т.д.

Сервисное качество связано со многими параметрами системы. Для каждого типа системы перечень параметров свой. В том числе это могут быть такие параметры, как экологическая эффективность технологических процессов ремонта авиационной техники и др. [11].

В силу процессов, связанных с различными климатическими изменениями, при определении целевых задач на этапе принятий решений при проектировании ремонтных технологий необходимо учитывать экологические требования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Макин Ю.Н.** Основы общей теории авиаремонтного производства: учеб. пособие. - М.: МГТУ ГА, 2004.

2. **Макин Ю.Н.** Об историческом приоритете МГТУ ГА в разработке общей теории авиаремонтного производства // Научный Вестник МГТУ ГА, серия История, философия, социология. - 2008. - № 129. - С. 30 - 36.
3. **Макин Ю.Н.** Моделирование технологических процессов восстановления изделий с целью выявления резервов повышения эффективности авиаремонтного производства // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов. - 2001. - № 35. - С. 100 - 107.
4. **Саввина А.М.** Моделирование «качества» в автоматизированных системах управления проектированием ремонта // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2012. - № 183. - С. 11 - 15.
5. **Ступаченко А.А.** САПР технологических операций. - Л.: Машиностроение, 1988.
6. **Кини Р.Л., Райфа Х.** Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения / пер. с англ. / под ред. И.Ф. Шахнова. - М.: Радио и связь, 1981.
7. **Ларичев О.И.** Наука и искусство принятия решений. - М.: Наука, 1979.
8. **Аверченков В.И.** Автоматизация проектирования технологических процессов: учеб. пособие для вузов. - М.: ФЛИНТА, 2011.
9. **Ларичев О.И.** Принятие решения как научное направление; методические проблемы // Системные исследования. Методические проблемы. Ежегодник. - 1982. - С. 227-234.
10. **Голубев И.С., Парафесь С.Г.** Экспертиза проектов летательных аппаратов: учеб. пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1996.
11. **Феоктистова О.Г.** Теоретические основы повышения эффективности управления системой экологической безопасности при техническом обслуживании и ремонте авиационной техники: дис. ... д-ра техн. наук. - М.: МГТУ ГА, 2009.

## CRITERION CHOICE FOR DECISION-MAKING STAGE IN THE DESIGN OF REPAIR TECHNOLOGIES

**Savvina A.M., Feoktistova O.G.**

The article provides methodologies of decision-making when the designing the process of aviation equipment. Repair the standard diagram of decision making is presented. The basic directions of research and estimation of the system quality are offered.

**Key words:** aviation equipment, repair, decision making.

### Сведения об авторах

**Саввина Анна Михайловна**, окончила МГТУ ГА (2011), аспирантка МГТУ ГА, автор 19 научных работ, область научных интересов – моделирование и алгоритмирование технологических и производственных процессов ремонта авиационной техники.

**Феоктистова Оксана Геннадьевна**, окончила МИИГА (1988), академик Академии авиации и воздухоплавания, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, автор более 100 научных работ, область научных интересов – инженерная экология, экологическая безопасность технологических процессов ремонта АТ, математическое моделирование в экологии, экологические последствия аварий (катастроф).