

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

С. Д. БЕШЕЛЕВ, И. В. КАРПОВА

(Москва)

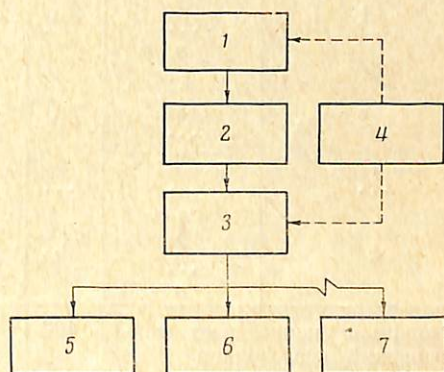
Развитие экспериментальной базы научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций является важным фактором прогресса науки и техники. Экспериментальные установки должны создаваться заблаговременно для изделий, которые будут изготавливаться через 5—10 лет. Роль таких установок заключается не только в получении данных для производства новых изделий, но и в проверке теории, получении качественно новой информации. Существенное влияние на их выбор оказывают финансовые ограничения.

Сложность и новизна исследовательских и технических задач ограничивает возможность выбора лишь на основе экстраполяции сложившихся тенденций развития экспериментальной базы. Ограничения на пути полной формализации этой процедуры не исключают возможности формализации подготовки исходной информации, анализа и сопоставления разнородных факторов с помощью методов экспертных оценок. Методы экспертных оценок в ряде случаев позволяют объединить технико-экономические оценки параметров перспективной техники и суждения ученых и специалистов. Эти методы уменьшают влияние психологических факторов, снижающих эффективность принятия решений.

Эффективность экспертных методов во многом зависит от учета взаимосвязей и тенденций научно-технического развития и возможности разработки логически обоснованных вопросников и анкет, допускающих единственное толкование и позволяющих эксперту выразить свое суждение в количественной форме.

В данной статье рассматривается опробованный метод выбора экспериментальных установок с помощью экспертных оценок. Взаимосвязь факторов, определяющих выбор, показана на рисунке.

Работа по формированию, сбору и математической обработке информации состоит из пяти этапов. На первом специально созданная комиссия из ведущих специалистов разработала анкеты, включающие перечень вопросов по видам перспективной техники, направлениям исследований и перспективным экспериментальным установкам. Анкеты были разосланы широкому кругу специалистов в данной области для дополнения и уточнения. С помощью этой же комиссии был осуществлен выбор экспертов из числа наиболее квалифицированных работников. На втором этапе экспертам было предложено заполнить матрицы (табл. 1, 2, 3). В матрице 1 предлагалось оценить относительную важность перспективной техники, разработка которой требует создания экспериментальных установок при условии, что суммарная оценка всех видов техники равна 1, а каждый из них должен составлять определенную долю единицы (два знака после запятой) в зависимости от его относительной важности. В матрице 2



Взаимосвязь факторов, определяющих выбор экспериментальных установок: 1 — перспективная техника; 2 — основные направления исследований; 3 — экспериментальные установки; 4 — бюджетные ограничения; 5 — альтернативный вариант № 1; 6 — альтернативный вариант № 2; 7 — альтернативный вариант 3

Экспериментальные установки u	Эксперты u	Основные направления исследования j				Суммарная оценка установки	
		1	2	...	k	C	$C_{\text{скор}}$
1	1 2 ... n	$\bar{C}_{11}$	$\bar{C}_{12}$	...	$\bar{C}_{1k}$	C_1	$C_1^{\text{скор}}$
2	1 2 ... n	$\bar{C}_{21}$	$\bar{C}_{22}$	...	$\bar{C}_{2k}$	C_2	$C_2^{\text{скор}}$
...	...	...	...	...	...	...	...
m	1 2 ... n	$\bar{C}_{m1}$	$\bar{C}_{m2}$	...	$\bar{C}_{mk}$	C_m	$C_m^{\text{скор}}$

Таблица 4

Критерии выбора

Группы критериев <i>p</i>	Критерии <i>f</i>	Определение критерия
1) Эксплуатационные	Соответствие	Вероятность обеспечения запроектированных выходных параметров при эксплуатации установки.
	Надежность	Вероятность обеспечения безотказной работы при сохранении первоначальных технических характеристик в течение определенного времени.
	Отдача	Объем информации, полученной за календарный период.
2) Экономические	Стоимость	Затраты на создание установки.
	Расходы	Планируемые расходы на исследование и разработку установки.
	Экономическая эффективность эксплуатации	Отношение объема информации к эксплуатационным затратам на ее получение за определенный календарный период эксплуатации.
3) Технический успех	Техническая осуществимость	Вероятность создания установки с заданными характеристиками к требуемому сроку.
	Развитие	Вероятность дальнейшего улучшения технических характеристик установки.
	Чувствительность	Степень изменения выходных параметров при изменении входа.

нужно было дать оценку основным направлениям исследований в зависимости от их важности для того или иного вида техники при условии, что сумма всех оценок для каждого вида техники равна 100.

В матрице 3 надо было дать оценку важности основных экспериментальных установок с точки зрения обеспечения каждого из направлений научных исследований. Если экспериментальная установка имела принципиально важное значение, ей присваивался балл 2, если она была необходима, но не имела важного значения — балл 1, если была не нужна — балл 0.

На третьем этапе после заполнения матриц 1, 2, 3 производилась математическая обработка полученных данных и выявлялась взаимосвязь между матрицами.

Рассмотрим некоторые особенности этого этапа. Метод обработки информации основан на том, что количественная оценка каждого фактора рассматривается как случайная величина, вероятность распределения которой может быть найдена. В этом случае последовательность оценок экспертов рассматривается как некоторая выборка из генеральной совокупности, по которой может быть найдено распределение этой генеральной совокупности. В результате обработки данных матриц 1, 2 для каждого фактора определялось соответствие эмпирического распределения оценок нормальному.

По данным матрицы 1 получены суммарные оценки относительной важности каждого вида новой техники. Так, суммарная оценка $\bar{A}_i$ для i -го вида техники, присвоенная n экспертами, определяется как средняя арифметическая оценок A_{ui}

$$\bar{A}_i = \frac{\sum_{u=1}^n A_{ui}}{n}.$$

Таким образом, обработка данных матрицы 1 позволяет установить относительную важность каждого вида перспективной техники.

В соответствии со схемой взаимосвязей между этапами (см. рисунок) оценки, которые дали эксперты основным направлениям исследований в матрице 2, корректируются с учетом оценок важности каждого вида новой техники. Так, если $\bar{A}_i$ — оценка важности i -го вида техники, а $\bar{B}_j$ — оценка важности j -го направления иссле-

дования для i -го вида техники, то скорректированная оценка $B_j^{\text{снор}}$ важности j -го

направления исследования по i -м видам техники: $B_j^{\text{снор}} = \sum_{i=1}^a (\bar{B}_{ji} \bar{A}_i)$.

Выбор экспериментальных установок определяется их важностью для перспективной техники и основных направлений исследований, поэтому оценки матрицы 3 корректируются с учетом скорректированных оценок матрицы 2. Так, если оценка y -й экспериментальной установки для j -го направления исследования C_{yj} , то скорректированная оценка важности экспериментальной установки по k направлениям исследований:

Таблица 5

Оценка групп критериев по вариантам

Группы критериев	Вариант установки			
	1	2	...	e
1	D_{11}	D_{12}	...	D_{1e}
2	D_{21}	D_{22}	...	D_{2e}
...	...	...	...	...
p	D_{p1}	D_{p2}	...	D_{pe}
Суммарная оценка	1	1	...	1

$$C_y^{\text{снор}} = \sum_{j=1}^k (C_{yj} B_j^{\text{снор}}).$$

Зная ориентировочную стоимость каждой экспериментальной установки и оценивая предполагаемые бюджетные ограничения на перспективный период, можно выбрать из перечня установок наиболее предпочтительные, т. е. такие, которые получили наибольшую скорректированную оценку и могут быть созданы с учетом имеющихся финансовых возможностей.

На четвертом этапе осуществляется выбор вариантов исполнения перспективных установок. Были определены технико-экономические

критерии эффективности их создания и применения, которые подразделены на три группы: 1) эксплуатационные: соответствие, надежность, отдача; 2) экономические: стоимость, расходы, экономическая эффективность эксплуатации; 3) технический успех: техническая осуществимость, развитие, чувствительность.

В табл. 4 представлены критерии выбора и их определение. Суммарная оценка эффективности рассматриваемых вариантов технического исполнения базируется на комплексе технико-экономических критериев. При определении количественных оценок R_i по каждому из f критериев должны быть максимально использованы статистические данные. При суммировании по каждому критерию можно применять относительные величины. Это позволяет установить примерные границы эффективности вариантов. Вначале проводилась оценка p групп критериев по e вариантам так, чтобы сумма оценок «весов» всех групп критериев была равна единице (табл. 5). Определение относительного значения каждого из f критериев производилось с помощью экспертных оценок. Значение каждого критерия S_{fe} (матрица 2, табл. 6) определялось

Таблица 6

Абсолютные значения (матрица 1), относительные (матрица 2) и относительные взвешенные (матрица 3) оценки критериев

Критерии	Матрица 1				Матрица 2				Матрица 3			
	Варианты установок				Варианты установок				Варианты установок			
	1	2	...	e	1	2	...	e	1	2	...	e
1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1e}	S_{11}	S_{12}	...	S_{1e}	S'_{11}	S'_{12}	...	S'_{1e}
2	R_{21}	R_{22}	...	R_{2e}	S_{21}	S_{22}	...	S_{2e}	S'_{21}	S'_{22}	...	S'_{2e}
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
f	R_{f1}	R_{f2}	...	R_{fe}	S_{f1}	S_{f2}	...	S_{fe}	S'_{f1}	S'_{f2}	...	S'_{fe}
Суммарная оценка	—	—	...	—	100	100	...	100	S'_1	S'_2	...	S'_e

как средневзвешенная оценка, исчисляемая перемножением «веса» D_{pe} каждой группы критериев на оценку в баллах, установленную экспертами для каждого из f критериев. Суммарное количество баллов всех критериев было принято равным 100.

Пятый этап выбора варианта установок заключается в математической обработке оценок и принятии решения о выборе. Для сопоставления вариантов по критериям абсолютные величины критериев R_{fe} (матрица 1, табл. 6) приводились к относительным взвешенным оценкам S_{fe}' (матрица 3, табл. 6). «Взвешивание» значений критериев производилось методом линейной интерполяции. Варианту, имеющему наибольшую абсолютную величину критерия $(R_{fe})^{\max}$, присваивалась оценка, равная значению критерия S_{fe}' (матрица 2, табл. 6); варианту с наименьшей абсолютной величиной критерия присваивалась оценка, равная 0.

Взвешенные оценки S_{fe}' для остальных вариантов определялись путем линейной интерполяции между наибольшей и наименьшей оценками критерия f

$$S_{fe}' = \frac{(S_{fe})_{(R_{fe})^{\max}}}{(R_{fe})^{\max}} R_{fe}.$$

Рассмотрим в качестве примера критерий «надежность». Допустим, что абсолютные величины его: $R_{21} = 0,98$, $R_{22} = 0,9$, $R_{2e} = 0,95$, а значения критерия: $S_{21} = 50$, $S_{22} = 55$, $S_{2e} = 45$. Тогда относительные взвешенные оценки S_{fj}' : $S_{21}' = 50$, $S_{22}' = 0$, $S_{2e}' = \frac{50}{0,98} \cdot 0,95 = 48,5$. Оценки S_{fe}' проверялись на чувствительность, под кото-

рой понимается степень изменения результатов в зависимости от исходных данных. Рассматривались технические характеристики, стоимостные величины и дополнительные ограничения. Диапазон отклонений конечных результатов в зависимости от изменений на входе характеризует обоснованность расчетов; высокая степень чувствительности на выходе при малых изменениях на входе говорит о неустойчивости модели оценок. На основании анализа чувствительности оценок, полученных каждым из вариантов, принималось решение о выборе наиболее предпочтительной экспериментальной установки.

Методика обеспечивает комплексную технико-экономическую оценку основных факторов, оказывающих влияние на создание и эксплуатацию перспективных систем. Хотя некоторые из этих факторов трудно поддаются формализации и окончательное решение о выборе должно быть основано на ряде соображений качественного и интуитивного порядка, количественный анализ служит предпосылкой для принятия обоснованного решения. Рассмотренная методика может быть использована также и при решении некоторых других проблем развития науки и техники.

Поступила в редакцию
11 II 1971