

Г. Г. АЗГАЛЬДОВ

**ТЕОРИЯ
И ПРАКТИКА
ОЦЕНКИ
КАЧЕСТВА
ТОВАРОВ**

(ОСНОВЫ КВАЛИМЕТРИИ)



МОСКВА — ЭКОНОМИКА 1982

<http://www.qualimetry.ru>

ББК 65.9 (2)421.5
А35

Рецензент канд. техн. наук
А. И. Субетто

Азгальдов Г. Г.
А35 Теория и практика оценки качества товаров
(основы квалиметрии). — М.: Экономика, 1982. —
256 с.

На основе последних достижений науки об оценке качества — квалиметрии в работе изложены теоретические основы и практика применения различных методов оценки качества товаров народного потребления.

Для научных работников, преподавателей учебных заведений, а также практических работников, занимающихся вопросами оценки качества товаров.

А $\frac{3503000000-098}{011 (01) -82}$ 108—81.

ББК 65.9 (2) 421.5
6П9.87

© Издательство «Экономика», 1982

Существуют так называемые частотные словари, в которых слова располагаются не в порядке алфавита, а по частоте их использования. И будь такой словарь составлен для экономических терминов, одно из первых мест в нем, несомненно, заняло бы слово «качество».

И в этом нет ничего удивительного, ибо одной из главных проблем дальнейшего прогресса советского общества, ускорения перевода экономики на путь интенсивного развития является проблема повышения качества. Она охватывает все стороны хозяйственной деятельности. Высокое качество — это сбережение труда и материальных ресурсов, рост экспортных возможностей, а в конечном счете лучшее, более полное удовлетворение потребностей общества. Вот почему в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» записано: «Значительно повысить качество всех видов выпускаемой продукции, расширять и обновлять ассортимент изделий в соответствии с современными требованиями развития народного хозяйства и научно-технического прогресса, а также растущими потребностями населения. Неуклонно увеличивать удельный вес продукции высшей категории качества в общем объеме ее выпуска. Активно внедрять комплексные системы управления качеством продукции» [17, с. 141].

Наиболее целесообразный путь повышения качества — управление им, т. е. повышение качества в заданных размерах и в заданные сроки. Но совершенно очевидно, для того чтобы планировать, контролировать и стимулировать повышение качества (иначе говоря — управлять таким повышением), необходимо прежде всего надежно оценивать качество, причем оценивать по совокупности всех характеризующих его свойств. Это значит, необходимо иметь достаточно полную и надежную информацию о качестве. Ибо, как отмечал еще К. Маркс, «чтобы дей-

ствовать с какими-либо шансами на успех, надо знать тот материал, на который предстоит воздействовать» [1, с. 195].

Однако, кроме полноты и надежности, информация о качестве должна обладать еще одним важным свойством — она должна иметь количественную форму выражения, как наиболее удобную для использования в современных системах управления. Поэтому во всех индустриально развитых странах мира (и, естественно, в СССР) комплексные оценки качества находят все более широкое применение. Вот почему последние 10—12 лет происходит процесс становления квалиметрии — новой научной дисциплины, изучающей методологию и проблематику разработки комплексных количественных оценок качества¹ самых различных объектов — предметов и (или) процессов.

За прошедшие годы в ходе развития квалиметрии получено много новых научных результатов, но большая часть из них, будучи рассеяна по различным малотиражным изданиям, остается практически недоступной для широких кругов читателей, интересующихся вопросами оценки качества. Поэтому цель, которая ставилась при написании данной книги, — дать систематизированное и достаточно полное представление о сегодняшнем уровне развития теории и практики оценки качества (и прежде всего качества товаров).

Здесь нужно дать два пояснения. Первое. Говоря о практике оценки качества, автор имеет в виду не столько конкретные нормативные или руководящие документы в области квалиметрии (типа «Методических указаний...», «Основных положений...» и т. д.), сколько рекомендации, основанные на изложенных в данной книге теоретических положениях и представленных в форме, удобной для практического применения, например в виде укрупненной блок-схемы алгоритма разработки методики оценки качества (такой алгоритм описан в третьем разделе книги).

Второе. Качество готовой продукции определяется двумя факторами: качеством разработки (качеством проекта, по которому выпускается продукция) и качеством создания продукции (т. е. соответствием выполненных

¹ В дальнейшем, если это специально не оговорено, вместо термина «комплексная количественная оценка качества» будет использоваться более простой термин «оценка качества».

при изготовлении продукции технологических операций проекту, нормам, техническим условиям и т. д.). Между тем нельзя сказать, что в реальных условиях разработки и функционирования систем управления качеством обоим этим факторам уделяется равное внимание. На сегодняшней стадии разработки таких систем и у нас в стране, и за рубежом, говоря об управлении качеством, прежде всего имеют в виду качество работы, создания продукции (а не качество разработки). И для этого имеются веские причины.

Прежде всего причина экономического характера. Повысить качество работы — это значит уменьшить дополнительные затраты, возникающие в связи с выпуском бракованной продукции. А размер этих затрат, если взять, допустим, такую типичную индустриально развитую страну, как США, составляет ежегодно около 5 % стоимости валового национального продукта, или 40 млрд. долларов. Поэтому-то в США с самого начала появления концепции управления качеством (это начало обычно относят к 1924 г., когда Шоухарт из компании «Белл телефон лэбраториз» впервые широко применил статистические контрольные карты для технологических операций) и до разработки и внедрения в 1961 г. концепции системного подхода к управлению качеством продукции (впервые в компании «Дженерал электрик») основной упор делался именно на мероприятия, связанные с управлением качеством работы, т. е. с предотвращением брака [48, с. 8, 230].

Но было и еще одно обстоятельство, вынуждавшее уделять меньше внимания вопросам управления качеством разработок (проектов). Составным элементом любой системы управления качеством является подсистема оценки качества. (Не имея таких оценок просто бессмысленно говорить об управлении.) Но обеспечение приемлемых по точности и надежности оценок качества проекта до недавнего времени было делом теоретически мало обоснованным, а практически очень трудоемким. И только после развития научных исследований в области квалиметрии начали появляться реальные предпосылки для такого же действенного функционирования подсистем управления качеством проектов, как и подсистем управления качеством работы.

Что касается разработки проблемы оценки качества проектов в экономической литературе, то пока она не

получила должного освещения. Именно по этой причине основное внимание в данной книге уделено качеству проектов (принимая при этом условное допущение, что качество работы высокое, и вследствие этого качество готового товара определяется только качеством проекта).

Кроме отмеченных, в книге есть еще одна особенность, связанная с используемой терминологией. В области оценки качества продукции проводится большая и очень полезная работа по стандартизации терминологии. Начало ей было положено выпуском двух основополагающих стандартов — ГОСТ 15467—70 и ГОСТ 16431—70. Затем в порядке совершенствования терминологии взамен этих нормативных документов был выпущен новый ГОСТ 15467—79, в котором некоторые термины были заменены, а применительно к другим уточнены определения. Бесспорно, что терминология последнего ГОСТа является более совершенной. Однако и ей присущи некоторые недостатки (они будут разобраны в главе 3). Учитывая это, а также принимая во внимание то обстоятельство, что для научных книг применение установленной стандартом терминологии не является обязательным, в тексте в двух ситуациях использованы не предусмотренные ГОСТом термины: а) когда в результате специально проведенного анализа установлено, что какой-либо из гостированных терминов целесообразно заменить другим (это касается 6 из 67 включенных в ГОСТ 15467—79 терминов); б) когда в стандарте отсутствуют понятия, введение которых диктуется логикой развития теории оценки качества.

Все основные ее положения проиллюстрированы на примерах оценки качества товаров. Но поскольку квалиметрия имеет дело не только с товарами, все излагаемые выводы и рекомендации можно использовать в задачах оценки качества более широкого класса объектов (предметов или процессов).

Основные обозначения

- $A = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ — множество конечное
 $A = \{x_1, x_2, \dots\}$ — множество бесконечное
 $|A|$ — мощность (количество элементов) множества A
 \emptyset — пустое множество
 $x \in A$ — x есть элемент множества A

$x \notin A$ — x не есть элемент множества A
 $\exists x \in A$ — существует x из множества A
 $\forall x \in A$ — для всякого x из множества A
 $\{x | f(x)\}$ или $\{x : f(x)\}$ — множество всех тех и только тех x , для которых выполнено $f(x)$

$\alpha \leftrightarrow \beta$ — α эквивалентно β (так же знак \rightleftarrows)

$x \wedge y$ — x и y

$x \vee y$ — x или y

$\alpha \rightarrow \beta$ — из α следует β (или α стремится к β)

$\alpha \nrightarrow \beta$ — из α не следует β

$f(x) \Leftrightarrow \Phi(y)$ — $f(x)$ выполняется тогда и только тогда, когда выполняется $\Phi(y)$

$A \cup B = \{x | x \in A \vee x \in B\}$

$A \cap B = \{x | x \in A \wedge x \in B\}$

$A \subseteq B$ — $x \in A \rightarrow x \in B$

$A \subset B$ — $A \subseteq B$, но $A \neq B$

$A \not\subseteq B$ — неверно, что $A \subseteq B$

$A \not\subset B$ — неверно, что $A \subset B$

$[x, y]$ — замкнутый интервал с концами x и y

(x, y) — открытый интервал с концами x и y

$A - B = \{x | x \in A \wedge x \notin B\}$
 $\neg x$ (или \bar{x}) — неверно, что x (или не x)
 $] —$ пусть

$a \triangleq b$ — a равно по определению b

$\overset{\circ}{A}$ — величина

$\overset{\bullet}{A}_{\text{бм}}$ — бесконечно малая величина

$\overset{\circ}{A}_{\text{сл}}$ — случайная величина

$\overrightarrow{\text{ар}}_{\text{ха}} b$ — a характеризует b

$\overrightarrow{\text{ар}}_{\text{хо}} b$ — a хочет (предпочитает), чтобы выполнялось b

$\overrightarrow{\text{ар}}_{\text{об}} b$ — a обладает признаком (свойством) b

i — индекс для показателей свойств

I — индексное множество $I =$

$= \{i | i = \overline{1, n}\}$

j — индекс для объектов или экспе-
ртов

$\alpha \Rightarrow \beta$ — α ведет к β

t — индекс для моментов времени

r — индекс для разрядов (значений)
показателей свойств

$\operatorname{sgn} x$ — сигнум-функция от x , такая,

$$\text{что } \operatorname{sgn} x = \begin{cases} 1 & \text{при } x \neq 0 \\ 0 & \text{при } x = 0 \end{cases}$$

$a \asymp b$ (или $a \nasymp b$) — a равно (не равно) b , причем
 a и b — объекты, не являю-
щиеся числами

$(a, b) \vdash c$ — из посылок a и b следует
утверждение c

$f \nearrow$ — монотонно возрастающая функ-
ция

$f \uparrow$ — монотонно невозрастающая
функция

$f \searrow$ — монотонно убывающая функ-
ция

$f \downarrow$ — монотонно неубывающая функ-
ция

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ КВАЛИМЕТРИИ

1. СУЩНОСТЬ КВАЛИМЕТРИИ

1.1. Правомерность возникновения квалиметрии

Специалисты, занимающиеся квалиметрией, могут упрекнуть автора: зачем, когда прошло больше 10 лет с момента зарождения квалиметрии, снова рассматривать вопрос о необходимости количественной формы выражения качества? Нам нужна не агитация за измерение качества, скажут они, а ключ к нерешенным проблемам такого измерения.

Но эту книгу, вероятно, будут читать не одни только специалисты по квалиметрии, а и те, которые относятся к гораздо более многочисленной категории работников, сталкивающихся с проблемой качества. Опыт же показывает, что среди них не так уж и редко встречается непонимание закономерной обусловленности появления и все более широкого применения количественных оценок качества. Учитывая, что подобное непонимание в значительной мере вызвано отсутствием необходимой информации, автор и ставит своей задачей дать в первом параграфе такую информацию в достаточно краткой, но систематизированной форме.

Какие же факторы предопределили необходимость появления количественных оценок качества? Рассмотрим основные из этих факторов.

Внедрение систем управления качеством. В последние годы у нас в стране разрабатываются и внедряются государственные, ведомственные, территориальные, заводские системы управления качеством промышленной продукции. В каждую из таких систем обязательно включается подсистема оценки качества, поскольку, для того чтобы управлять каким-либо объектом, т. е. целенаправленно изменять его (в данном случае — управлять качеством),

необходимо иметь возможность судить об этих изменениях, оценивать качество как в начале процесса управления, так и в его конце. В связи с этим в работе [21], посвященной обоснованию основных принципов построения систем управления качеством, показано, что оценки качества являются важнейшим элементом таких систем и что без них невозможно нормальное функционирование ни самих систем, ни их многочисленных подсистем.

Появление автоматизированных систем управления качеством продукции. Во многих странах интенсивно разрабатываются и внедряются различные системы автоматизированного (и даже автоматического) проектирования. Так, за рубежом на основе ЭВМ уже созданы специальные комплексы по проектированию пока еще не очень сложных объектов (например, строительных.) Исследования по созданию подобных комплексов проводятся и в СССР. Самое главное в этих системах проектирования — выдача оптимального, т. е. самого лучшего с точки зрения выбранного критерия, решения. В этом случае система автоматизированного проектирования становится по существу системой автоматизированного управления качеством. Естественно, что для этого нужно уметь в количественной форме выразить критерий оптимальности проекта, т. е. определить значение показателя его качества.

Общая тенденция технического прогресса предполагает все большее внедрение методов оптимального автоматизированного и автоматического проектирования в самые различные отрасли материального производства. И одна из главных предпосылок для широкого их распространения — разработка методов количественного выражения качества самых разнообразных продуктов труда.

Стремление уменьшить риск, вызываемый относительным удорожанием планируемой к выпуску продукции. В современном производстве существуют две тенденции, оказывающие основное влияние на стоимость готовой продукции. Первая направлена в сторону снижения стоимости продукции по мере увеличения масштабов ее выпуска, рационализации производства, использования новых физических принципов, заложенных в конструкцию товаров, снижения брака и т. д. Вторая тенденция направлена в сторону повышения стоимости, так как связана с усложнением конструкции изделий, что вызывается увеличением значений абсолютных показателей свойств, приданием изделиям новых полезных свойств

и т. д. Во многих (если не в большинстве) случаях, особенно применительно к технически сложным видам продукции: автомашинам, телевизорам, стиральным машинам, часам и т. д. — вторая тенденция превалирует над первой, в результате чего общая стоимость продукции с годами растет. Так, современный автомобиль стоит в несколько раз дороже, чем «Москвич-401», выпускавшийся в 40-х годах, а современный телевизор, чем телевизор марки КВН. Эта тенденция (причем в еще более сильной степени) проявляется и за рубежом.

Естественно, что с ростом стоимости продукции возрастает и экономический риск, связанный с возможностью плохой ее реализации на рынке сбыта из-за недостаточно высокого качества. Поэтому важным инструментом уменьшения такого риска являются оценки качества намеченной к выпуску продукции, помогающие прогнозировать ее конкурентоспособность.

Стремление уменьшить риск, вызываемый усложнением организации производства новой продукции. Этот фактор по существу является подчиненным по отношению к рассмотренному в предыдущем пункте. Однако большая значимость оправдывает самостоятельный его анализ. Наряду с тенденцией общего удорожания технически сложной продукции действует и другая тенденция — увеличение экономического риска в связи с организацией производства новой продукции. Эта тенденция отражает относительное увеличение времени и расходов, приходящихся на начальные стадии производства (исследования, разработки, испытания, опытное производство, доводка). Резко возрастают и затраты, необходимые для того, чтобы новый товар просто попал к потенциальному покупателю. Так, в США затраты на внедрение на рынок какого-либо нового и относительно недорогого вида товаров могут достигать значительной величины (250 тыс. долларов). Вместе с тем около 50 % затрат на научно-исследовательские разработки не приводит к созданию конкурентоспособной продукции, а приблизительно из 10 тыс. типов новой продукции, на разработку которых в 15 тыс. лабораториях США ежегодно затрачивается около 24 млрд. долл., около 80—90 % перестают разрабатываться на самых ранних стадиях производства, не принеся фирме-разработчику ничего, кроме убытков. Причем, если взять 6 типичных для США стадий разработки нового изделия (1 — предварительное рассмотрение идей, 2 —

первоначальный отбор лучших идей и их воплощение в проектно-конструкторских разработках, 3 — начальная стадия испытаний различных вариантов изготовленных образцов, 4 — конечная стадия испытаний различных вариантов изготовленных образцов, 5 — оценка и сбыт изделия на региональном рынке, 6 — сбыт изделия на общенациональном рынке), то количество вариантов, рассматриваемых и оцениваемых на каждой стадии, уменьшается (от 1-й до 6-й) в геометрической прогрессии со знаменателем прогрессии, равным 2, а в ближайшем будущем знаменатель прогрессии, по-видимому, придется увеличить до 3.

Понятно, что рассмотрение и отбор вариантов предполагают использование оценок качества (особенно в их наиболее эффективной форме — количественных оценок), на основе которых и производится подобный отбор.

Стремление уменьшить риск, вызываемый увеличением сроков окупаемости продукции. Так же, как и в предыдущем пункте, рассмотрим этот фактор самостоятельно, хотя, конечно же, он тесно связан с фактором относительного удорожания продукции. В США капиталовложения на организацию производства новой продукции в зависимости от ее характера за 1961—1971 гг. возросли в 2—3 раза. Подобная тенденция сохраняется и сегодня. Это обстоятельство является важнейшим фактором увеличения сроков окупаемости очень многих видов новых изделий, что, в свою очередь, приводит к возрастанию производственного риска, связанного с организацией производства новой продукции. Подобная же тенденция характерна и для других промышленно развитых стран мира. Надежное средство уменьшения такого риска — использование на ранних стадиях разработки новых изделий оценок качества, позволяющих прогнозировать конкурентоспособность изделий.

Разумеется, как следствие технического прогресса проявляется и противоположная тенденция — уменьшение сроков окупаемости; но для очень многих видов товаров характерно увеличение сроков окупаемости.

Выше были рассмотрены факторы, увеличивающие производственный риск при выпуске новой продукции, возникающие в основном в связи с тенденцией изменения свойств самой этой продукции. Теперь кратко рассмотрим факторы увеличения риска в связи с изменениями рынка сбыта.

Необходимость заранее учитывать эффект от использования продукции потребителем. Организации, планирующие выпуск новой продукции, должны знать потребителя этой продукции. Поэтому за рубежом многие фирмы ориентируются на удовлетворение нужд конкретной группы потребителей. Как следствие, появилась необходимость в теории, которая позволила бы оценивать реакцию потребителя на качественные особенности новых видов продукции, т. е. позволила бы определить эффект, получаемый при использовании продукции потребителем, как некоторую функцию оценки ее качества. Аналогичная проблема актуальна и для социалистического способа производства, особенно при налаживании выпуска принципиально новых изделий.

Необходимость учета изменения спроса и конъюнктуры. Этот фактор особенно ярко проявляется в капиталистической экономике. Постоянное усиление конкуренции на рынках сбыта для большинства видов новой продукции является непреложным фактом. Именно в результате подобной конкуренции, по сведениям Министерства торговли США, около $\frac{3}{4}$ новых коммерческих предприятий закрываются не позднее чем через шесть лет после создания. Усилением конкуренции в значительной мере объясняется и наблюдающаяся в США тенденция падения доли изделий, имеющих коммерческий успех.

Отсюда стремление изготовителя уменьшить риск, связанный с усиливающейся конкуренцией, путем увеличения обоснованности решений при разработке новых изделий. Естественно, что для такого рода обоснований необходимо иметь прогнозируемую оценку качества намеченной к выпуску продукции.

Но отсутствие в социалистическом обществе конкуренции (в капиталистической ее форме) отнюдь не означает, что в деле обеспечения хорошего сбыта товаров нет необходимости учитывать их качество. Качество нужно учитывать (и прогнозировать), ибо в противном случае возникают негативные явления, подобные тем, что произошли в начале 70-х годов с выпуском телевизоров. За несколько лет до этого периода телевизоров не хватало. На основе перестройки производства промышленность резко увеличила выпуск унифицированных телевизоров (в 1970 г. около 7 млн. штук более чем 60 наименований). Но, увеличив количество, не очень обращали внимание на качество. А оно было такое, что уже через год не

находящие спроса запасы телевизоров увеличились в 4 раза.

Необходимость аттестовывать выпускаемую продукцию. Важнейшим рычагом улучшения качества продукции является государственная, отраслевая и заводская ее аттестация. Понятно, что для обеспечения эффективного функционирования механизма аттестации, для повышения достоверности категорий качества, присвоенных продукции, необходимо уметь выражать в количественной форме степень совершенства совокупности всех характеризующих продукцию свойств, т. е. уметь оценивать ее качество. Аналогичная тенденция существует и в других высокоразвитых в индустриальном отношении странах. Например в США, в связи с введением «Положения о технологической оценке» любое важное нововведение (новый продукт или технологический процесс) должно быть оценено надлежащим образом, прежде чем оно поступит на рынок.

Потребность в правильном определении цены продукции. Целесообразность учета качества при назначении цены продукции давно признают большинство экономистов социалистических стран, в том числе и советских. В связи с этим при назначении цены различных видов товаров в ней уже учитывается, хотя и недостаточно полно, их качество.

Естественно, что для нахождения зависимости между ценой и качеством нужно уметь измерять их. Цена по самой своей сути уже имеет числовую форму. Что же касается качества, то практические потребности ценообразования стимулировали в нашей стране разработку методов его оценки применительно к различным видам продукции. Ибо неучет качества в цене приводил к таким, например, нежелательным явлениям: в начале 70-х годов розничная цена более эффективного чистящего средства была в 2 раза ниже цены малоэффективного средства.

Особенности работы хозяйственного руководителя. Как известно, руководство хозяйственной организацией, управление производством — это главным образом управление людьми. Но, как уже отмечалось, одной из предпосылок успешного управления любым объектом является возможность его количественного выражения. Вот почему и у нас в стране, и за рубежом все больше растет понимание того, что людские ресурсы, как важнейший компонент производства, для наиболее эффективного их

использования должны подвергаться оценке качества так же, как это делается по отношению к другим ресурсам. Ибо эффект от использования любого ресурса зависит не только от количества, но и в решающей степени от его качества.

Особенности деятельности в сфере внешних сношений.

На современном этапе развития производительных сил во всех промышленно развитых странах мира приобретает первостепенное значение проблема качества, которая становится главным средством осуществления национальной экономической политики. В связи с этим качество товаров, поступающих на международный рынок, все чаще связывается с престижем нации, а роль оценок этого качества, выраженных специальными знаками, сходными по своей функции с советским «Знаком качества», далеко выходит за пределы чисто экономической сферы. И не случайно уже к 70-м годам из Японии и Франции было запрещено экспортировать товары, не имеющие специального знака.

Таким образом, оценки качества в определенной степени начинают выполнять функции и своеобразных международных торговых стандартов, и информационных знаков, дающих информацию о качестве. Одновременно они свидетельствуют об экономическом и научно-техническом потенциале государства.

Развитие науки. Одна из общеизвестных особенностей развития науки заключается в том, что в математические модели, описывающие какой-то предмет или процесс, оказывается возможным включить все большее число факторов, ранее в этих моделях не учитывавшихся из-за того, что эти факторы не квантифицировались, т. е. не выражались в количественной форме. В результате модели становятся более точными и, как следствие, более точными оказываются и получаемые на их основе результаты и выводы.

Например, в интенсивно развивающихся в последние годы экономико-математических методах одной из обязательных предпосылок для выбора лучшего из нескольких альтернативных вариантов хозяйственной деятельности является требование обеспечения сопоставимости сравниваемых вариантов. Они должны быть качественно однородны, качественно сопоставимы (в идеале — равноценны по качеству), ибо «качество объединяет однородные свойства и тем самым создает условие соизмеримости (в метрологическом смысле), без чего нельзя измерять»

[79, с. 22]. Еще К. Маркс отмечал: «Что является предпосылкой всего лишь *количественного* различия вещей? Одинаковость их *качества*» [7, с. 117]. Нарушение этого условия может привести к принятию неправильного решения.

Например, еще до середины 60-х годов при выборе лучшего проекта жилого дома для использования его в качестве типового различные проектные решения сравнивались между собой по критерию стоимости 1 м² жилой (или полезной) площади. При этом не учитывалось, что сравниваемые варианты на самом деле не полностью сопоставимы, так как их качество не равнозначно в отдельных проектах. В результате, наиболее массовый тип крупнопанельных жилых домов, применявшихся в стране в 60-х годах, — серия 1-464, превосходя другие серии по показателю экономичности (сметной стоимости 1 м² жилой площади), в то же время уступал некоторым из них по эстетическим и функциональным показателям, т. е. по своему качеству. И если бы при оценке различных вариантов типовых проектов жилых домов в расчёт вводился и показатель качества, то обеспеченная таким образом сопоставимость вариантов дала бы возможность принять более обоснованное решение¹. При этом не исключено, что лучшей могла оказаться не серия 1-464, а какая-нибудь другая.

Помимо совершенствования экономико-математических методов сравнения нескольких вариантов решений, могут быть указаны и другие научные дисциплины, в которых использование оценок качества содействует прогрессу научных исследований.

Например, применительно к раннему периоду развития теории информации подчеркивалась настоятельная необходимость разработки методов, позволяющих учитывать не только количественную, но и качественную сторону исследуемых явлений. Да и вообще, стремление квантифицировать качественные параметры изучаемого объекта — черта, очень характерная для многих ученых. Эту особенность науки (в частности, современной) удачно выразил в афористичной форме советский математик Д. Б. Юдин: «Качество — это еще непознанное количество».

¹ Разумеется, приводимые выше рассуждения справедливы лишь в предположении, что реальные экономические возможности государства делали целесообразным в тот период подобный учет качества.

Наряду с рассмотренными выше факторами, предопределившими необходимость появления оценок качества, постоянно возрастает роль факторов, затрудняющих разработку таких оценок. Эти трудности имеют объективный характер.

Первая группа трудностей сопряжена с повышением абсолютной и относительной значимости экономических последствий от выпуска некачественной продукции, что в определенной степени может являться следствием неправильной оценки качества. Отсюда большая ответственность, возлагаемая на разработчиков методик оценки качества продукции, и повышение требований к надежности и достоверности этих оценок.

В прошлом экономический риск, связанный с выпуском новой продукции, был сравнительно невелик, так как перестройка производства требовала относительно небольших капиталовложений. В настоящее время положение резко изменилось — выпуск новой продукции, как правило, связан с крупными затратами на налаживание производства. Поэтому возрастает риск понести значительные убытки, если продукция не будет пользоваться достаточным спросом, а это возможно, если качество продукции было определено неправильно¹.

Применительно, например, к капиталистическим странам экономические потери вызываются в основном тем, что лишь относительно небольшая доля продукции обладает достаточно высоким качеством и вследствие этого имеет коммерческий успех на рынке сбыта. Для США эта доля составляет только $\frac{1}{5}$ при ежегодном поступлении на рынок около 26 тыс. новых видов товаров. Разумеется, высокое качество не единственное условие успешного сбыта, но обычно оно является важнейшим среди таких условий.

Вторая группа трудностей связана с усложнением выпускаемой продукции, что при естественном стремлении достаточно полно и всесторонне учесть обуславливающее качество свойства продукции неизбежно приводит к усложнению модели качества, используемой в методике его оценки.

Эта сложность повышается из-за увеличения количества свойств изделия. Например, качество даже таких несложных видов продукции, как изделия легкой промыш-

¹ Имеется в виду, что, при прочих равных условиях, продукция лучшего качества пользуется большим спросом.

ленности, определяется иногда несколькими сотнями свойств, а количество свойств, влияющих на качество городской квартиры (с учетом качества отделки стен, верхнего покрытия пола, инженерного оборудования), приближается к тысяче.

Сложность повышается также в результате придания продукции свойств, обычным образом не квантифицируемых. В современных условиях разработчику приходится заботиться не только о том, чтобы продукция обладала определенными технико-экономическими свойствами, но и о том, чтобы ее свойства не наносили вреда окружающей среде и человеку, обеспечивали бы удобство (эргономичность) в использовании, удовлетворяли современным эстетическим запросам общества. Большинство этих свойств не могут быть квантифицированы обычным образом (т. е. методами физических измерений для них не могут быть найдены числовые значения абсолютного показателя). Естественно, что при этом возрастает сложность и трудность оценки качества этих видов продукции (хотя сложность квантификации отнюдь не означает принципиальной ее невозможности).

Третья группа трудностей возникает в связи с постоянным увеличением количества видов продукции, используемой в каждый данный промежуток времени. В результате усложняются методики оценки качества и увеличивается их количество. Это явление вызывается двумя рассматриваемыми ниже обстоятельствами.

Тенденция к увеличению количества видов выпускаемой продукции. Специальными исследованиями установлено, что если в 40-х годах решение технической задачи было возможно 2—3 способами, то в 60-х годах эту же задачу можно было решить уже 20—30 способами. Одно из следствий этой тенденции — постоянное возрастание числа видов продукции, попадающей на рынок. Это относится к самым разнообразным видам продукции. Например, в 70-х годах количество моделей товаров народного потребления, выпускаемых у нас в стране, составило: электроутюгов — 24; магнитофонов и электробритв — по 34; холодильников — 35; телевизоров — 45; радиоприемников и радиол — 52; велосипедов — 89. А всего у нас в стране ежегодно выпускается около 20 млн. наименований продукции.

Тенденция к сокращению срока службы продукции. До второй половины XX

века периоды между сменами моделей одного и того же вида продукции были достаточно длинными, что позволяло иметь достоверную информацию о качестве продукции, так как эта информация базировалась на многолетнем опыте ее эксплуатации потребителем.

В настоящее время для некоторых быстро прогрессирующих видов продукции этот срок значительно сократился и равен 1—3 годам, что явно недостаточно для получения достоверной информации о качестве. Например, в СССР в течение 7—10 лет обновляется не менее 50 % продукции. А в США в начале 70-х годов 80 % продукции ведущих фирм составляли товары, выпущенные не ранее чем 10 лет назад.

Таким образом, существует значительное число факторов, увеличивающих трудности (как в плане затрат труда, так и в плане создания соответствующей методологии) разработки конкретных методик количественной оценки качества всей массы выпускаемой продукции.

Если подытожить все сказанное выше, то можно прийти к следующему заключению.

Объективные условия современного производства все более настоятельно требуют надежных методов количественной оценки качества. Однако разработка таких методов сопряжена со значительными трудностями, которые до недавнего времени не могли быть преодолены из-за отсутствия общей научной базы разработки подобных методов.

Все это свидетельствует о возникновении практической потребности в специальной области знания, обеспечивающей научную основу методологии количественной оценки качества. Той самой практической потребности, которая, по Ф. Энгельсу [10, с. 37], является условием возникновения науки и влияние которой он отмечал так: «Если у общества появляется техническая потребность, то это продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов» [13, с. 174].

Вот почему появилась квалиметрия.

Термин **к в а л и м е т р и я** (от латинского «квали» — качество и древнегреческого «метро» — измерять) обозначает сравнительно новую научную дисциплину, изучающую методологию и проблематику количественной оценки качества. Впервые вопрос о фактическом зарождении этой научной дисциплины и необходимости обозначить ее специальным термином был поднят в октябре

1967 г. на неофициальном симпозиуме советских экономистов, инженеров и архитекторов. Термин «квалиметрия» был обсужден и одобрен участниками этого симпозиума, а затем обоснован ими в специальной публикации [23]. После опубликования этой статьи на страницах того же журнала проходила дискуссия, подавляющее большинство участников которой (как советские специалисты, так и ученые других стран) поддерживали идею о консолидации в рамках квалиметрии исследований, имеющих своей целью количественную оценку качества.

Через год после появления термина «квалиметрия» на 31-м заседании Совета Европейской организации по контролю качества (ЕОКК) его члены в принципе одобрили это понятие и термин. А еще через год, на 15-й конференции ЕОКК (в 1971 г.) одна из трех ее сессий была целиком посвящена квалиметрии. Для обсуждения проблем квалиметрии в рамках 21-й конференции ЕОКК (1977 г.) проводился специальный международный семинар.

Как и многие другие научные дисциплины, квалиметрия на определенном этапе ее развития разделилась на две ветви: теоретическую и прикладную. Теоретическая квалиметрия исследует проблему оценки качества в общем виде, т. е. применительно к некоторому абстрактному понятию «объект», выражаемому в виде математической модели. Прикладная же квалиметрия посвящена исследованиям, касающимся именно конкретных видов объектов (например, конкретных образцов продукции).

В связи с этим нужно отметить, что при своем зарождении квалиметрия понималась достаточно узко — как научная дисциплина, исследующая только проблему количественной оценки качества продукции. Затем, по мере ее становления, к сфере квалиметрии стали относить более широкий класс задач — не только оценку качества продукции, но и оценку тех предметов или процессов, которые связаны с проблемой управления качеством и стандартизацией (например, качество трудовой деятельности, качество технической документации и т. д.)¹. Но сегодня в связи с еще большим расширением сферы применения квалиметрии ее можно квалифицировать как научную дисциплину, изучающую проблематику и методологию оценки качества любых объектов (предметов или про-

¹ Близкое по смыслу определение дано и в ГОСТ 15467—79.

цессов). И хотя предметы и процессы, связанные со стандартизацией и управлением качеством (и, в частности, качеством продукции), остаются сегодня главным и самым важным направлением использования методов квалиметрии, область ее приложения в настоящее время уже вышла за пределы только этих двух задач.

Понятно, что подобное расширение сферы приложения квалиметрии касается в основном прикладной ее ветви. В связи с этим можно отметить, что в СССР за последние годы сформировались различные разделы прикладной квалиметрии, например географическая квалиметрия, педагогическая квалиметрия, квалиметрия механизмов, строительная квалиметрия, квалиметрия в геодезии и т. п.

Есть основание говорить и о зарождении еще одной ветви прикладной квалиметрии — эстетической квалиметрии, изучающей проблему количественной оценки красоты, эстетичности различных объектов.

Итак, несмотря на сравнительно короткий срок, квалиметрия успешно развивается, интегрируется с другими научными дисциплинами и становится привычным инструментом в руках все большего числа исследователей. Такое быстрое становление и развитие может служить еще одной иллюстрацией к известному высказыванию К. Маркса о том, что «человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже имеются налицо, или, по крайней мере, находятся в процессе становления» [6, с. 7].

Нужно отметить, однако, что понятие и термин «квалиметрия» при своем появлении вызвали не только одобрение, но и возражения. Во-первых, подвергалась сомнению правомерность приложения понятия «измерение» к понятию «качество». Во-вторых, оспаривалась принципиальная возможность получения значений комплексных количественных показателей качества. Рассмотрим эти возражения.

Правомерно ли понятие и термин «измерение качества»? Чтобы ответить на этот вопрос, проанализируем, какая из двух точек зрения является правильной — та, в соответствии с которой измерением может считаться только физический эксперимент над измеряемыми величинами (с применением специальных приборов), или та, что базируется на утверждении: измерение — это вообще

любой процесс сравнения измеряемой величины с некоторой мерой (а измерение путем физического эксперимента можно считать одним из видов измерения — физическим измерением).

Первая точка зрения обычно характерна для специалистов в области метрологии [55, с. 18]: «Измерением мы называем познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной величины с некоторым ее значением, принятым за единицу сравнения». Такой же смысл вкладывается в это понятие и в ГОСТ 16263—70 по терминологии в области метрологии: «Измерение — это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств».

В то же время очень часто измерение понимают гораздо шире — как такое сравнение измеряемой величины с некоторой единицей измерения, которое не обязательно связано с осуществлением физического эксперимента. Так трактуется понятие «измерение», например, в «Словаре русского языка» С. И. Ожегова и в 4-томном «Академическом словаре русского языка»: «Измерить — определить какой-нибудь мерой величину чего-нибудь». Схожее определение дается и в Большой советской энциклопедии: «Измерение — операция, посредством которой определяется отношение одной (измеряемой) величины к другой однородной величине (принимаемой за единицу) ...» В связи с этим физическое измерение (или измерение в метрологии) является только одним (хотя и важнейшим) из видов измерения вообще, включающего также и другие виды измерения: измерение в математической теории измерения; измерение в социальных исследованиях (в статистике, социологии, психологии, экономике, этнографии, квалиметрии и т. д.). Таким образом, есть основание сделать заключение, что применительно к понятию «качество» термин «измерение» применять вполне правомерно.

Вместе с тем, чтобы не вступать в противоречие с принятым в метрологии толкованием термина «измерение», в квалиметрии этот термин применяют только для процедуры определения значений абсолютных показателей свойств Q , а также для результата, полученного в ходе этой процедуры. Что же касается определения значений относительных показателей свойств K (и в том числе показателей качества K_K), то соответствующая проце-

дура в квалиметрии обычно носит название не «измерение», а «оценка».

Правомерно ли использование комплексных количественных оценок качества? Этот вопрос возник потому, что некоторые специалисты, впервые столкнувшиеся с комплексными количественными оценками качества, выдвигали принципиальные возражения против их использования. Однако главные и наиболее часто встречающиеся доводы таких специалистов достаточно полно проанализированы и опровергнуты в книге [26, с. 21].

1.2. Взаимосвязи квалиметрии

Прежде чем показать взаимосвязи квалиметрии, проанализируем, является ли квалиметрия самостоятельной научной дисциплиной. И если является, то каково ее место среди других научных дисциплин?

К сожалению, в литературе отсутствует четкость в рассмотрении условий (критериев), необходимых и достаточных для отграничения науки от других видов познавательной деятельности человека. Эти условия в разных источниках трактуются по-разному.

Но если обобщить встречающиеся в литературе условия, которым должна удовлетворять научная дисциплина, то в качестве таких условий чаще всего выдвигают наличие: объекта исследования; эмпирической («донаучной») предыстории; теории; проблематики; понятийного аппарата; верифицируемости получаемых результатов.

Рассмотрим квалиметрию с точки зрения удовлетворения каждому из этих условий в отдельности.

Н а л и ч и е с а м о с т о я т е л ь н о г о о б ь е к т а и с с л е д о в а н и я. Количественная оценка качества различных объектов (предметов или процессов) представляет собой самостоятельную и очень важную проблему, которая является предметом изучения в квалиметрии. Есть несколько научных дисциплин, занимающихся количественным исследованием объектов, в определенном смысле близких, родственных качеству, например полезности, ценности, эффективности (подробнее об этом будет сказано ниже). Но «качество» не является синонимом полезности, ценности и эффективности, и поэтому оно изучается в рамках самостоятельной научной дисциплины.

Н а л и ч и е э м п и р и ч е с к о й («донаучной») п р е д ы с т о р и и. История показывает, что перед получением отрасли знания статуса науки существует латентный период, когда зарождаются и эмпирически проверяются ее отдельные принципы, методы и проблемы. Далее создается ситуация, характеризующаяся накоплением большого опытного несистематизированного материала, и одновременно происходит осмысливание предыдущей практики получения этого материала — появляются предпосылки становления основ новой науки, а затем формирования самой этой науки. Так в Древнем мире зародилась геометрия. Так в наше время сформировались кибернетика, бионика, семиотика и др. Сказанное в полной мере относится и к квалиметрии в том смысле, что до 1968 г. (когда началось становление квалиметрии как науки) у нас в стране и за рубежом разрабатывались и применялись на практике сотни методик оценки качества различных объектов. Но поскольку эти методики обычно разрабатывались на эмпирическом уровне, без общей научной основы, период до 1968 г. можно считать периодом «предыстории» квалиметрии.

Н а л и ч и е т е о р е т и ч е с к о й б а з ы. Интуитивно понятна необходимость этого условия, иногда формулируемого и в явном виде (см., например, статью «Наука» во 2-м издании БСЭ). Отметим в связи с этим, что основные положения теории квалиметрии, частично уже опубликованные в ряде монографий¹, в современной их интерпретации будут изложены в главе 2.

Н а л и ч и е с п е ц и ф и ч е с к о й п р о б л е м а т и к и. Общеизвестно, что в любой развивающейся науке на смену одним, решенным проблемам приходят другие, зачастую еще более многочисленные и сложные. Такое положение характерно и для квалиметрии. Чем дальше развивается квалиметрия, тем большее число проблем (связанных с направлениями дальнейших исследований) выявляется в ней. Так, если в одной из первых работ, посвященных проблематике квалиметрии, были сформулированы 8 подобных проблем, то в более поздних исследованиях количество этих проблем возросло до 17 [22, с. 100], а затем в рамках только одной из этих проблем были сформулированы 26 самостоятельных подпроб-

¹ Здесь и в дальнейшем, если специально не оговорено, речь будет идти о теоретической квалиметрии.

лем [18]. Таким образом, с точки зрения количества и сложности подлежащих решению проблем существование квалиметрии как самостоятельной научной дисциплины вполне оправдано.

Н а л и ч и е с п е ц и ф и ч е с к о г о п о н я т и й - н о г о а п п а р а т а . Наука вообще и каждая научная дисциплина в частности является специфическим видом человеческой деятельности. Эта специфика проявляется и в том, что практически каждая самостоятельная научная дисциплина должна иметь (и имеет) собственную терминологию, свой понятийный аппарат, свой научный язык, в той или иной степени являющиеся специфическими для данной науки. Этому условию квалиметрия удовлетворяет полностью: применяемая в ней терминология достаточно специфична и в других научных дисциплинах, как правило, не употребляется (или употребляется в ином, отличном от квалиметрии смысле). Это обстоятельство подтверждается наличием нескольких государственных стандартов по терминологии в области квалиметрии.

Н а л и ч и е в о з м о ж н о с т и в е р и ф и ц и р о в а т ь (п р о в е р я т ь) п о л у ч а е м ы е н а у ч - н ы е р е з у л ь т а т ы . Представляется, что возможность проверки (верифицируемость) является одним из необходимых условий обеспечения научности получаемых результатов (и в то же время одним из условий существования науки как особого вида человеческой деятельности). Так что вопрос не в том — «проверять или не проверять?», а в том — «как проверять?» Некоторые ученые считают, что подобного рода проверка может (и должна быть) только опытной. Но в этом случае пришлось бы «отлучить» от науки все так называемые дедуктивные науки, теория которых основана на предварительно введенной аксиоматике, и в том числе большинство разделов математики. Что касается квалиметрии, то имеется практическая возможность проверки того, как согласуются, например, вычисленные методами квалиметрии значения показателя качества тех или иных видов товаров широкого потребления и данные покупательских предпочтений (определенные, допустим, с помощью торговой статистики).

Вместе с тем существует мнение, что проверка может быть не обязательно эмпирической, но и теоретической. И с этой точки зрения квалиметрия также удовлетворяет критерию научности — ведь всегда можно проверить,

насколько логичны те построения, которые лежат в основе теории квалиметрии. Так что возможность верификации (опытной или логической) в квалиметрии существует.

Кроме рассмотренных выше 6 признаков, которым должна удовлетворять наука, в литературе иногда выдвигаются и некоторые другие критерии. Но эти критерии или детализируют перечисленные выше признаки, или не являются обязательными. Например, как показал В. В. Налимов [61, с. 146], часто используемое в качестве такого критерия условие о методологической новизне неправомерно: новая научная дисциплина не всегда отличается и новым методом исследования.

Таким образом, с точки зрения удовлетворения общепринятым критериям квалиметрия имеет право рассматриваться как научная дисциплина, занимающая самостоятельное место среди других научных дисциплин, со своими определенными взаимосвязями с этими дисциплинами. Проанализируем эти взаимосвязи.

Представляется, что подобный анализ следует провести применительно к наукам, данные которых используются в квалиметрии (метрология, экспериментальная психология, прикладная математика и т. д.), и наукам, которые сами используют данные, получаемые в квалиметрии (теория эффективности, исследование операций, аксиология и др.).

Квалиметрия и метрология. Одна из первых операций, которая выполняется при комплексной количественной оценке качества, — вычисление значений относительных показателей свойств K . Но для такой операции необходимо знать значения абсолютных показателей этих свойств (Q). В большинстве случаев такие показатели измеряются путем физического эксперимента с помощью приборов.

Правда, для многих свойств еще отсутствуют методы физических измерений, и оценки K получают экспертным путем, не определяя значения абсолютных показателей Q . Но такая методология является паллиативом, так как основная линия развития заключается в замене метрологическими методами всех тех экспертных методов, которые еще приходится довольно широко применять при измерении абсолютных показателей Q ¹.

¹ Конечно, речь не идет о том, чтобы полностью отказаться от использования экспертов в задачах квалиметрии. Например, при вывлении и упорядочении свойств, характеризующих качество, без экспертов, по-видимому, принципиально невозможно обойтись.

Таким образом, рассматривая вопрос о взаимосвязи метрологии и квалиметрии, можно сделать вывод, что квалиметрия использует полученные в метрологии данные как фундамент своих дальнейших построений.

Квалиметрия и экспериментальная психология. В квалиметрии важную роль играют экспертные методы. Они являются основным инструментом при разработке классификаций продукции и потребителей, построении иерархической структуры показателей, определении коэффициентов весомости G ; с их помощью часто определяется характер зависимостей между абсолютными показателями Q и относительными показателями K ; наконец, они могут явиться вполне приемлемой основой при решении некоторых проблем квалиметрии.

Но развитие экспертных методов немислимо в отрыве от данных, получаемых в экспериментальной психологии, — данных о психофизиологических возможностях человека (эксперта); требований к психологическим характеристикам экспертов; рекомендаций по наиболее правильной процедуре проведения экспертного опроса; поправок на систематические и случайные ошибки в оценках, даваемых экспертами, и т. д. Таким образом, использование в квалиметрии экспертных оценок вызывает потребность в ее тесном контакте с экспериментальной психологией.

Квалиметрия и прикладная математика. В главе 3 будут проанализированы некоторые из проблем квалиметрии, имеющие математический характер. Часть этих проблем довольно легко поддается решению с использованием существующего аппарата прикладной математики. Другие — более сложные, и не исключено, что их решение потребует разработки новых разделов прикладной математики. Например, в работе [49, с. 161] отмечается, что «постановка прикладной проблемы оценки качества функционирования измерительных систем во ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева заставила решить ряд новых задач в области теории марковских и полумарковских процессов...» и некоторых других разделов математики. Таким образом, можно считать, что, как и большинство других наук, квалиметрия использует методы, приемы, принципы математики, т. е. является «потребителем» той «продукции», которую «производит» математика (например, математическая статистика, теория измерений).

Квалиметрия и типология. Типология, являющаяся методом научного познания, основу которого составляют расчленение систем объектов и их группировка с помощью обобщенной, идеализированной модели (или типа), так же как и тесно связанные с ней систематика, классификация, таксономия, предоставляет в распоряжение квалиметрии некоторые методологические приемы, которые позволяют создавать иерархическую, многоуровневую модель качества оцениваемого объекта — так называемое дерево свойств. Строго говоря, сказанное выше имеет отношение не только к квалиметрии, но и практически к любой отрасли знания, поскольку, например, классификация и систематизация — неотъемлемый элемент любой научной работы. Но особое значение типология и таксономия имеют именно для квалиметрии, так как создание модели качества, выраженной в виде дерева свойств, представляет собой центральную задачу всей проблемы количественной оценки качества.

Квалиметрия и общая теория систем. Сказанное в предыдущем пункте в значительной мере характеризует и взаимосвязь квалиметрии с теорией систем. Действительно, несмотря на то что общая теория систем не является законченной теорией в формальном смысле (так как не имеет собственной аксиоматики), некоторые ее результаты, в частности те, которые изложены в монографии «Теория иерархических многоуровневых систем» [57, с. 71] и относятся к многоуровневым, многоцелевым системам, являются весьма полезными для теоретического обоснования правил построения дерева свойств.

Перейдем ко второй группе наук — к тем, которым помогает квалиметрия. При этом, разумеется, будут рассмотрены не все научные дисциплины, а только те, применение методологии квалиметрии в которых представляется наиболее важным.

Квалиметрия и исследование операций. Сегодня еще нельзя утверждать, что в отношении исследования операций как самостоятельной научной дисциплины существует единая точка зрения. Даже в том, что касается ее названия, наряду с термином «исследование операций» применяются и другие: «системотехника», «анализ сложных систем», «теория принятия решений», «наука об управлении» и т. д. Что касается ее методологии, то, например, Э. Фельс и Г. Тинтнер [81, с. 25] считают, что исследование операций — это всего лишь исследовательское на-

Квалиметрия и типология. Типология, являющаяся методом научного познания, основу которого составляют расчленение систем объектов и их группировка с помощью обобщенной, идеализированной модели (или типа), так же как и тесно связанные с ней систематика, классификация, таксономия, предоставляет в распоряжение квалиметрии некоторые методологические приемы, которые позволяют создавать иерархическую, многоуровневую модель качества оцениваемого объекта — так называемое дерево свойств. Строго говоря, сказанное выше имеет отношение не только к квалиметрии, но и практически к любой отрасли знания, поскольку, например, классификация и систематизация — неотъемлемый элемент любой научной работы. Но особое значение типология и таксономия имеют именно для квалиметрии, так как создание модели качества, выраженной в виде дерева свойств, представляет собой центральную задачу всей проблемы количественной оценки качества.

Квалиметрия и общая теория систем. Сказанное в предыдущем пункте в значительной мере характеризует и взаимосвязь квалиметрии с теорией систем. Действительно, несмотря на то что общая теория систем не является законченной теорией в формальном смысле (так как не имеет собственной аксиоматики), некоторые ее результаты, в частности те, которые изложены в монографии «Теория иерархических многоуровневых систем» [57, с. 71] и относятся к многоуровневым, многоцелевым системам, являются весьма полезными для теоретического обоснования правил построения дерева свойств.

Перейдем ко второй группе наук — к тем, которым помогает квалиметрия. При этом, разумеется, будут рассмотрены не все научные дисциплины, а только те, применение методологии квалиметрии в которых представляется наиболее важным.

Квалиметрия и исследование операций. Сегодня еще нельзя утверждать, что в отношении исследования операций как самостоятельной научной дисциплины существует единая точка зрения. Даже в том, что касается ее названия, наряду с термином «исследование операций» применяются и другие: «системотехника», «анализ сложных систем», «теория принятия решений», «наука об управлении» и т. д. Что касается ее методологии, то, например, Э. Фельс и Г. Тинтнер [81, с. 25] считают, что исследование операций — это всего лишь исследовательское на-

быть отнесено и к анализу вопроса о связи квалиметрии и теории принятия решений.

В самом деле, нетрудно заметить, что так же, как и в исследовании операций, в теории принятия решений вопрос о критериях оценки альтернатив является одним из основных, в связи с чем некоторые авторы вообще выносят его за пределы теории решения, считая, что в модели принятия решения цель (или критерий) оценки возможных его вариантов заранее известна¹. Если целью принимаемого решения является управление качеством, его оптимизация и т. д., то для этого обширного класса задач квалиметрия дает способ построения математической модели оценки качества — модели, которая используется как критерий оценки альтернативных вариантов в процессе принятия решений. В этом смысле квалиметрия может рассматриваться как часть теории принятия решений, а именно та ее ветвь, которая связана с обоснованием агрегированных критериев при принятии решений, относящихся к качеству объектов².

Квалиметрия и системный анализ. Нередко высказывается мнение, что системный анализ составляет часть исследования операций. Однако более многочисленная группа авторов считает системный анализ самостоятельной научной дисциплиной. Как бы то ни было, но одной из важных задач, решаемых при системном анализе, является развертывание каждой так называемой генеральной цели в свою иерархию целей и задач. Но метод такого развертывания в значительной степени разработан в квалиметрии применительно к задачам построения так называемых деревьев свойств.

Таким образом, квалиметрия может дать вспомогательный инструмент для решения одной из задач системного анализа.

Квалиметрия и теория полезности. Понятие «полезность» в современной интерпретации выглядит приблизительно так: полезность есть та характеристика явления, которую стремится максимизировать человек, осуществ-

¹ Представляется, что между целями и критериями оценки существует тесная связь, по крайней мере «всякая цель содержит в себе в скрытом виде критерий решения» [64, с. 129].

² Понятно, что в этом случае подзаголовок «Квалиметрия и теория принятия решений» является не очень точным; строго говоря, сопоставление этих двух понятий становится неправомерным, так как одно из них является родом, а другое — видом.

являющийся явление или принимающий решение по его осуществлению. Современная теория полезности в некоторых случаях позволяет получать достаточно конструктивные результаты (например, при обосновании критериев оценки альтернатив в некоторых задачах исследования операций, решаемых в условиях риска). Вместе с тем в ней имеются некоторые недостатки, для уменьшения которых, возможно, удастся использовать аппарат квалиметрии¹. Эти недостатки связаны с тремя основными обстоятельствами.

Первое. Полезность, представляемая в виде так называемой функции полезности, количественно выражается в условиях определенности и в условиях риска. Но и в том и в другом случае функция полезности обычно определяется только в порядковой шкале и крайне редко в шкале интервалов. Однако при решении многих практических задач желательно иметь возможность пользоваться не только шкалой порядка и шкалой интервалов, но и более универсальной шкалой отношений (достижению этой цели и может помочь методология квалиметрии).

Второе. В большинстве случаев численное значение функции полезности определяется на основе анализа потребительских предпочтений в предположении, что первичными являются именно предпочтения, а вторичным — полезность. Но при подобном подходе к определению функции полезности принципиально невозможно определить, например, полезность какого-либо товара до его поступления на рынок: ведь пока нет покупателей, нет и предпочтений, нет и возможности определить параметры функции полезности. А в очень многих (если не в большинстве) ситуациях нужно уметь определять полезность той или иной продукции не после, а именно до ее поступления на рынок. Такого рода задачи тоже исследуются в квалиметрии.

Третье. Во многих случаях полезность оценивается только одним параметром (полезным свойством) продукции, в то время как очень часто желательно учитывать несколько свойств. И в этом отношении может оказаться целесообразным использовать методологию квалиметрии. В частности, в главе 2 будет приведена модель полезности,

¹ Некоторые квалиметрологи (например, А. И. Субетто) расширительно трактуют понятие «квалиметрия» и считают теорию полезности ее ветвью.

в которой полезность является функцией показателей количества и качества рассматриваемого объекта.

Квалиметрия и аксиология. Как известно, аксиология (теория ценностей) намечает общие подходы к оценке всех тех категорий, которые представляют ценность для человека: духовных ценностей (этических, эстетических), материальных ценностей (полезных предметов и явлений, их качества, предоставляемых ими благ и т. д.).

До настоящего времени теория ценностей в своих логических построениях оперирует исключительно качественными, не строго определенными категориями. Используемые понятия и методы не только не квантифицированы, но даже не формализованы.

Таким образом, качество какого-то объекта, представляя материальную (а в некоторых случаях и духовную) ценность для человека, с одной стороны, является объектом изучения аксиологии, а с другой — объектом количественного анализа в квалиметрии. С точки зрения оценки качества квалиметрия может рассматриваться как ветвь, раздел аксиологии — раздел, посвященный применению количественных методов анализа. Поэтому, вероятно, правомерной является следующая аналогия: аксиология так относится к квалиметрии, как экономика — к эконометрии, биология — к биометрии, социология — к социометрии и т. д.

Квалиметрия и теория эффективности. В большинстве теорий эффективности (например, в теории экономической эффективности) используются многочисленные критерии эффективности, имеющие одну общую особенность: все они строятся на сопоставлении результатов, получаемых обществом в ходе проведения того или иного хозяйственного мероприятия, с затратами на это мероприятие. При этом затраты, как правило, выражаются в денежных единицах (реже в человеко-часах полезного труда), а получаемые результаты определяются в денежных единицах или в натуральных, физических единицах измерения — штуках, тоннах, метрах продукции. В результате размерность критерия эффективности обычно имеет вид руб./руб., физическая единица/руб. (или наоборот)¹.

¹ Кроме упомянутых здесь теорий эффективности, основанных на так называемой затратно-результатной концепции, существуют и иные концепции построения теорий эффективности. Анализ их дан в работе Субетто А. И. Качество и эффективность в квалитологии. Рукопись депонирована во ВНИИИС Госстроя СССР, 1980, № 1626.

Такого рода методология определения эффективности оказывается приемлемой только для тех ситуаций, в которых затраты и результаты по своей сути являются чисто экономическими категориями, не имеющими каких-либо других эффектов. Однако в последнее время все больше растет убеждение, что при определении эффективности нужно учитывать не только экономические, но и другие (в частности, социальные) эффекты. Но именно в квалиметрии имеется аппарат, с помощью которого могут быть количественно оценены любые неэкономические по своей природе эффекты и тем самым включены в рассмотрение при расчетах эффективности (что делает эти расчеты гораздо более точными).

Кроме того, в расчетах экономической эффективности с помощью квалиметрии оказывается возможным обеспечить качественную сопоставимость сравниваемых вариантов — условие, которое в различных нормативных документах по определению экономической эффективности обязательно подчеркивается, но, к сожалению, в практике проведения расчетов довольно часто не соблюдается.

Квалиметрия и статистика. По этому вопросу приведем высказывание Е. М. Четыркина, научного редактора монографии «Статистическое измерение качественных характеристик» [88, с. 4]: «... будет уместным сделать несколько замечаний о связи квалиметрии и статистики. Традиционно статистика не рассматривает тех проблем, которые изучаются в теории измерения. Предполагается, что те факты, которые регистрируются при статистическом наблюдении, могут так или иначе измеряться. Однако это далеко не всегда справедливо. Поэтому развитие методов квалиметрии, вероятно, будет способствовать расширению области, которую можно охватить статистическим анализом». Остается только присоединиться к этому высказыванию специалиста в области статистики и добавить, что использование аппарата квалиметрии позволит включить в круг анализируемых статистикой вопросов и проблему учета потребительной стоимости в моделях динамики морального износа продукции.

Квалиметрия и прогнозирование. В настоящее время прогнозирование развития (в качественном аспекте) производства тех или иных видов продукции обычно ограничивается учетом изменения численных значений абсолютных показателей отдельных ее свойств. Применение же квалиметрического подхода позволит прогнозировать из-

менение не только этих показателей, но и уровня качества в целом.

Квалиметрия и программно-целевое планирование. Предварительно отметим, что существуют и иные термины, обозначающие фактически один и тот же научный метод: целевое программирование, программное планирование, управление по целям, система ППБ (планирования, программирования и бюджетирования) и т. д. Но всем разновидностям этого метода присуща общая черта: необходимость построения иерархической многоуровневой системы целей (дерева целей). Но, как уже говорилось, правила построения деревьев свойств (которые почти идентичны правилам построения деревьев целей) разработаны и обоснованы в квалиметрии. Таким образом, квалиметрия может оказаться полезным инструментом на важном этапе программно-целевого планирования — этапе построения дерева целей.

Квалиметрия и метод морфологического анализа («морфологического ящика»). Суть этого метода «... состоит в систематическом исследовании всех мыслимых вариантов, вытекающих из закономерностей строения совершенствуемого объекта — его морфологии. При этом синтезируются как известные, так и новые, необычные варианты, которые методом «проб и ошибок» вполне могли быть упущены» [66, с. 56]. После того как получено большое разнообразие вариантов, их необходимо сопоставить с целью выбора лучшего. А это уже одна из типичных задач квалиметрии, которая, таким образом, помогает наиболее эффективным способом реализовать возможности метода морфологического анализа.

Быше были проанализированы различные аспекты вопроса «Квалиметрия и другие науки». Отвечая на подобный же вопрос, но относящийся к исследованию операций, У. Черчмен, Р. Акоф и Л. Арнов свыше 20 лет назад писали, что «исследование операций выделилось из других наук, многое из них позаимствовав. Это наблюдается при «рождении» каждой новой теоретической дисциплины. И всегда затруднительно отделить новую область от тех, из которых она выделилась, так как существует пересечение задач, методов и принципов. Со временем происходит полная дифференциация, и постепенно тех, кто работает в новой области, перестают одолевать таким вопросом: «А чем это отличается от того-то и того-то?» Быстрое развитие исследования операций как самостоя-

тельной дисциплины со своим собственным названием свидетельствует о ее растущем признании. Но дифференциация от других областей еще далеко не завершена». Это утверждение вполне можно повторить сегодня применительно к квалиметрии.

Резюмируя содержание этого параграфа, можно сказать: квалиметрия не подменяет ни одну из существующих научных дисциплин, а находится с ними в состоянии взаимодействия, получая «помощь» от одних наук и оказывая ее другим.

1.3. Обзор развития квалиметрии

Исторически сложилось так, что для оценки качества и в нашей стране и за рубежом до недавнего времени главным образом использовали экспертный метод. Поэтому в обзоре подавляющая часть приведенных работ связана с оценкой качества именно экспертным методом. В обзор не включены те исследования, которые касаются применения количественных оценок качества в такой специфической области, как строительство и архитектура.

Как это следует из теории измерений, любой фирменный знак, свидетельствующий об изготовителе продукции (и тем самым косвенно о качестве этой продукции) представляет собой показатель качества. Но показатель качества, значения которого выражены не в привычных шкалах интервалов или отношений, а в так называемой шкале наименований. С этой точки зрения одним из первых примеров оценки качества (еще в XV веке до н. э.) является маркировка специальным знаком, который ставили на свои изделия гончары с о. Крит.

Другой способ получения информации о качестве продукции издавна был связан с применением экспертного метода. Хорошо известно, что им пользовались, когда необходимо было оценить какой-либо объект на основе обобщенного человеческого опыта — коллективной мудрости людей. Член-корреспондент АН СССР Н. Моисеев считает, что древнейшим примером экспертиз является оценка вин, когда перед дегустаторами ставится вопрос: удовлетворяет ли вино необходимому качеству?

Растущая необходимость определения соответствия продуктов труда установившимся в данном обществе потребностям вызвала к жизни специальную научную дисциплину — товароведение. Произошло это тогда, когда

развитие производительных сил на основе использования методов машинного, промышленного производства обусловило появление на рынке резко возросшего количества товаров, требующих классификации и оценки. (Первая кафедра товароведения, учрежденная в 1549 г. в Италии при Падуанском университете, занималась исследованием растительных и животных фармацевтических товаров.) Однако на данной стадии развития товароведение в основном ограничивалось только исследованием отдельных физических-химических характеристик товаров с точки зрения проверки соответствия их определенным эталонам, например прочность ткани на разрыв, процентное содержание жира в молоке, но не позволяло анализировать и оценивать качество товара в целом как совокупности отдельных его потребительских свойств.

Дальнейшее развитие производительных сил и связанное с ним развитие международной торговли вызвали необходимость классификации продукции по качественным категориям, для чего требовалось не только измерять отдельные показатели продукции, но и количественно оценивать ее качество по совокупности всех потребительских свойств. В связи с этим в различных европейских странах и в США в конце прошлого — начале нынешнего века стали использовать методы оценки качества продукции с помощью баллов. Разработка этих методов первоначально была связана с необходимостью оценивать продукты на различных выставках и конкурсах, а в дальнейшем с возрастающей концентрацией производства и торговли, а также с появлением необходимости стандартизации продуктов для внутреннего и внешнего рынка. Однако всем этим методам оценки качества была присуща одна особенность — полученные оценки, как правило, не имели теоретического, научного обоснования и носили чисто эмпирический характер. Первым, кто в нашей стране попытался подвести научную базу под оценку качества, был знаменитый русский ученый академик А. Н. Крылов. Когда после русско-японской войны 1904—1905 гг. он был назначен техническим руководителем работ по восстановлению русского флота, ему пришлось столкнуться с проблемой сравнительной оценки качества многочисленных вариантов проектов военных кораблей, присланных кораблестроительными фирмами всего мира на специальный конкурс. А. Н. Крылов предложил оценивать каждое мореходное или боевое свойство корабля (огневую мощь,

броневую защиту, скорость хода и т. д.) соответствующим коэффициентом, учитывающим не только выраженность каждого свойства, но и его неравнозначность среди других свойств. Причем подобные коэффициенты определялись им не экспертным, а чисто расчетным, аналитическим методом. Сведение этих коэффициентов в единую комплексную оценку и позволило количественно оценить качество всех представленных на конкурс проектов боевых кораблей.

В период между двумя мировыми войнами почти во всех развитых в промышленном отношении странах для основных видов и категорий сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов были разработаны различные системы балльной оценки. Такие же оценки применялись и для некоторых промышленных товаров широкого потребления, например обуви и текстиля.

В СССР методы оценки качества стали использоваться с конца 20-х годов, когда специально созданное «Особое совещание по качеству продукции при Президиуме ВСНХ СССР» признало необходимым использовать обобщенные показатели качества как один из важных инструментов обеспечения технического прогресса и улучшения качества выпускаемой продукции. Для некоторых видов товаров широкого потребления с использованием экспертного метода были разработаны так называемые «сравнительные коэффициенты качества», имевшие нормативный характер. В последующие годы производилось совершенствование методик оценки качества, в результате чего оказалось возможным использовать эти методы в отраслевых и государственных стандартах, а также в ведомственных инструкциях. Так, в конце 20-х — начале 30-х годов были разработаны и внедрены в практику методы оценки качества ряда пищевых продуктов — сливочного масла, рыбных консервов, хлеба, кондитерских изделий. Аналогичный метод применительно к сушеным овощам был внедрен в 1936 г. Отражением особого внимания, которое в тот период уделялось проблеме качества и его оценки, является и тот факт, что в марте 1931 г. было утверждено «Положение о Высшей государственной инспекции по качеству».

Методы оценки качества разрабатывались не только для продовольственных, но и для промышленных товаров широкого потребления, например, в 1937 г. для хлопчатобумажной пряжи, в 1941 г. для тканей и штучных текстиль-

ных изделий. Нужно отметить, что в 20—30-х годах количественно оценивалось качество и продукции промышленного назначения, например тракторов, сельскохозяйственных машин. Подобные методы применялись также для оценки качества протекания некоторых процессов, в частности качества работы типографии. В послевоенные годы количество методик оценки качества сильно возросло. В значительной степени это связано с повсеместным введением аттестации качества продукции, впервые в широких масштабах примененной в электротехнической промышленности. И в настоящее время практически не осталось ни одной отрасли народного хозяйства, где бы не использовались такие методики.

Нужно отметить, что в отличие от большинства стран в СССР методы оценки качества, и в частности экспертные методы, унифицируются в государственном масштабе, что позволяет использовать их как важный элемент управления качеством продукции. Так, во Всесоюзном научно-исследовательском институте стандартизации разработаны «Методические указания по применению экспертных методов для оценки качества продукции с использованием ЭВМ» и «Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции», а во Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики — «Общие методические рекомендации по оценке эстетического уровня промышленных изделий» и «Методические указания по оценке эстетических показателей качества промышленных изделий», в основу которых также положены методы экспертной оценки. Разработана серия ГОСТов на экспертные методы оценки качества продукции.

В европейских социалистических странах тоже предпринимаются шаги для наиболее полного использования количественных оценок для повышения качества выпускаемой продукции. С этой целью проводится работа по унификации и широкому внедрению методов оценки в рамках системы аттестации качества продукции.

В Болгарии такие методы широко используются для целей управления качеством промышленной продукции, а также при товароведной экспертизе во внешней торговле. В Венгрии проводятся глубокие исследования по повышению точности экспертного метода при органолептической оценке качества пищевой продукции. В Германской Демократической Республике в связи с обязательным

характером государственной аттестации качества продукции методы оценки качества находят чрезвычайно широкое применение. Так, только для экспертизы машиностроительной продукции создано около 50 экспертных комиссий, в которых работают 700 экспертов. Оценки качества используются и для определения конкурентоспособности изделий ГДР на мировых рынках. В Польше, где государственная аттестация качества продукции существует с 1958 г., количественные методы повсеместно используются для оценки товаров широкого потребления, например тканей и средств производства. Особо нужно отметить высокий уровень проводимых в ПНР органолептических экспертиз товаров, здесь впервые в мире были разработаны и введены в действие государственные стандарты на методы сенсорного (органолептического) анализа, а также издана монография по органолептическому анализу пищевых продуктов. В ЧССР в ежемесячнике «Стандарт» существуют постоянные рубрики «Предостерегаем» и «Хвалим», из которых читатели получают сведения о результатах обязательной оценки качества изделий, проводимых 70 государственными исследовательскими станциями, в которых занято несколько тысяч сотрудников. Чехословацкие специалисты также работают над повышением эффективности методов оценки качества.

Методы оценки качества товаров широко используются и в развитых капиталистических странах, например в США, Великобритании, Франции, ФРГ, Дании, Австрии, Японии.

Кроме того, в настоящее время методы оценки качества находят широкое применение в задачах, связанных с принятием решений.

Так, количественные оценки качества используются в планировании — при оценке планов развития экономики и планировании развития городов; в проектировании — для оценки соответствия проектов поставленным целям, при выборе принципа построения сложной системы и оценке крупных инженерных разработок; в торговле — при изучении рынка сбыта товаров; в промышленности — для оценки качества выполнения технологических операций и при исследовании социальной структуры предприятия; в науковедении — для оценки деятельности научных коллективов; в информатике — при исследовании систем переработки информации и в оптимизации систем информационного обслуживания; в науке об управлении —

для оценки деловых качеств специалистов и выявления факторов, влияющих на взаимоотношения начальника и подчиненных; в системе образования — при планировании учебных программ вузов, оценке качества учебного процесса и состояния школьного обучения; в политике — для определения наиболее выгодного политического курса и для анализа деятельности членов парламента; в военном деле — для оценки военных проблем и оценки работы исследовательских лабораторий.

Нужно сказать, что применительно к экспертному методу подавляющее большинство практических методик (особенно разработывавшихся до второй половины XX века) фактически не имело под собой какого-либо научного обоснования. Это не означает, что теоретическая разработка экспертного метода началась недавно, а до этого создавались только практические рекомендации, по многим аспектам экспертного метода проводились очень серьезные теоретические и экспериментальные исследования. Однако эти исследования проводились не в рамках экспертного метода оценки качества как такового, а в рамках ряда научных дисциплин, изучающих некоторые проблемы, сходные с задачами экспертного метода, например математической статистики, социологии, эконометрики (экономико-математических методов), и особенно экспериментальной и прикладной психологии.

Вероятно, первой научной работой, в которой исследовался один из важных вопросов теории экспертного метода оценки качества, является опубликованная в 1783 г. в трудах Петербургской Академии наук статья Даниила Бернулли «Изложение новой теории измерения риска». Обоснованное в ней понятие «ценность», используемое как критерий при выборе различных альтернатив поведения, представляет собой фундаментальную категорию в теории экспертного метода.

Для теоретического обоснования экспертного метода на раннем этапе его развития очень много сделали специалисты в области экспериментальной психологии. Так, в 1914 г. Бэррет провел сопоставление двух применявшихся в экспериментальной психологии методов — порядкового и метода парных сравнений. И хотя в этом исследовании (едва ли не первой работе такого рода) эксперты оценивали различия в массе предметов, полученные в нем выводы имеют значение и для экспертного метода оценки качества. Такое же сравнение было проведено в 1923 г.

в отношении двух других, часто употребляющихся в экспериментальной психологии методов ранговых и интервальных оценок.

Серьезный вклад в развитие теории экспертного метода был сделан известным психофизиологом Л. Терстоуном. В 1927 г. он сформулировал и обосновал так называемый «закон сравнительных суждений», представляющий собой теоретический фундамент одного из важных инструментов экспертного метода — метода парных сравнений. В 1928 г. совместно с Е. Чейвом им был разработан метод, с помощью которого можно в некоторой шкале измерить мнение (или позицию) испытуемых по какому-либо вопросу. Он же в 1929 г. обосновал метод измерения психологического сходства признаков различных объектов.

Влияние группы экспертов на индивидуальные оценки каждого эксперта исследовались в 1928 г. в работе В. М. Бехтерева и М. В. Ланге. В 1929 г. Биб-Сентер дал анализ вопроса о получении обобщенной по нескольким экспертам психологической оценки ценности какого-то объекта. К. Хефнер в 1929 г. провел экспериментальное сравнение (по показателям точности и надежности) трех способов получения информации от экспертов: порядкового метода, метода парных сравнений и метода кажущихся равными интервалов. В работе П. Хорста (1932 г.) аналитически обосновывались методы шкалирования, предложенные ранее Л. Терстоуном.

Все названные выше работы касались экспертной оценки объектов, отличающихся друг от друга только одним параметром. Что касается многопараметрических объектов, которые в практике оценки качества продукции встречаются гораздо чаще, чем однопараметрические, то психофизиологические основы экспертной оценки объектов этого класса были впервые теоретически проанализированы в работе Х. Ричардсона и развиты В. Торгерсоном.

Исследования в области теории экспертного метода, заметно уменьшившиеся во время второй мировой войны, снова усилились в послевоенный период. Так, в 1946 г. был проведен сопоставительный анализ некоторых методов опроса экспертов.

В 1951 г. К. Эрроу была детально обоснована теория групповых решений — одна из важных разновидностей экспертного метода, когда решение в группе принимается путем голосования. К. Эрроу исследовал основную проблему теории групповых решений — нахождение удовлет-

ворительного правила, по которому групповое решение выводится из множества решений членов группы.

В монографии Д. Гилфорда «Психометрические методы» (1954 г.) был обобщен накопленный в теории и практике экспертного метода материал, касающийся способов шкалирования экспертных оценок, а также их точности и надежности. В этом же году Черчмен и Акоф предложили при опросе экспертов использовать два новых, до того времени не употреблявшихся метода: метод последовательных сопоставлений и метод деления на равные группы, которые в практике экспертного опроса используются и до настоящего времени.

Наряду с обычными статистическими методами, применяемыми при экспертном опросе, для этой цели начали использоваться и методы непараметрической статистики, например метод ранговой корреляции, обобщенный в 1955 г. М. Кенделлом.

С 1958 г. в научный обиход вошел термин «эвристический» (от греческого «эурискеин», что означает «делать открытие»). Этот термин впервые был применен Саймоном и Ньюэллом для описания особого подхода к выбору решений, принимаемых на основе логики, здравого смысла и прошлого опыта экспертов. Суть его заключается в том, чтобы проследить, а затем и воспроизвести процесс принятия решения экспертом.

В конце 50-х годов впервые появились публикации, касающиеся вновь разработанного так называемого Дельфийского метода экспертного опроса, первоначально использовавшегося только для целей научно-технического прогнозирования, а затем ставшего одним из наиболее употребительных методов и в задачах оценки качества. В середине 60-х годов были опубликованы данные по методике ПАТТЕРН, многие разновидности которой также достаточно часто используются при количественной оценке качества различных объектов.

В работе Р. Эккенроде, вышедшей в 1965 г., описываются результаты эксперимента по сопоставлению шести наиболее употребительных в настоящее время способов получения информации от эксперта. Рекомендации, содержащиеся в этой работе, до настоящего времени широко используются специалистами экспертного метода. Наконец, нужно упомянуть выполненные в конце 60-х годов теоретические разработки П. Фишберна, в которых на основе предварительно введенной аксиоматики, формули-

рования и доказательства ряда теорем достаточно строгими методами описывается процесс вынесения экспертной оценки, основанной на учете различий в индивидуальных полезностях оцениваемых экспертом альтернатив.

Следует сказать, что в рамках экспертного метода оценки качества развивается направление, в котором используется понятие субъективной вероятности, например, для оценки надежности экспертной оценки или оценки важности отдельных параметров (целей) вместе с оценкой вероятностей их реализации.

Исследования по теории экспертного метода в послевоенный период велись и в СССР. Так, например, теоретические основы экспертного метода исследовались в работах: Ю. Патругина — выявление условий применимости балльного шкалирования признаков; Р. Носкина, В. Румянцева и Л. Сумарокова — построение непротиворечивой системы основных понятий экспертного метода оценки качества; М. Г. Загоруйко — моделирование процесса вынесения экспертной оценки.

Значительное внимание уделяется разработке теоретических аспектов повышения точности экспертных оценок. Можно указать в связи с этим на работы Н. И. Комкова, В. М. Назаретова и И. Б. Моцкуса, посвященные обоснованию способов отбора наиболее квалифицированных экспертов; работы группы исследователей В. И. Карабегова, В. Б. Мурадяна, С. М. Минасяна, в которых выявляется зависимость точности коллективных экспертных оценок от размеров экспертной группы; исследования Ю. П. Рудакова по анализу достоверности экспертных оценок и Э. П. Райхмана по факторам, влияющим на их точность. Ю. В. Ершов вместе с Д. В. Усовским обосновали новую процедуру определения степени согласованности экспертных оценок, существенно отличающуюся от обычно применяемой процедуры вычисления коэффициента конкордации. Методы определения вида функции на базе экспертных оценок были обоснованы Ю. В. Киселевым и Э. П. Райхманом. Имеется целый ряд других работ отечественных авторов по развитию теории экспертного метода. Так, в 1973—1974 гг. вышли монографии, обобщающие методологию получения экспертных оценок.

Как уже отмечалось (см. 1.1), в 1968 г. советскими исследователями обоснована и с тех пор развивается квалиметрия — новое научное направление, исследующее проблему количественной оценки качества продукции.

Проблематика квалиметрии охватывает широкий круг задач, решение которых позволит повысить точность и надежность методов оценки качества.

В заключение краткого обзора следует назвать ряд работ по теории оценки качества, выполненных в 20-х годах, но основные выводы которых используются и при оценке качества продукции. Так, в 1922 г. П. Бриджмен предложил способ сведения воедино количественных оценок различных параметров, характеризующих качество. Некоторые аспекты этой проблемы были в 1928 г. проанализированы М. Арановичем. В том же году в работах П. Флоренского были предложены совершенно новые способы проведения ряда операций при количественной оценке качества продукции. Некоторые важные методологические приемы оценки качества впервые были предложены в 1929—1930 гг. Наседкиным.

2. АКСИОМАТИКА КВАЛИМЕТРИИ

Для обеспечения корректной количественной оценки качества желательна наличие логически непротиворечивой полной системы понятий, аксиом и теорем, связанных с такой оценкой.

Нужно сказать, что уже делались попытки решить проблему по разработке подобной аксиоматической системы (в задачах измерения качества или измерения таких смежных с качеством понятий, как потребительная стоимость и полезность).

Так, С. А. Федоровым в рамках уточнения понятия «потребительная стоимость» сделана попытка ввести систему аксиом, на основе которых можно дать формализованную интерпретацию взаимосвязи между количеством и качеством какого-то продукта. Однако с точки зрения возможности построения теории оценки качества представленная в этих работах аксиоматика оказывается существенно неполной, в результате чего ее автор использует в неявной форме некоторые допущения, корректность которых очень сомнительна. Например, из предложенных им формул [82, с. 77] вытекает, что улучшение качества на 1 % эквивалентно (с точки зрения улучшения потребительной стоимости) увеличению количества продукта также на 1 %, — вывод, который может оказаться справедливым только в чрезвычайно редких, частных случаях.

В работах П. К. Фишберна обоснована аксиоматическая теория, позволяющая дать количественное выражение понятия «полезность» [84]. Однако, как уже отмечалось, несмотря на некоторое сходство понятий «полезность» и «качество», существующие между ними различия все-таки достаточно велики для того, чтобы исключить возможность использования теории полезности как теории квалитетрии.

В наиболее полном виде на сегодняшний день дедуктивно-аксиоматический подход к построению теории количественной оценки качества представлен А. И. Субетто [74; 76; 77]. Эти исследования отличаются высоким уровнем математической формализации и синтезируют многие важные результаты, полученные в теории систем, теории исследования операций и теории надежности. Но и они не являются достаточно всеобъемлющими для того, чтобы служить единственной основой квалитетрии. Например, в них не выявлена важная связь оценки качества объекта и общественной потребности, удовлетворяемой этим объектом; не проводится принципиальное различие между всеми свойствами объекта и теми его свойствами, которые связаны с удовлетворением общественной потребности и в связи с этим в совокупности определяющими понятие качество.

В излагаемой в данной главе аксиоматической теории количественной оценки качества сделана попытка избежать тех негативных особенностей теоретических разработок, о которых говорилось выше.

Как уже отмечалось, по своему характеру эта теория является дедуктивно-аксиоматической. Это означает: а) любые понятия формулируются только через ранее введенные понятия; б) с использованием введенных понятий формулируются аксиомы и доказываются теоремы (причем условно не делается различий между аксиомами и постулатами).

Учитывая допустимый объем настоящей книги, а также контингент ее возможных читателей, оказалось необходимым наложить ограничения на форму и содержание аксиоматической теории: а) изложение ведется не на формализованном, а на содержательном уровне, что, естественно, обеспечивает меньшую строгость по сравнению с полностью формализованным изложением, которое сравнительно легко осуществить; б) приводятся формулировки только тех теорем (и соответствующих аксиом),

которые представляются наиболее важными для практического использования.

Квалиметрия исследует проблему оценки качества широкого класса объектов (и в первую очередь объектов, являющихся продуктами труда). Поэтому для терминологии излагаемого материала: а) выбраны такие понятия, а также аксиомы, которые в основном не противоречат терминологии и взглядам, уже сложившимся в сфере измерения качества; б) не используются термины, которые по своему характеру применимы только по отношению к продуктам труда и неприменимы к более широкому классу объектов, например к процессам, людям и т. д. В этом случае вводятся новые понятия и термины, по отношению к которым термины, стандартизированные для сферы управления качеством продукции, являются частным случаем.

2.1. Потребители и их потребности

В научных публикациях при введении новых понятий и терминов часто применяют оборот «будем называть ...» Здесь и в дальнейшем для краткости он опускается.

Определение 1. Население $H^{(L)}$: численность людей страны.

Определение 2. Общество L^o : множество людей (мощность множества равна $H^{(L)}$).

Как известно, в широком смысле общество — это совокупность исторически сложившихся форм совместной деятельности людей. Но рассматриваемый в узком смысле термин «общество» имеет и несколько других определений. В соответствии с одним из них общество — это совокупность людей, объединенных определенным способом производства и определенными производственными отношениями на определенной ступени исторического развития (см., например, «Словарь русского языка» С. И. Ожегова). Определение 2 отражает именно эту, «узкую» интерпретацию термина «общество».

Определение 3. Моментная потребность N_{ei} : необходимость, нужда в чем-либо i -м в момент t для одного или нескольких людей.

Такая трактовка термина «потребность» хорошо согласуется с наиболее распространенными определениями этого термина, приводимыми в нормативных источниках, например в БСЭ, в Философской энциклопедии, в Словаре

синонимов русского языка, в Словаре русского языка (под ред. Ожегова) и т. д.

Определение 4. Потребители l_k : люди, обладающие хотя бы одной моментной потребностью $\dot{N}e_{it}$.

Определение 5. Группа людей L_f : непустое множество потребителей, имеющих хотя бы одну общую моментную потребностью $\dot{N}e_{it}$.

Понятие «группа людей» близко по смыслу к используемым в литературе по экономике и управлению понятиям «социально-экономическая группа» и «социальная группа».

Определение 6. Индивидуум L_f^n : группа людей, численностью равная 1. (Или, иначе говоря, индивидуум — это один потребитель.)

Определение 7. Моментная потребностью индивидуума $\dot{N}e_{it}^n$ (группы $\dot{N}e_{it}^f$; общества $\dot{N}e_{it}^o$): моментная потребностью группы L_f , численностью, равной 1 (больше 1; населению $H^{(L)}$).

Существование групповых потребностей (описываемых определением 7) отмечается во многих работах (см., например, [70, с. 24]).

Теорема 1. Множество моментных потребностей всех групп людей конечно¹.

Определение 8. Объект Ω : предмет или процесс, реальный или идеальный (мысленный).

Тезис о том, что объекты могут быть и абстрактными (идеальными), отмечается и в монографии [79, с. 18]. Вместо термина «объект» в литературе по принятию решений используются и другие, сходные по смыслу термины: альтернативы, распределения, системы, последствия, наборы товаров, многомерные результаты, допустимые решения, варианты решения, стратегии, действия, варианты и др.

Применительно к товарам объектом является любой конкретный подвергающийся оценке качества товар.

Определение 9. Имманентное свойство \dot{x}_{ij} : i -я характерная черта, отличие, своеобразие, особенность объекта Ω_j , внутренне присущая ему.

Определение 10. Полное (неполное) удовлетворение i -й моментной потребности $\hat{U}_d (N_{e_{it}})$ [$U_d (N_{e_{it}})$]: удовлет-

¹ Доказательство этой и некоторых других теорем не приводится, чтобы не вводить дополнительно значительное количество новых терминов и определений.

ворение потребности $\dot{N}_{e_{it}}$, в результате которого она у потребителя исчезает (не исчезает).

Определение 11. Потребление P_{oi} : бинарное отношение, иницирующее $\dot{U}_d (N_{e_{it}})$ или $U_d (N_{e_{it}})$.

Определение 12. Общественная моментная потребность $N_{e_{it}}$: потребность той группы, для удовлетворения которой предназначен данный объект Ω . Общественная моментная потребность индивидуума $N_{e_{it}}^n$ (группы $N_{e_{it}}^r$; общества $N_{e_{it}}^o$): потребность $N_{e_{it}}$, которой обладает данный индивидуум L_i^n (вся группа L_i ; все общество L^o).

Заметим, что всегда моментная потребность общества $\dot{N}_{e_{it}}^o$ одновременно является и общественной моментной потребностью $N_{e_{it}}^o$, но не всякая моментная потребность индивидуума ($\dot{N}_{e_{it}}^n$) или группы ($\dot{N}_{e_{it}}^r$) является общественной моментной потребностью ($N_{e_{it}}^n$ или $N_{e_{it}}^r$).

Определение 13. Свойство x_{ij} : имманентное свойство \dot{x}_{ij} , которым удовлетворяется общественная потребность $N_{e_{it}}$.

Легко заметить, что в соответствии с определениями 9 и 13 множество свойств x_{ij} является подмножеством имманентных свойств \dot{x}_{ij} . В связи с этим нужно признать, что термин «свойство», строго говоря, следовало бы давать вместе с каким-либо прилагательным, например «потребительское свойство», «учитываемое свойство» и т. д. И для принятой здесь краткой формы, без прилагательного (просто «свойство»), есть только одно (но зато представляющееся достаточно весомым) оправдание: термин «свойство» прочно утвердился как в научной, так и в нормативно-технической литературе. И по этой причине он будет использоваться и в данной работе.

Ввиду особой важности понятия «свойство» акцентируем внимание на его смысловом отличии от понятия «имманентное свойство». Например, известно, что практически любое металлическое тело в большей или меньшей степени обладает свойством магнитострикции, т. е. способностью изменять свою форму или размер при намагничивании. Рассмотрим два разных вида товаров — наручные механические часы-хронометр и скобяные изделия. Поскольку магнитострикция присуща обоим этим товарам, для каждого из них она является имманентным свойством. Причем это свойство в случае с хронометром влияет на удовлетворение определенной потребности, например по-

требности иметь достаточно точную информацию о времени (при большой величине магнитострикции у хронометра, случайно подвергнутого воздействию магнитного поля, ухудшается точность хода). Значит, для хронометра в соответствии с определением 13 магнитострикция является и имманентным свойством, и свойством.

В то же время для скобяных изделий воздействие магнитного поля и магнитострикция не оказывают какого-либо влияния на улучшение или ухудшение условий их использования. А это значит, что магнитострикция не влияет на удовлетворение потребности, т. е., являясь имманентным свойством, не является свойством. Таким образом, каждое свойство является имманентным свойством, но не каждое имманентное свойство является свойством.

Определение 14. Затраты $x_{за}$: имманентное свойство, характеризующее все затраты общества (не обязательно только экономические) на создание и использование (потребление или эксплуатацию) объекта Ω .

В дальнейшем для простоты, чтобы не вводить отдельную аксиоматику для понятия «затраты», все логические построения, основанные на введении понятия «свойство», условно будут считаться применимыми и по отношению к понятию «затраты». В связи со сказанным в последующем (за исключением специально оговоренных случаев) под термином «свойства» будут подразумеваться и собственно свойства, и имманентное свойство «затраты».

Теорема 2. Потребности Ne_{it} удовлетворяются свойствами и только свойствами.

Следствие 1. Потребности Ne_{it} удовлетворяются только при потреблении объектов.

Теорема 3. Для любого объекта множество его свойств конечно и непусто.

Доказательство. Пусть $Ne_t = \{Ne_{it}\}$.

Из О.12¹ $\vdash Ne_t \subseteq \dot{Ne}_t = \{\dot{Ne}_{it}\}$. (а)

Из Т.1 $\vdash |\dot{Ne}_t| < \infty \Rightarrow [|Ne_t| < \infty, \text{ по (а)}]$. (б)

Из Т.2 $\vdash |X_j : X_j = \{x_{ij}\}| \leq |Ne_t|$. (в)

Из (б), (в) $\vdash |X_j| < \infty$. Теперь докажем, что $|X_j| > 0$.

Пусть $[\{Ne_{it}\} \neq \emptyset] \leftrightarrow \exists Ne_{it}$. Тогда из О.12 $\vdash \exists Ne_{it} \Rightarrow$

$\Rightarrow \exists \Omega_j \Rightarrow \exists x_{ij}$ (по О.13) $\Rightarrow |X_j| > 0$, ч. т. д.

¹ Здесь и в дальнейшем при доказательстве теорем вместо слов «определение», «теорема», «аксиома», «следствие» будут применяться их сокращения, например О.12; Т.5; А.3; С.1.

Следствие 1. При потреблении объекта удовлетворяется одна или несколько общественных моментных потребностей Ne_{it} .

По-видимому, нет сомнений, что следствие 1 непосредственно вытекает из теоремы 3. Но корректность этого следствия подтверждается и таким соображением: процесс потребления есть некоторое действие. А как отмечали еще К. Маркс и Ф. Энгельс, никто не может сделать что-нибудь, не делая этого вместе с тем ради какой-либо из своих потребностей.

Аксиома 1. Общество L^o учитывает только общественные моментные потребности Ne_{it} .

Смысл этой аксиомы заключается в утверждении, что при оценке качества должны учитываться только те потребности, которые являются общественными по своему характеру (в смысле определения 12), будь то потребности индивидуума или группы. Что же касается иных потребностей, не относящихся к категории общественных, то их при оценке качества учитывать не нужно. Например, еще сравнительно недавно существовали индивидуумы, которые использовали рентгеновскую пленку для кустарного изготовления грампластинок. Но удовлетворяемая ими при этом потребность в соответствии с определением 12 не является общественной (в том смысле, что при изготовлении такой пленки общество отнюдь не предусматривало подобное ее использование). Значит, оценивая качество рентгеновской пленки, нет необходимости принимать во внимание, удобно или неудобно будет ее использовать для кустарного изготовления грампластинок.

Следствие 1. Общество учитывает свойства x_{ij} и только свойства объекта Ω_j .

Очевидность тезиса, выраженного следствием 1, вытекает из анализа многих работ. Например, отмечается [114, с. 321], что для данного продукта учитываемые при оценке качества свойства зависят от характера потребности, а в работе [62, с. 42] вводится понятие «нейтральный параметр», т. е. свойство, не связанное с удовлетворением потребности (что по введенной выше терминологии, очевидно, соответствует понятию «имманентное свойство, не являющееся свойством»).

Теперь рассмотрим, какими показателями характеризуются свойства объекта.

2.2. Моментный показатель свойства и его измерение

Определение 15. Однородные свойства $x_{ij}^{од}$: множество i -х общих (по характеру) свойств у двух или более объектов.

Например, масса пылесоса и масса холодильника — однородные свойства, а масса пылесоса и высота холодильника однородными свойствами не являются.

Определение 16. Моментный показатель свойства (или просто моментный показатель) Q_{it} : величина, характеризующая свойство в момент t ¹.

Определение 17. Измерение моментного показателя Q_{it} : процесс сравнения величины Q_{it} с единицей U_i и нахождение величины q_{it} (называемой значением показателя) в равенстве $Q_{it} = q_{it}U_i$, если при этом соблюдаются условия: 1) q_{it} — ограниченное, положительное, действительное число; 2) U_i — размерная или безразмерная величина; 3) $Q_{it} \geq 0$ и $U_i \geq 0$; 4) при q_{it} — рациональное число, $q_{it} = \frac{m}{n}$ (m, n — натуральные числа) и существует такая величина V_i , что $U_i = nV_i$ и $Q_{it} = mV_i$; 5) при q_{it} — иррациональное число, для любого рационального числа r выполняется:

$$\left. \begin{array}{l} \text{из } q_{it} > r \text{ следует, что } Q_{it} > rV_i \\ \text{из } q_{it} < r \text{ следует, что } Q_{it} < rV_i \end{array} \right\}, \quad (a)$$

причем условие (а) выполняется для всех десятичных приближений к q_{it} по недостатку и по избытку.

Определение 17 является интерпретацией (применительно к понятию «моментный показатель») понятия «измерение», сформулированного А. Н. Колмогоровым (см., например, БСЭ, статья «Измерение»).

Определение 18. Бинарное отношение совершенного строгого (нестрогого) предпочтения $\cdot > (\cdot \geq)$: бинарное отношение предпочтения, являющееся совершенным строгим порядком (нестрогим квазипорядком).

В данном случае по уже отмечавшимся выше причинам понятия «бинарное отношение», «строгий порядок» и

¹ В данном случае понятие «величина» не определяется (это сделано в упомянутой выше более полной аксиоматике), а принимается по смыслу соответствующим известному определению, данному этому понятию А. Н. Колмогоровым (см., например, в БСЭ статью «Величина»).

«нестрогий квазипорядок» не определяются, а принимаются как исходные в соответствии с той их интерпретацией, которая обычно дается в литературе по принятию решений или теории множеств.

Определение 19. Квазиупорядоченное по предпочтению множество $A \cdot \succsim$: множество, всюду на котором определено отношение $\cdot \succsim$.

Определение 20. Возможные моментные значения показателя q_{it} : множество значений показателей для множества i -х однородных свойств в момент t .

Теорема 4. q_{it} есть $A \cdot \succsim$.

Следствие 1. Для каждого i множество однородных свойств есть $A \cdot \succsim$.

Определение 21. Среда свойства объекта X_{ij}^Ψ : множество свойств, которые принадлежат объектам (не совпадающим с данным объектом Ω_j), таких, что при изменении значений их показателей изменяются значения q_{ijt} .

Например, для такого свойства электромиксера, как «производительность», средой являются совокупность свойств «напряжение в сети» и «консистенция смешиваемого состава» (так как его производительность существенно от них зависит).

Определение 22. Параметр среды свойства Ψ_{ijm} : моментный показатель m -го свойства среды X_{ij}^Ψ для свойства x_{ij} .

Значение параметра среды свойства ψ_{imk} : k -е значение i -го параметра среды X_{ij}^Ψ для i -го свойства x_{ij} .

Определение 23. Типичные условия использования объекта U_{sr} : r -е объединение по всем i -м свойствам фиксированных по каждому m значений ψ_{imk} .

Определение 24. Возможное состояние среды свойства Ψ_{ijt} : множество всех k -х для каждого m значений параметров среды свойства ψ_{ijmt} .

Состояние среды свойства ψ_{ijrt} : возможное состояние среды свойства Ψ_{ijt} в r -х типичных условиях использования объекта.

Определение 25. Моментный показатель зависимого от среды свойства Q_{ijmt} : такой моментный показатель Q_{ijt} , значение которого изменяется с изменением хотя бы одного значения из числа входящих в возможное состояние среды свойства ψ_{ijt} . Например, температура в морозильной камере холодильника зависит по крайней мере от

одного параметра среды свойства — от температуры воздуха в помещении.

Моментный показатель зависимого от условий использования свойства Q_{ijrt} : показатель Q_{ijt} , значение которого изменяется с изменением состояния среды свойства Ψ_{ijrt} .

Определение 26. Моментный показатель независимого от среды свойства Q_{ijt} : показатель свойства, для которого не существует среда свойства Ψ_{ijrt} ¹.

Например, количество режимов стирки в автоматической стиральной машине не зависит от изменения состояния каких-либо параметров внешней среды, т. е. для этого свойства стиральной машины среда свойства отсутствует.

Определение 27. Эталонное значение моментного показателя q_{it}^{\uparrow} : такое $q_{ijt} \in q_{it}^{\uparrow}$, что не существует никакого q_{ijt} , которое бы ему строго предпочиталось.

Определение 28. Упорядоченные по возрастающим (убывающим) номерам значения показателя q_{ijt}^{\uparrow} (q_{ijt}^{\downarrow}): такие значения q_{ijt} , что большие (меньшие) их номера соответствуют большим предпочтениям.

Определение 29. Односторонне возрастающий (убывающий) моментный показатель Q_{ijt}^{\uparrow} (Q_{ijt}^{\downarrow}): показатель Q_{ijt} , на всем множестве значений которого потребитель предпочитает большие (меньшие) значения меньшим (большим).

Пример односторонне возрастающего показателя — количество книг, размещаемых на стеллаже. Пример односторонне убывающего показателя — усилие, которое необходимо прикладывать для вращения ручки ручной мясорубки.

Определение 30. Двусторонний моментный показатель $Q_{ijt}^{\uparrow\downarrow}$: показатель Q_{ijt} , все множество моментных значений которого может быть разбито на два непересекающихся подмножества, на одном из которых большие значения предпочитаются меньшим, а на другом — меньшие большим.

Например, таким показателем является ширина клавиши на клавиатуре аккордеона.

Определение 31. Данное удовлетворение моментной потребности U_d (Ne_{ijt}): такое U_d (Ne_{it}), которое осуществляется j -м однородным свойством.

¹ Чтобы излишне не увеличивать объем главы, в дальнейшем будут приводиться только те термины и определения, которые относятся к независимым от среды свойствам (если только не потребуются использование и зависимых от среды свойств).

Определение 32. Допустимое значение одностороннего возрастающего (убывающего) моментного показателя независимого от среды свойства $q_{it}^{\uparrow \text{доп}} (q_{it}^{\downarrow \text{доп}})$: такое, имеющее минимальный (максимальный) номер из числа упорядоченных по номерам значение $q_{ijt} \in \{q_{ijt}^{\uparrow} (q_{ijt}^{\downarrow})\}$, что общество не хочет, чтобы q_{ijt} имело еще меньший (больший) номер.

Определение 33: Браковочное значение одностороннего возрастающего (убывающего) моментного показателя независимого от среды свойства $q_{it}^{\uparrow \text{бп}} (q_{it}^{\downarrow \text{бп}})$: такое из числа упорядоченных по номерам значений $q_{ijt} \in \{q_{ijt}^{\uparrow} (q_{ijt}^{\downarrow})\}$, номер которого на 1 меньше (больше) номера $q_{it}^{\uparrow \text{доп}} (q_{it}^{\downarrow \text{доп}})$.

Определение 34. Минимальное (максимальное) локальное значение параметра среды свойства $\psi_{ijmt}^{\min} (\psi_{ijmt}^{\max})$: такое наименьшее (наибольшее) значение параметра среды свойства ψ_{ijmt} , которое для возрастающего (убывающего) моментного показателя не влечет за собой возникновение условия $q_{ijm_k t} \leq q_{im_k t}^{\uparrow \text{бп}} (q_{ijm_k t} \geq q_{im_k t}^{\downarrow \text{бп}})$.

Определение 35. Минимальное (максимальное) значение параметра среды свойства $\psi_{imt}^{\min} (\psi_{imt}^{\max})$: наименьшее (наибольшее) по всем j значение из множества минимальных (максимальных) локальных значений параметра среды свойства $\psi_{ijmt}^{\min} (\psi_{ijmt}^{\max})$.

Определение 36. Интервал изменения значений параметра среды свойства $\angle (\psi_{imt})$: такой замкнутый интервал, что любое значение параметра среды свойства $\psi_{im_k t}$ не выходит за его пределы.

Определение 37. Множество значений параметра среды свойства ψ_{im}^{\min} : множество тех значений ψ_{im_k} , которые может принимать m -й параметр в интервале его изменения.

Определение 38. Степень данного удовлетворения моментной потребности Ст (Ne_{ijt}): такая величина, что: 1) она достигает максимума тогда и только тогда, когда данное удовлетворение моментной потребности Уд (Ne_{ijt}) равно эталонному значению Уд ($Ne_{ijt}^{\text{эт}}$), т. е. такому Уд (Ne_{ijt}), которое достигается эталонным значением моментного показателя $q_{it}^{\text{эт}}$; 2) при Уд (Ne_{ijt}) = const связано с Уд (Ne_{ijt}) монотонно возрастающей зависимостью; 3) при Уд (Ne_{ijt}) = const связано с Уд ($Ne_{ijt}^{\text{эт}}$) монотонно убывающей зависимостью.

Сформулированные понятия позволяют перейти к определению различных состояний, в которых может находиться объект за период его существования.

2.3. Виды состояний объекта

Определение 39. Состояние объекта: множество моментных значений показателей свойств $\{q_{ijt}\}$ объекта.

Аналогичный по смыслу термин «техническое состояние» иногда применяется в отношении тех объектов, которые являются изделиями (см., например, ГОСТ 19919—74).

Определение 40. Критическое свойство x_{ij}^k : такое свойство x_{ij} , что при $q_{ijt} \leq q_{it}^{бр}$ группа людей, обладающих общественной моментной потребностью в этом свойстве, не хочет потреблять объект Ω_j .

Критическое свойство для объектов-изделий иногда называется «основное свойство» [73, с. 17].

Приведем пример критического свойства. Возьмем такую группу потребителей, как женщины, следящие за модой. Тогда применительно к верхнему женскому платью свойство «соответствие моде» будет являться критическим, так как немодный фасон платья (при котором $q_{ijt} \leq q_{it}^{бр}$) у этой группы потребителей спроса не найдет.

Определение 41. Пригодность к использованию: состояние объекта, при котором для каждого из его критических свойств выполняется условие $q_{ijt} \geq q_{it}^{доп}$.

Для объектов-изделий применяются идентичные по смыслу термины «работоспособность» (ГОСТ 13377—75) и «годное изделие» (ГОСТ 17102—71).

Определение 42. непригодность к использованию: состояние объекта, при котором хотя бы для одного из его критических свойств не выполняется условие $q_{ijt} \geq q_{it}^{доп}$.

Определение 43. Отказ: такое состояние объекта, при котором он переходит из пригодного к использованию состояния в непригодное.

Обычно считается, что отказ наступает из-за нарушения условия $q_{ijt} \geq q_{it}^{доп}$ вследствие ухудшения значения q_{ijt} . В данном же определении принята другая, более общая трактовка отказа, в соответствии с которой отказ может наступить также и при ужесточении допустимых значений $q_{it}^{доп}$.

Определение 44. Безызъянность (изъянность) объекта: состояние объекта, при котором для каждого (не для каждого) его свойства выполняется условие $q_{ijt} \cdot \geq q_{it}^{\text{доп}}$.

Термину «безызъянность объекта» применительно к объектам-изделиям соответствует термин «исправность» [69, с. 7].

Определение 45. Безызъянность (изъянность) свойства: такое значение q_{ijt} , которое удовлетворяет (не удовлетворяет) условию $q_{ijt} \cdot \geq q_{it}^{\text{доп}}$.

Для объектов-изделий вместо термина «изъянность свойства» используются термины «неисправность» и «повреждение» [53, с. 13]. Но так же, как и отказ, изъянность может наступить как из-за ухудшения значений q_{ijt} , так и из-за ужесточения значений $q_{it}^{\text{доп}}$. Сам термин «изъянность» предложен еще в 20-х годах (хотя и в несколько ином смысле) П. А. Флоренским.

Определение 46. Нестабильное (стабильное) свойство x_{ijt} (x_{ij}): свойство, значение моментного показателя q_{ijt} которого изменяется (не изменяется) во времени. Например, для грампластинки нестабильное свойство — «чистота звука», стабильное — «диаметр пластинки».

Аксиома 2. Для нестабильных свойств значение моментного показателя q_{ijt} с течением времени, вообще говоря, ухудшается (т. е. уменьшается для возрастающих и увеличивается для убывающих показателей).

Одно из немногих исключений из этой аксиомы — свойство бетона «прочность», для которого в течение определенного времени и в особых режимах эксплуатации значение показателя может не только не понижаться, но и увеличиваться.

Определение 47. Процесс: последовательная смена состояний объекта.

Определение 48. Полное восстановление безызъянности: такой процесс, в результате которого изъянный объект становится безызъянным.

Неполное восстановление безызъянности; такой процесс, в результате которого количество свойств, характеризующих соотношением $q_{ijt} \leq q_{it}^{\text{доп}}$, уменьшается.

Восстановление безызъянности по i -му свойству: такой процесс, в результате которого изъянность исчезает.

Восстановление после отказа: такое восстановление безызъянности свойства, которое относится к критическому свойству x_{ij}^* .

Если речь идет об объектах-изделиях, то в нормативной литературе вместо термина «восстановление безызъятности» используется термин «ремонт», а вместо термина «восстановление после отказа» — термины «отыскание и устранение отказа» и «восстановление» (ГОСТ 13377—75 и ГОСТ 18322—73).

Определение 49. Сохранение безызъятности объекта (свойства): такой процесс, в результате которого вероятность появления изъятности уменьшается. Сохранение пригодности к использованию: такое сохранение безызъятности, которое относится к критическим свойствам.

Если речь идет об объектах, являющихся изделиями, то используются термины «техническое обслуживание» или «планово-предупредительный ремонт» (ГОСТ 18322—73).

Определение 50. Улучшение свойства: такой процесс, в результате которого значение q_{ijt} , нестрого предпочитаемое $q_{it}^{\text{доп}}$, становится еще лучше. Для объектов-изделий применяются термины «модернизация» и «реконструкция».

Определение 51. Полный моральный износ \widehat{M}_{ijr} : такое состояние объекта, что в r -х типичных условиях использования одновременно: 1) по всем свойствам существует безызъятность; 2) общество не хочет улучшения свойств объекта; 3) общество не хочет продолжения использования объекта.

Определение 52. Предельное состояние: такое состояние объекта в r -х типичных условиях использования, что одновременно: 1) хотя бы по одному свойству имеется изъятность; 2) общество не хочет полного (неполного) восстановления безызъятности или улучшения свойств объекта; 3) общество не хочет продолжать использовать объект.

Полное предельное состояние: такое состояние объекта, что в r -х типичных условиях использования существует полный моральный износ, или предельное состояние.

Определение 53. Расход объекта: такой процесс, что потребление объекта в момент t приводит к окончанию существования объекта.

Определение 54. Израсходование: такое состояние объекта, когда он в r -х типичных условиях использования перестает существовать в результате расхода.

Сходный термин, применяемый по отношению к объектам-изделиям, — «выполнение изделием требуемых функций в заданном объеме и в заданное время» [86, с. 10].

Определение 55. Период времени T : промежуток времени от состояния объекта с индексом t_1 до состояния объекта с индексом t_2 ($t_1 \neq t_2$).

Определение 56. Период локального существования T_{jr}^{cy} : продолжительность существования объекта в r -х типичных условиях использования до наступления полного предельного состояния или до израсходования объекта.

Период существования $T_j^{cy} : T_j^{cy} \triangleq \sup \{T_{jr}^{cy}\}$.

Для объектов-изделий используют близкие по смыслу термины: «срок службы» (включающий срок хранения и транспортировки объекта) или «этап эксплуатации» как часть цикла жизни объекта [75, с. 51].

Определение 57. Момент окончания локального существования $t_{\omega_{jr}}$: момент, характеризующий окончание периода локального существования объекта.

Момент окончания существования $t_{\omega_j} : t_{\omega_j} = \sup \{t_{\omega_{jr}}\}$.

Если объект является изделием, то применительно к t_{ω_j} используются термины: момент списания, или израсходования, или замены объекта.

Определение 58. Период локального хранения и транспортирования к месту использования T_{jr}^{xp} : такие промежутки времени в период локального существования T_{jr}^{cy} , когда объект не потребляется, не подвергается восстановлению или сохранению безызъятности, или улучшению.

Период хранения и транспортирования к месту использования $T_j^{xp} : T_j^{xp} \triangleq \sup \{T_{jr}^{xp}\}$.

Определение 59. Требуемый период локального хранения и транспортирования $T_{jr}^{xp, \text{тр}}$: такой период локального хранения и транспортирования T_{jr}^{xp} , что общество не учитывает любые моменты времени, которые выходят за пределы этого периода.

Требуемый период хранения и транспортирования $T_j^{xp, \text{тр}} : T_j^{xp, \text{тр}} \triangleq \sup \{T_{jr}^{xp, \text{тр}}\}$.

Определение 60. Период локального использования $T_{jr}^{nc} : T_{jr}^{nc} = T_{jr}^{cy} - T_{jr}^{xp, \text{тр}}$.

Период использования $T_j^{nc} : T_j^{nc} \triangleq \sup \{T_{jr}^{nc}\}$.

Определение 61. Период локального простоя T_{jr}^{np} : такая часть периода локального использования объекта T_{jr}^{nc} ,

когда объект находится в процессе восстановления после отказа или сохранения пригодности к использованию, или улучшения критических свойств.

Определение 62. Частный период локального простоя в использовании i -го свойства T_{ijr}^{np} : такой период, когда по i -му свойству в r -х типичных условиях использования объект находится в процессе восстановления или сохранения безызъятности, или улучшения свойства, или в состоянии изъятности, вызванном i -м свойством.

Общий период локального простоя в использовании i -го свойства \hat{T}_{ijr}^{np} :

$$\hat{T}_{ijr}^{np} \triangleq T_{ijr}^{np} \cup T_{ijr}^{np}$$

Максимальный (минимальный) общий период локального простоя в использовании i -го свойства $\hat{T}_{ir}^{np, \max}$ ($\hat{T}_{ir}^{np, \min}$):

$$\hat{T}_{ir}^{np, \max} \left(\hat{T}_{ir}^{np, \min} \right) \triangleq \sup (\inf) \{ \hat{T}_{ijr}^{np} \}.$$

Частный период простоя в использовании i -го свойства T_{ij}^{np} :

$$T_{ij}^{np} \triangleq \sup \{ T_{ijr}^{np} \}.$$

Общий период простоя в использовании i -го свойства \hat{T}_{ij}^{np} :

$$\hat{T}_{ij}^{np} \triangleq \sup \{ \hat{T}_{ijr}^{np} \}.$$

Максимальный (минимальный) общий период простоя в использовании i -го свойства $\hat{T}_i^{np, \max}$ ($\hat{T}_i^{np, \min}$):

$$\begin{aligned} \hat{T}_i^{np, \max} \left(\hat{T}_i^{np, \min} \right) &\triangleq \\ &\triangleq \sup (\inf) \{ \hat{T}_{ir}^{np, \max} \left(\hat{T}_{ir}^{np, \min} \right) \}. \end{aligned}$$

2.4. Функция эффекта и ее связь с показателем свойства

Определение 63. Отношение эквисатисности $\rho_{\text{ЭК}}$: такое бинарное отношение между совокупностями объектов $\{ \Omega_j \}$ и $\{ \Omega_{j'} \}$, что совокупность j эквисатисна совокупности j' тогда и только тогда, когда потребности, удовлетворяемые свойствами объектов совокупности j , образуют такое множество, что объединение множеств потребностей,

удовлетворяемых свойствами, принадлежащими непустой совокупности j' , есть подмножество (с нестрогим включением) этого множества ¹. Например, совокупность телевизора и магнито радиолы находится в отношении эквисатисности с совокупностью, состоящей из телевизора, проигрывателя, радиоприемника и магнитофона.

Определение 64. Эквисатисная совокупность $\{\Omega_j\}^{\text{эк}}$: такая совокупность объектов, которая находится в отношении $\rho_{\text{эк}}$ с совокупностью объектов j .

Эквисатисный объект $\Omega_j^{\text{эк}}$: такой объект Ω_j , который находится в отношении $\rho_{\text{эк}}$ с совокупностью $\{\Omega_j\}$.

Определение 65. Эталонный период существования $T_j^{\text{сy. эт}}$: самое большое значение из множества периодов существования объектов, эквисатисных данному объекту Ω_j .

Эталонный момент окончания существования $t_{\omega}^{\text{эт}}$: такой момент, которым кончается $T_j^{\text{сy. эт}}$.

Определение 66. Интервал монотонности $T^{\text{мон}}$: такой период (входящий в $T_j^{\text{сy. эт}}$), для которого значение q_i является монотонной функцией от времени.

Определение 67. Функция эффекта моментного возрастающего показателя независимого (зависимого) от среды свойства $Q_{ij}^{\uparrow}(t) [Q_{ij}^{\uparrow}(t, \psi)]$: такая функция от $Q_{ijt}^{\uparrow} (Q_{ijmt}^{\uparrow})$, что она: 1) для всех интервалов монотонности является монотонной невозрастающей функцией времени; 2) во все моменты времени, характеризуемые соотношением $q_{ijt} (q_{ijmt}) \geq q_{it}^{\text{дон}} (q_{imt}^{\text{дон}})$, имеет значение, равное значению моментного показателя свойства; 3) равна 0 во все моменты времени, входящие в $\hat{T}_{ij}^{\text{нр}}$ или выходящие за пределы момента окончания существования объекта t_{ω_j} .

Функция эффекта моментного убывающего показателя независимого (зависимого) от среды свойства $Q_{ij}^{\downarrow}(t) [Q_{ij}^{\downarrow}(t, \psi)]$: такая функция от $Q_{ijt}^{\downarrow} (Q_{ijmt}^{\downarrow})$, что она: 1) для всех интервалов монотонности является монотонной неубывающей функцией времени; 2) во все моменты времени, характеризуемые соотношением $q_{ijt} (q_{ijmt}) \leq q_{it}^{\text{дон}} (q_{imt}^{\text{дон}})$, имеет значение, равное значению моментного показателя свойства $q_{ijt} (q_{ijmt})$; 3) во все моменты времени, характеризу-

¹ Термин «эквисатисность» образован от двух латинских слов «эквус» — равный и «сатис» — достаточно.

мые соотношением $q_{ijt} (q_{ijmt}) > q_{it}^{\text{доп}} (q_{imt}^{\text{доп}})$ или принадлежащие к $\hat{T}_{ij}^{\text{нр}}$, имеет значение, равное браковочному значению $q_{it}^{\text{бр}} (q_{imt}^{\text{бр}})$.

Отметим, что функция эффекта имеет некоторое сходство с так называемой функцией надежности, обоснованной в математической теории надежности.

Определение 68. Множество свойств надежности $X_j^{\text{н}}$: такое множество имманентных свойств x_{ij} , не являющихся свойствами, что для всех i и j показатели этих свойств учитывает функция эффекта $Q_{ij}(t)$ (или $Q_{ij}(t, \psi)$).

Свойство надежности $x_{ji}^{\text{н}}$: свойство, являющееся элементом множества $X_j^{\text{н}}$.

Показатель свойства надежности $Q_{ij}^{\text{н}}$: показатель того свойства, которое является свойством надежности.

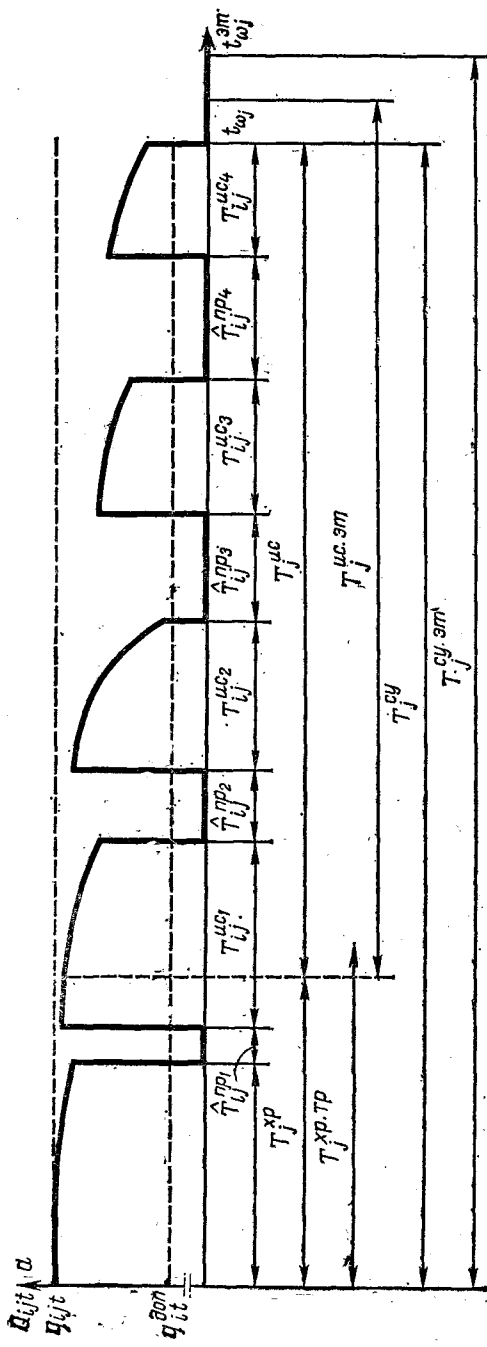
Применительно к объектам-изделиям кодифицированы четыре свойства надежности (ГОСТ 13377—75): сохраняемость, безотказность, ремонтпригодность, долговечность.

На рис. 1 приведены графики функции эффекта для возрастающего и убывающего показателей независимых от среды свойств. На этих графиках видно, что показатели каждого из четырех свойств надежности можно выразить через соответствующие отрезки времени T , откладываемые по оси абсцисс. Графики функции эффекта могут служить наглядной иллюстрацией удачного афоризма Ю. К. Беляева: «Надежность — это качество, развернутое во времени».

Нужно отметить, что существует небольшое число объектов, применительно к которым, по-видимому, не имеет смысла говорить о свойствах надежности. Один из примеров такого рода объектов — научно-технические термины, при оценке качества которых использование свойств надежности невозможно (см., например, [47]).

Если использовать терминологию А. А. Ивина [46], то можно считать, что все свойства надежности ($x_i^{\text{н}}$) выражают собой так называемые «внешние ценности», которые в отличие от «внутренних ценностей» (x_i) представляют собой не цели (ими являются x_i), а средства достижения этих целей.

Определение 69. Однородные (частично-однородные) объекты $\Omega_j^{\text{од}} (\Omega_j^{\text{н. од}})$: такие эквисатисные объекты, число



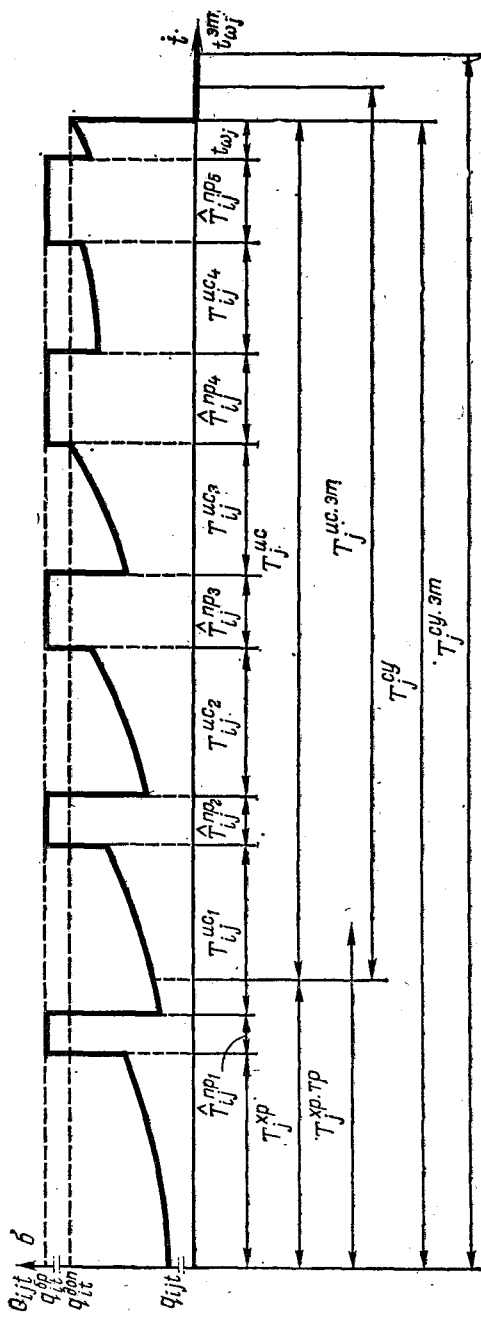


Рис. 1. Графики функции эффекта показателей: $a - Q_{ij}(t)$ и $Q_{ij}^{\wedge}(t, \psi)$ при $m = \text{const}$, $k = \text{const}$; $b - Q_{ij}^{\vee}(t)$ и $Q_{ij}^{\vee}(t, \psi)$ при $m = \text{const}$, $k = \text{const}$

свойств у которых одинаково, для каждого i все свойства однородные и значения их показателей равны (не равны) между собой.

Например, однородными могут считаться хлебные булki одного и того же вида (допустим, «городская булка»), принадлежащие к одной партии выпечки. А частично-однородными могут считаться городская булка и сайка. В то же время городская булка и булка «Здоровье» не являются ни однородными, ни частично-однородными объектами, так как свойство «наличие отрубей» присуще только булке «Здоровье» и отсутствует в булке городской (а это означает, что число свойств у этих двух видов хлебных изделий неодинаково).

Определение 70. Стохастическое (детерминированное) свойство: свойство, являющееся элементом множества свойств X_j или X_j^n и такое, что значение его показателя для каждого данного однородного свойства двух или более однородных объектов является (не является) случайной величиной $A_{сл}$.

Возьмем электробритву определенной марки, допустим «Агидель». Очевидно, что такое свойство надежности, как безотказность, для нее является стохастическим свойством, так как значение показателя безотказности (выражаемого «наработкой на отказ») будет случайной величиной у разных экземпляров бритвы этой модели.

В то же время свойство «наличие выдвижного ножа» для электробритвы является не стохастическим, а детерминированным.

Определение 71. Гамма-процентное значение показателя $q\%$: такое значение показателя стохастического свойства, которое имеют в среднем не меньше $\gamma\%$ однородных объектов.

Разумеется, это понятие применимо только по отношению к однородным объектам. Близкими по смыслу понятиями являются, например, «гарантированная величина критерия» [89, с. 18] или «альфа-процентное значение показателя надежности» [85, с. 54].

Определение 72. Требуемое значение гамма γ^{TP} : такое минимальное значение γ , что общество не хочет, чтобы оно было еще меньше.

Аксиома 3. Для всех стохастических свойств однородных объектов должны учитываться гамма-процентные значения показателей, такие, что $\gamma \geq \gamma^{TP}$.

Определение 73. Мера различимости моментного показателя свойства δ'_q : наибольшая из множества величин, таких, что прибавление любой из них к одной из частей равенства двух значений моментного показателя не изменяет это равенство.

Величина разряда моментного показателя свойства δ_q :

$$\delta_q \triangleq 2\delta'_q$$

Есть определенное сходство между δ_q и понятием «квант свойства», введенным в работе [38, с. 61].

Определение 74. Мера различимости периода времени δ'_T : наибольшая из множества величин, таких, что прибавление любой из них к одной из частей равенства двух периодов времени не изменяет это равенство.

Величина разряда периода времени δ_T : $\delta_T \triangleq 2\delta'_T$.

Определение 75. Мера различимости параметра среды свойства δ'_m : наибольшая из множества величин, таких, что прибавление любой из них к одной из частей равенства двух значений параметра среды свойства не изменяет это равенство.

Величина разряда параметра среды свойства: $\delta_m \triangleq 2\delta'_m$.

Определение 76. Элементарный эффект для удовлетворения потребности от использования ¹ независимого (зависимого) от среды свойства $\Delta\text{Эф}_i$ ($\Delta\text{Эф}_{i\bar{m}}$):

$$\Delta\text{Эф}_i \triangleq \delta_q \delta_T; \quad \Delta\text{Эф}_{i\bar{m}} \triangleq \Delta\text{Эф}_i \prod_{m=1}^w \delta_m.$$

Элементарный фиксированный по значению параметра среды эффект от зависимого от среды свойства $\Delta\text{Эф}_{im_k}$: такой $\Delta\text{Эф}_{i\bar{m}}$, который характеризует k -е значение m -го параметра среды свойства ψ_{m_k} .

Элементарный моментный эффект от независимого (зависимого) от среды свойства $\Delta\text{Эф}_{it}$ ($\Delta\text{Эф}_{i\bar{m}t}$): такой $\Delta\text{Эф}_i$ ($\Delta\text{Эф}_{i\bar{m}}$), который относится к t -му моменту времени.

Элементарный одномоментный эффект от независимого (зависимого) от среды свойства $\Delta\text{Эф}_{ijt}$ ($\Delta\text{Эф}_{ij\bar{m}t}$): такой $\Delta\text{Эф}_{it}$ ($\Delta\text{Эф}_{i\bar{m}t}$), который получается при использовании j -го однородного свойства.

¹ В дальнейшем во всех терминах, включающих в свой состав элемент «эффект», слова «для удовлетворения потребностей» и «от использования» в целях упрощения будут опускаться.

Определение 77. Весовая функция по параметру времени $\zeta_i(t)$: такая $f(t)$, определенная на $[t_1, t_{\omega_j}^{ST}]$ и имеющая

значения $0 < f(t) < 1$ (причем $\sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}^{ST}} f(t) = 1$), что для всех i она характеризует предпочтения общества по параметру времени.

Что касается вида функции $\zeta_i(t)$, то в некоторых работах ее предлагают считать убывающей, однако этот вопрос требует еще дополнительных исследований.

Определение 78. Весовая функция по параметру среды свойства $\zeta(\Psi_{im})$: такая функция $f(\Psi_{im})$, определенная на замкнутом интервале $[\Psi_{im}^{\min}, \Psi_{im}^{\max}]$ и имеющая значение

$0 < f(\Psi_{im_k}) < 1$ (причем $\sum_{\Psi_{im_k}=\Psi_{im}^{\min}}^{\Psi_{im}^{\max}} f(\Psi_{im_k}) = 1$), что для

каждого i она характеризует предпочтения общества по k -м значениям m -го параметра среды свойства.

Определение 79. Элементарный одномоментный взвешенный эффект от независимого от среды свойства $\Delta \mathcal{E} \Phi_{ijt}$:

$$\Delta \mathcal{E} \Phi_{ijt} \triangleq \Delta \mathcal{E} \Phi_{ijt} \zeta_i(t).$$

Элементарный одномоментный взвешенный эффект от зависимого от среды свойства $\Delta \mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}t}$:

$$\Delta \mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}t} \triangleq \Delta \mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}t} \zeta_i(t) \prod_{m=1}^w \zeta(\Psi_{im}).$$

Определение 80. Одномоментный эффект от независимого (зависимого) от среды свойства $\mathcal{E} \Phi_{ijt}$ ($\mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}t}$): эффект, вызываемый значением моментного показателя q_{ijt} при данном $\Delta \mathcal{E} \Phi_{ijt}$ ($\Delta \mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}t}$).

Определение 81. Эффект от независимого (зависимого) от среды свойства за определенный (T) период времени $\mathcal{E} \Phi_{ijT}$ ($\mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}T}$):

$$\mathcal{E} \Phi_{ijT} \triangleq \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} \mathcal{E} \Phi_{ijt}; \quad \mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}T} \triangleq \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} \mathcal{E} \Phi_{ij\bar{m}t}.$$

Определение 82. Показатель независимого (зависимого) от среды свойства Q_{ijt} ($Q_{ij\bar{m}t}$): показатель, характеризующий эффект от независимого (зависимого) от среды

свойства за период существования объекта T_i^{cy} .

Теорема 5. Пусть для всех i ($i = \overline{1, n}$) и всех j ($j = \overline{1, u}$) определены значения $t_1, t_{\omega_j}, t_{\omega_j}^*$, $\zeta_i(t), Q_{ij}(t)$. Тогда

$$Q_{ij} = \int_{t_1}^{t_{\omega_j}} \zeta_i(t) Q_{ij}(t) dt.$$

Доказательство ¹. Рассмотрим случай $Q_{ij} = Q_{ij}^*$. Предварительно докажем несколько утверждений. Утв. 1: Q_{ij} есть ω_j -я интегральная сумма вида: $Q_{ij} = \sum_{h=1}^{\omega_j} f(t_h) \delta_T$. Доказатель-

ство. Из 0.81, 0.82 $\vdash Q_{ij} = \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} \Delta \Phi_{ij} \Rightarrow Q_{ij} = \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} \Delta \Phi_{ij} q_{ij}$

(по 0.80) $\Rightarrow Q_{ij} = \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} \Delta \Phi_{ij} \zeta_i(t) q_{ij}$ (по 0.79) $\Rightarrow Q_{ij} =$

$$= \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} \delta_{q_i} \delta_T \zeta_i(t) q_{ij} \quad (\text{по 0.76}). \quad (\text{a})$$

Из 0.73 $\vdash \delta_{q_i} = \text{const.}$ (б)

Из 0.77 $\vdash \zeta_i(t) = \varphi_i(t)$. (в)

Из 0.16 $\vdash q_{ij} = \varphi_2(t)$. (г)

Из (б), (в), (г) $\vdash \delta_{q_i} \zeta_i(t) q_{ij} = f(t)$. (д)

Из 0.82 $\vdash (t = \overline{t_1, t_{\omega_j}}) \Leftrightarrow t = t_h | h = \overline{1, \omega_j}$. (е)

Из (д), (е) $\vdash f(t) \Leftrightarrow f(t_h), h = \overline{1, \omega_j}$. (ж)

Из (д), (ж), (а) $\vdash \left(Q_{ij} = \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}} f(t) \delta_T \right) \Leftrightarrow Q_{ij} = \sum_{h=1}^{\omega_j} f(t_h) \delta_T$.

Утв. 1 доказано. Утв. 2: $\forall t (t : t \in T_i^{cy} = [t_1, t_{\omega_j}]) \exists \Phi_{ij} | \Phi_{ij} = f(t) = f_2(Q_{ij})$. Доказательство. По 0.56 $\forall t' (t' : t' \in T_i^{cy}) \exists \Omega_j \Rightarrow \exists x_{ij} \Rightarrow \exists x_{ij} \Rightarrow (\exists q_{ij}, \text{ по 0.16, 0.17}) \Rightarrow \Rightarrow \exists \Delta \Phi_{ij} q_{ij} \Rightarrow (\exists \Phi_{ij} \text{ по 0.80}) \Rightarrow \exists \Phi_{ij} | \Phi_{ij} = f(t) = f_2(Q_{ij}, \text{ по доказанному в утв. 1})$. Утв. 2 доказано. Утв. 3. $\forall t' (t' : t' \in T_i^{cy} = [t_1, t_{\omega_j}]) \exists \lim f(t) = f(t') = f_2(Q_{ij}')$. Рассмотрим случай 1: $q_{ij} \neq 0$. По известным свойствам предела функции, $[\exists \lim_{t \rightarrow t'} f(t) = f(t')] \Leftrightarrow [\alpha = f(t' + \delta_T) - f(t'), \text{ где } \alpha, \delta_T - \text{ беско}$

* Иначе говоря, этот показатель характеризует эффект, вызываемый совокупностью моментных показателей Q_{ij} за период T_i^{cy} .

† Здесь и в дальнейшем при доказательстве теоремы будем применять сокращение «Утв.» — утверждение.

вечно малые величины $\dot{A}_{\text{ОМ}}$.] ($\delta_T = \dot{A}_{\text{ОМ}}$, что допустимо по 0.77) \Rightarrow
 $\Rightarrow \delta_T = \dot{A}_{\text{ОМ}} \Rightarrow [\alpha = f(t' + \dot{A}_{\text{ОМ}}) - f(t')] \Leftrightarrow [\Delta\Phi_{ij}(t' + \dot{A}_{\text{ОМ}}) - \Delta\Phi_{ij}t']$
 по утв. 1] $\Leftrightarrow [\dot{\Delta}\Phi_{ij}(t' + \dot{A}_{\text{ОМ}})q_{ij}(t' + \dot{A}_{\text{ОМ}}) - \dot{\Delta}\Phi_{ij}t'q_{ij}t']$ по 0.80]. (з)
 По 0.76, 0.79 $\delta_T = \dot{A}_{\text{ОМ}} \Rightarrow [(\dot{\Delta}\Phi_{ij} = \dot{A}_{\text{ОМ}}) \Leftrightarrow \dot{\Delta}\Phi_{ij} \rightarrow 0] \Rightarrow$
 $\Rightarrow f(t' + \dot{A}_{\text{ОМ}}) - f(t') = [0 \cdot q_{ij}(t' + \dot{A}_{\text{ОМ}}) - 0 \cdot q_{ij}t']$ по (з) $\Leftrightarrow \alpha \rightarrow$
 $\rightarrow 0 \Leftrightarrow \alpha = \dot{A}_{\text{ОМ}}$. Утв. доказано для случая 1. Случай 2: $\forall t'; t''$
 $\{[(t'; t'' \in T_{ij}^{\text{np}} \subset T_j^{\text{cy}}) q_{ij}t'' = 0] \wedge [(t'; t' \notin T_{ij}^{\text{np}}) q_{ij}t' \neq 0]\}$. В этом
 случае $f(t)$ есть кусочно-непрерывная функция, претерпевающая устра-
 нимый разрыв первого рода в точке $t' + \dot{A}_{\text{ОМ}} = t''$. Применяя извест-
 ную в математическом анализе операцию устранения разрыва (на-
 пример, считая $\lim f(t) = f(t')$ при $t \rightarrow t'$), трансформируем кусочно-
 непрерывную функцию $f(t)$ в непрерывную. Утв. 3 доказано. Утв. 4:
 $f(t) = f_2(Q_{ij})$ есть непрерывная функция в $[t_1, t_{\omega_j}]$. Справедливость
 утв. 4 следует из утв. 2 и 3 на основе известного из математического
 анализа условия существования непрерывности функции. Утв. 5:

$$Q_{ij} = \lim_{\delta_T \rightarrow 0} \sum_{h=1}^{\omega_j} f(t_h) \delta_T = \int_{t_1}^{t_{\omega_j}} f(t) dt. \text{ Справедливость утв. 5 есть след-}$$

ствие утв. 1 и 4 на основе известной из математического анализа теоремы
 существования определенного интеграла¹. Утв. 6: $f(t) = \zeta_i(t) Q_{ij}(t)$.

Доказательство. Из (з) $\vdash [f(t) = \Delta\Phi_{ij}t] \Rightarrow [f(t) =$
 $= \dot{\Delta}\Phi_{ij}tq_{ij}t$ по 0.80] $\Rightarrow [f(t) = \Delta\Phi_{ij}t\zeta_i(t)q_{ij}t$ по 0.79]. Покажем
 справедливость выражения $[\Delta\Phi_{ij}t\zeta_i(t)q_{ij}t = \zeta_i(t)Q_{ij}(t)] \Rightarrow$
 $\Rightarrow [\Delta\Phi_{ij}tq_{ij}t = Q_{ij}(t)]$. Обозначим $\Delta\Phi_{ij}tq_{ij}t = f_3(t)$ и покажем,
 что $f_3(t) = Q_{ij}(t)$. Для этого докажем, что $f_3(t)$ удовлетворяет всем 4
 признакам, отличающим $Q_{ij}(t)$ в соответствии с 0.67. Признак 1:
 $f_3(t) = f(Q_{ij}t)$. По 0.76 $\Delta\Phi_{ij}t = \text{const}$, а по 0.46 $q_{ij}t' \neq q_{ij}t''$ и $q_{ij}t$
 есть значение $Q_{ij}t$. Тогда из $[f_3(t) = \Delta\Phi_{ij}tq_{ij}t] \Rightarrow f_3(t) = f(Q_{ij}t)$.
 Признак 1 удовлетворяется. Признак 2: $f_3(t') > f_3(t'') \Leftrightarrow t' < t''$.
 $[f_3(t') > f_3(t'')] \Leftrightarrow [\Delta\Phi_{ij}t'q_{ij}t' > \Delta\Phi_{ij}t''q_{ij}t''] \Rightarrow [q_{ij}t' > q_{ij}t'']$, так
 как $\Delta\Phi_{ij}t' = \Delta\Phi_{ij}t'' = \text{const}$ по 0.76]. Но из А.2 $\vdash [(q_{ij}t' > q_{ij}t'')] \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow t' < t''] \Rightarrow [f_3(t') > f_3(t'')] \Leftrightarrow t' < t''$. Признак 2 существует.
 Признак 3: $f_3(t) = q_{ij}t \Leftrightarrow q_{ij}t > q_{ij}t^{\text{дон}}$. По 0.76 $\Delta\Phi_{ij}t$ — это только
 масштабный коэффициент. Тогда из $[f_3(t) = \Delta\Phi_{ij}tq_{ij}t] \Rightarrow f_3(t) =$
 $= q_{ij}t$. Но из 0.32 $\vdash (L_{\rho}^{0 \rightarrow} \rho_{xo}q_{ij}t > q_{ij}t^{\text{дон}}) \Rightarrow [f_3(t) = q_{ij}t \Leftrightarrow q_{ij}t >$
 $> q_{ij}t^{\text{дон}}]$, т. е. признак 3 удовлетворяется. Признак 4: $f_3(t) = 0 \Leftrightarrow$
 $[(t \in T_{ij}^{\text{np}}) \vee (t > t_{\omega_j})]$. Сначала докажем выполнение условия 4.1:

¹ Отметим, что во избежание значительного усложнения доказа-
 тельства теорем 5 и 6 здесь сознательно допущена некоторая нестрогость:
 в определениях 32—34 подразумеваются конечные или счетные мно-
 жества, а при доказательстве утв. 5 (в Т. 5 и Т. 6) — множества беско-
 нечные.

$t \in T_{ij}^{\text{нп}} \Rightarrow f_3(t) = 0$. По С.1 из Т.2 и О.81 ($T \subseteq T_{ij}^{\text{нп}} \Rightarrow \Delta\Phi_{ij,t} = 0$) $\Rightarrow (t \in T_{ij}^{\text{нп}} \Rightarrow \Delta\Phi_{ij,t} = 0) \Rightarrow [t \in T_{ij}^{\text{нп}} \Rightarrow \Delta\Delta\Phi_{ij,t} \zeta_i(t) q_{ij,t} = 0] \Rightarrow [t \in T_{ij}^{\text{нп}} \Rightarrow \zeta_i(t) f_3(t) = 0] \Rightarrow [t \in T_{ij}^{\text{нп}} \Rightarrow f_3(t) = 0$, так как $\zeta_i(t) \neq 0$ по О.77], т. е. признак 4.1 выполнен. Выполнение условия 4.2: $t > t_{\omega_j} \Rightarrow f_3(t) = 0$ немедленно вытекает из того факта, что $(t > t_{\omega_j}) \Rightarrow \bar{\exists}\Omega_j \Rightarrow \bar{\exists}x_{ij,t} \Rightarrow (q_{ij,t} = 0) \Rightarrow (f_3(t) = \Delta\Delta\Phi_{ij,t} \cdot 0 = 0)$. Значит совпадают все 4 признака, характеризующие функции $f_3(t)$ и $Q_{ij}(t)$, т. е. $f_3(t) \equiv Q_{ij}(t)$, т. е. утв. 6 справедливо. Тогда с учетом утв. 5 $Q_{ij,t} = \int_{t_i}^{t_{\omega_j}} \zeta_i(t) Q_{ij}(t) dt$, ч. т. д. Аналогично доказывается и случай $Q_{ij,t} = Q_{ij,t}^{\downarrow}$.

Следствие 1. Если $\zeta_i(t) = \text{const}$, то

$$Q_{ij,t} = \frac{\delta_T}{T_{ij}^{\text{су.эт}}} \int_{t_i}^{t_{\omega_j}} Q_{ij}(t) dt.$$

Следствие 2. Если величина разряда δ_T не является бесконечно малой величиной, то

$$Q_{ij} = \delta_T \sum_{h=1}^{\omega_j} \zeta_i(t_h) Q_{ij}(t_h).$$

Теорема 6. Пусть $Q_{ij}(t, \Psi)$ — функция эффекта зависящего от среды свойства. Тогда

$$\begin{aligned}
 Q_{ij,\bar{m}t} &= \int_{\Psi_{i\omega}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i\omega}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i\omega}) d\Psi_{i\omega} \int_{\Psi_{i(\omega-1)}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i(\omega-1)}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i(\omega-1)}) d\Psi_{i(\omega-1)} \dots \\
 &\dots \int_{\Psi_{i1}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i1}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i1}) d\Psi_{i1} \int_{t_i}^{t_{\omega_j}} \zeta_i(t) Q_{ij}(t, \Psi) dt.
 \end{aligned}$$

Доказательство. Рассмотрим случай $\omega = 2$ и $Q_{ij,\bar{m}t} = Q_{ij,\bar{m}t}^{\uparrow}$ и распространим его на случай $\omega > 2$ и $Q_{ij,\bar{m}t} = Q_{ij,\bar{m}t}^{\downarrow}$. Таким образом, нужно доказать, что

$$Q_{ij,\bar{m}t} = \int_{\Psi_{i2}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i2}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i2}) d\Psi_{i2} \int_{\Psi_{i1}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i1}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i1}) d\Psi_{i1} \int_{t_i}^{t_{\omega_j}} \zeta_i(t) Q_{ij}(t, \Psi) dt.$$

Для этого предварительно необходимо доказать несколько утверждений. Утв. 1. $Q_{ij\bar{m}t}$ есть ω_j -я интегральная сумма вида $Q_{ij\bar{m}t} =$

$$= \sum_{h=1}^{\omega_j} f(t_h, \Psi_{i1h}, \Psi_{i2h}) \Delta T\Psi, \text{ где } \Delta T\Psi = \delta_T \delta_1 \delta_2, \text{ а } \Psi_{i1h}, \Psi_{i2h} \neq \Psi_{i1},$$

$\Psi_{i2} | \Psi_{i1}, \Psi_{i2} \xrightarrow{\rho_{xat}} h = \overline{1, \omega_j}$. Утв. 2. $\exists p = p(t, \Psi_{i1}, \Psi_{i2})$ — точка. Тогда $\forall p [p | t \in T_j^{cy}; \Psi_{i1} \in L(\Psi_{i1}); \Psi_{i2} \in L(\Psi_{i2})] \exists f(t_h, \Psi_{i1h}, \Psi_{i2h})$, т. е. функция f определена всюду в замкнутой пространственной области $V_p = \{p\}$. Утв. 3. $\forall p [p(t, \Psi_{i1}, \Psi_{i2}) | t \in T_j^{cy}; \Psi_{i1} \in L(\Psi_{i1}); \Psi_{i2} \in L(\Psi_{i2})] \lim [f(t_h + \delta_T, \Psi_{i1} + \delta_1, \Psi_{i2} + \delta_2) - f(t_h, \Psi_{i1}, \Psi_{i2})] = 0$. $\delta_T \rightarrow 0, \delta_1 \rightarrow 0, \delta_2 \rightarrow 0$. Утв. 4. Функция $f(t_h, \Psi_{i1h}, \Psi_{i2h})$ непрерывна всюду в замкнутой пространственной области V_p .

Справедливость этого тезиса следует из утв. 2 и 3 (на основе известного в математическом анализе условия непрерывности функции).

Утв. 5. $Q_{ij\bar{m}t} = \lim_{h=1}^{\omega_j} \sum_{h=1}^{\omega_j} f(t_h, \Psi_{i1h}, \Psi_{i2h}) \Delta T\Psi = \int \int_V f(t, \Psi_{i1}, \Psi_{i2}) dT\Psi.$

Это утверждение справедливо, так как следует из утв. 1 и 4 (на основе известной в математическом анализе теоремы существования тройного интеграла). Утв. 6. $f(t, \Psi_{i1}, \Psi_{i2}) = \zeta(\Psi_{i2}) \zeta(\Psi_{i1}) \zeta_i(t) Q_{ij}(t, \Psi)$.

Нетрудно заметить, что для каждого из шести приведенных выше утверждений (справедливость которых должна быть подтверждена для доказательства теоремы 6), существует соответствующее утверждение, рассматриваемое при доказательстве теоремы 5. Отличие заключается лишь в том, что в утверждениях, относящихся к теореме 5, функция f зависит лишь от одного аргумента t , а в утверждениях, на основе которых доказывается теорема 6, функция f зависит не только от аргумента t , но и от аргументов Ψ_{i1} и Ψ_{i2} . Поэтому и ход доказательств утверждений из теоремы 6 принципиально не очень отличается от доказательств из теоремы 5. Различаются же доказательства теорем 5 и 6 главным образом тем, что для последней оно значительно длиннее. Именно в силу этой длинноты, а также с учетом характера данной книги доказательство теоремы 6 здесь опускается.

Следствие 1. Если $\zeta(\Psi_{i1}) = \text{const}$ и $\zeta(\Psi_{i2}) = \text{const}$, то при $\omega = 2$

$$Q_{ij\bar{m}t} = \zeta(\Psi_{i1}) \zeta(\Psi_{i2}) \int_{\Psi_{i2}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i2}^{\text{мак}}} d\Psi_{i2} \int_{\Psi_{i1}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i1}^{\text{мак}}} d\Psi_{i1} \times \\ \times \int_{t_1}^{t_{\omega_j}} \zeta_i(t) Q_{ij}(t, \Psi) dt.$$

Следствие 2. Если величина разряда δ_T не является бесконечно малой величиной, то при $\omega = 2$

$$Q_{ij\bar{m}t} = \int_{\Psi_{i2}^{\min}}^{\Psi_{i2}^{\max}} \zeta(\Psi_{i2}) d\Psi_{i2} \int_{\Psi_{i1}^{\min}}^{\Psi_{i1}^{\max}} \zeta(\Psi_{i1}) d\Psi_{i1} \delta_T \sum_{h=1}^{\omega_j} \zeta_t(t) Q_{ij}(t_h).$$

Следствие 3. Если величины разрядов $\delta_T, \delta_1, \delta_2, \dots$ не являются бесконечно малыми величинами, то

$$Q_{ij\bar{m}t} = \delta_T \delta_1 \dots \delta_\omega \sum_{k=\Psi_{i\omega}^{\min}}^{\Psi_{i\omega}^{\max}} \dots \sum_{k=\Psi_{i1}^{\min}}^{\Psi_{i1}^{\max}} \sum_{h=1}^{\omega_j} \zeta(\Psi_{i\omega_k}) \dots \dots \zeta(\Psi_{i1_k}) \zeta(t_h) Q_{ij}(t_h, \Psi).$$

Определение 83. Эталонная функция эффекта независимого от среды свойства $\alpha (q_{it}^{\text{ЭТ}})$: такая $f(t)$, что в эталонный период существования объекта: 1) $f(t) = q_{it}^{\text{ЭТ}}$ тогда и только тогда, когда $t \notin T_i^{\text{пр. мин}}$ 2) при $t \in \hat{T}_i^{\text{пр. мин}}$: а) $f(t) = 0$ тогда и только тогда, когда $Q_{ijt} = Q_{ijt}^{\uparrow}$; б) $f(t) = q_{it}^{\text{Бр}}$ тогда и только тогда, когда $Q_{ijt} = Q_{ijt}^{\downarrow}$.

Аналогичным образом определяется эталонная функция эффекта зависимого от среды свойства $\alpha (q_{i\bar{m}t}^{\text{ЭТ}})$.

Определение 84. Эталонное значение показателя независимого от среды свойства (функция $\alpha (q_{it}^{\text{ЭТ}})$ для которого непрерывна) $q_i^{\text{ЭТ}}$:

$$q_i^{\text{ЭТ}} \triangleq \int_{t_i}^{t_{i\omega_j}^{\text{ЭТ}}} \zeta(t) \alpha (q_{it}^{\text{ЭТ}}) dt.$$

Эталонное значение показателя независимого от среды свойства (функция $\alpha (q_{it}^{\text{ЭТ}})$ для которого не непрерывна) $q_{it}^{\text{ЭТ}}$:

$$q_{it}^{\text{ЭТ}} \triangleq \delta_T \sum_{t=t_i}^{t_{i\omega_j}^{\text{ЭТ}}} \zeta(t) \alpha (q_{it}^{\text{ЭТ}}).$$

Эталонное значение показателя зависимого от среды свойства (функция $\alpha (q_{i\bar{m}t}^{\text{ЭТ}})$ для которого непрерывна) $q_i^{\text{ЭТ}}$:

$$q_i^{\text{ЭТ}} \triangleq \int_{\Psi_{i\omega}^{\min}}^{\Psi_{i\omega}^{\max}} \zeta(\Psi_{i\omega}) d\Psi_{i\omega} \int_{\Psi_{i(\omega-1)}^{\min}}^{\Psi_{i(\omega-1)}^{\max}} \zeta(\Psi_{i(\omega-1)}) d\Psi_{i(\omega-1)} \dots$$

$$\dots \int_{\Psi_{i1}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i1}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i1}) d\Psi_{i1} \int_{t_1}^{t_{\omega_j}^{\text{эп}}} \zeta_i(t) \alpha(q_{i\bar{m}t}^{\text{эп}}) dt.$$

Эталонное значение показателя зависимо от среды свойства (функция $\alpha(q_{i\bar{m}t}^{\text{эп}})$ для которого не непрерывна) $q_i^{\text{эп}}$:

$$q_i^{\text{эп}} \triangleq \delta_T \delta_1 \dots \delta_\omega \sum_{k=\Psi_{i\omega}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i\omega}^{\text{мак}}} \dots \sum_{k=\Psi_{i1}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i1}^{\text{мак}}} \sum_{h=1}^{\omega_j} \zeta(\Psi_{i\omega_k}) \dots \\ \dots \zeta(\Psi_{i1_k}) \zeta(t_h) \alpha(q_{i\bar{m}t}^{\text{эп}}).$$

Определение 85. Браковочная функция эффекта независимого от среды свойства $\beta(q_{ii}^{\text{эп}})$: такая $f(t)$, что в эталонный период существования объекта: 1) $f(t) = q_{ii}^{\text{эп}}$ тогда и только тогда, когда: а) $t \notin \hat{T}_i^{\text{пр.мак}}$ и $Q_{ijt} = Q_{ijt}^\uparrow$, б) $t \in \hat{T}_i^{\text{пр.мин}}$ и $Q_{ijt} = Q_{ijt}^\downarrow$; 2) $f(t) = 0$ тогда и только тогда, когда: а) $t \in \hat{T}_i^{\text{пр.мак}}$ и $Q_{ijt} = Q_{ijt}^\uparrow$, б) $t \in \hat{T}_i^{\text{пр.мин}}$ и $Q_{ijt} = Q_{ijt}^\downarrow$.

Аналогично определяется браковочная функция эффекта зависимо от среды свойства $\beta(q_{i\bar{m}t}^{\text{эп}})$.

Определение 86. Браковочное значение показателя независимого от среды свойства (функция $\beta(q_{ii}^{\text{эп}})$ для которого непрерывна) $q_i^{\text{эп}}$:

$$q_i^{\text{эп}} \triangleq \int_{t_1}^{t_{\omega_j}^{\text{эп}}} \zeta(t) \beta(q_{ii}^{\text{эп}}) dt.$$

Браковочное значение показателя независимого от среды свойства (функция $\beta(q_{ii}^{\text{эп}})$ для которого не непрерывна) $q_i^{\text{эп}}$:

$$q_i^{\text{эп}} \triangleq \delta_T \sum_{t=t_1}^{t_{\omega_j}^{\text{эп}}} \zeta(t) \beta(q_{ii}^{\text{эп}}).$$

Браковочное значение показателя зависимо от среды свойства (функция $\beta(q_{i\bar{m}t}^{\text{эп}})$ для которого непрерывна) $q_i^{\text{эп}}$:

$$q_i^{\text{эп}} \triangleq \int_{\Psi_{i\omega}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i\omega}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i\omega}) d\Psi_{i\omega} \dots \int_{\Psi_{i1}^{\text{мин}}}^{\Psi_{i1}^{\text{мак}}} \zeta(\Psi_{i1}) d\Psi_{i1} \int_{t_1}^{t_{\omega_j}^{\text{эп}}} \zeta(t) \beta(q_{i\bar{m}t}^{\text{эп}}) dt.$$

Браковочное значение показателя зависящего от среды свойства (функция $\beta(q_{imt}^{op})$ для которого не непрерывна) q_i^{op} :

$$q_i^{op} \triangleq \delta_T \delta_1 \dots \delta_\omega \sum_{k=\psi_{i\omega}^{мин}}^{\psi_{i\omega}^{мак}} \dots \sum_{k=\psi_{i1}^{мин}}^{\psi_{i1}^{мак}} \sum_{h=1}^{\omega_j} \zeta(\Psi_{i\omega_k}) \dots \\ \dots \zeta(\Psi_{i1_k}) \zeta(t_h) \beta(q_{imt}^{op}).$$

Определение 87. Не определенная во времени общественная потребность в i -м свойстве \dot{N}_{ei} : совокупность общественных моментных потребностей за период T .

Общественная потребность в данном свойстве N_{ei} : потребность \dot{N}_{ei} за период $T = T_{cy. \text{э}т}$.

Определение 88. Удовлетворение потребности в данном свойстве $Уд(N_{ei})$: данное удовлетворение моментных потребностей, осуществляемое за период T_j^{cy} .

Определение 89. Эталон удовлетворения потребности в i -м свойстве $Уд(N_{ei}^{э\text{т}})$: такое $Уд(N_{ei})$, при котором $t_{\omega_j} = t_{\omega_j}^{э\text{т}}$ и $q_{ijt} = q_{ijt}^{э\text{т}}$.

Определение 90. Степень данного удовлетворения потребности в i -м свойстве $Ст(N_{ei})$: такая функция $f[Уд \times \times (N_{ei})]$, что: 1) $f = \max$ тогда и только тогда, когда $Уд(N_{ei}) = Уд(N_{ei}^{э\text{т}})$; 2) f — монотонная возрастающая функция.

До сих пор при изложении материала использовалось понятие абсолютного показателя свойства (или просто показателя). Но такие показатели, вообще говоря, непосредственно не соизмеримы (так как имеют шкалы разной размерности). Поэтому в дальнейшем вводится понятие «относительный показатель».

2.5. Относительные и комплексные показатели

Определение 91. Относительный показатель свойства K_{ij} : функция $f(Q_{ij})$, выраженная в шкале отношений и характеризующая $Ст(N_{ei})$.

Теорема 7. Пусть $0 < K_{ij} \leq 1$ ¹. Тогда

$$K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^{op}}{q_i^{э\text{т}} - q_i^{op}}.$$

¹ Такие пределы изменения K_{ij} удобны для практических расчетов.

Следствие 1. При $q_i^{\text{бп}} = 0$ и $Q_{ij} = Q_{ij}^{\uparrow}$ $K_{ij} = q_{ij}/q_i^{\text{эт}}$.

Определение 92. Эталонно-эквисатисный объект $\Omega_j^{\text{эт. эк}}$: такой (не обязательно реально существующий) объект $\Omega \in \{\Omega_j^{\text{эк}}\}$, что он имеет наибольшее среди $\{\Omega_j^{\text{эк}}\}$ количество свойств.

Объект $\Omega_j^{\text{эт. эк}}$ может быть представлен как некоторая идеальная модель, мысленный (идеальный) объект.

Определение 93. Эталонное число свойств $n^{\text{эт}}$: такое количество свойств, которым обладает $\Omega_j^{\text{эт. эк}}$.

Определение 94. Совокупная общественная потребность в нескольких свойствах N_{e_j} : общественная потребность одновременно в нескольких свойствах $I = \{i\}$.

Определение 95. Важность (весомость) общественной потребности в свойстве $G_i^{\text{по}}$: величина, характеризующая значимость i -й потребности среди других потребностей, удовлетворяемых потреблением свойств объекта $\Omega_j^{\text{эт. эк}}$.

Определение 96. Коэффициент весомости показателя i -го свойства G_i : важность той потребности, которая удовлетворяется свойством, характеризуемым данным показателем Q_{ij} .

Для объектов, являющихся продукцией, G_i соответствует понятию «коэффициент весомости показателя качества продукции» (ГОСТ 15467—79). Кроме термина «коэффициент весомости» известно применение и других терминов: факторный вес, относительный вес, степень важности, интервал относительной ценности и т. д.

Заметим, что иногда высказывается мнение (с нашей точки зрения, вполне имеющее право на существование), что величина G_i должна трактоваться как коэффициент весомости величины разряда δ_q [38, с. 65].

Определение 97. Сложное свойство X_j : такое свойство, которое характеризуется подмножеством свойств, принадлежащих множеству свойств X или множеству свойств надежности X^n объекта.

Например, одним из сложных свойств для кондитерских изделий (допустим, тортов) является «качество», которое характеризуется множеством свойств, выражающих «эстетичность» и «функциональность» торта.

Определение 98. Простое свойство x_{ij} : такое свойство, принадлежащее к X_j или X_j^n , что не существует никаких других свойств, принадлежащих к X_j или X_j^n и таких, что любое подмножество этих свойств характеризует x_{ij} .

Иными словами, простое свойство — это свойство, неразлагаемое на другие свойства.

Например, калорийность 100 г торта.

Определение 99. Количество объекта x_d : такое простое свойство, что объект существует тогда и только тогда, когда значение показателя этого свойства удовлетворяет условию $q_d \geq 0$ *.

Относительный показатель качества K_d :

$$K_d \triangleq \frac{(Q_d)^u - q_d^{br}}{q_d^{st} - q_d^{br}},$$

$$\text{где } u \begin{cases} 1 \text{ при } [(q_d \leq q_d^{st}) \wedge (Q_d = Q_d^\uparrow)] \vee ((q_d \geq q_d^{st}) \wedge \\ \wedge (Q_d = Q_d^\downarrow)) \\ \ln q_d^{st} / \ln q_d \text{ при } ((q_d \geq q_d^{st}) \wedge (Q_d = Q_d^\uparrow)) \vee \\ \vee ((q_d < q_d^{st}) \wedge (Q_d = Q_d^\downarrow)). \end{cases}$$

Определение 100. Интегральное качество K_Σ : совокупность всех свойств x_{ij} и x_j^H (и только этих свойств) объекта j .

Приведенное интегральное качество \hat{K}_Σ : разность K_Σ и x_d . (Здесь разность понимается в теоретико-множественном смысле.)

Строго говоря, правильнее было бы определять приведенное интегральное качество \hat{K}_Σ как интегральное качество K_Σ того объекта, показатель свойства количества которого $Q_d = 1$ (или, другими словами, приведенное интегральное качество — это интегральное качество, приведенное к единице количества объекта). Ведь вычесть из K_Σ свойство x_d — это фактически означает приравнять $Q_d = 0$. А в соответствии с определением 99, в свою очередь, это означает, что объект перестал существовать и, значит, не может существовать и интегральное качество.

И все-таки здесь и в дальнейшем будет в некоторых случаях условно приниматься формулировка, предусматривающая вычитание свойства количества x_d из множества свойств объекта. Делается это потому, что при такой формулировке уменьшаются технические трудности, связанные с графической или аналитической интерпрета-

* Например, такой объект, как «кусоч хлеба», существует постольку, поскольку его количество (масса) отлично от нуля.

цией понятия «приведенное интегральное качество» и «качество». Но, конечно же, эти формулировки должны пониматься так, что объект существует, но показатель его количества имеет значение $q_d = 1^*$.

Определение 101. Степень удовлетворения совокупной потребности $Ст (Ne_I)$: степень данного удовлетворения такой потребности, которая является совокупной потребностью Ne_I .

Определение 102. Комплексный показатель K_I : такая функция $\varphi (K_{Ij}, G_I)$, что: а) $0 \leq \varphi \leq 1^{**}$; б) φ монотонно возрастает по каждому аргументу; в) φ выражена в шкале отношений.

Напомним, что по причинам, изложенным в начале данной главы, определение понятия «шкала отношений» здесь не дается. Ограничимся ссылкой на то, что эта шкала определяется так, как это сделано в известных работах по теории измерений, например [67, с. 27].

Теорема 8. Пусть комплексный показатель удовлетворяет определению 102. Тогда он количественно характеризует степень удовлетворения совокупной общественной потребности Ne_I .

Доказательство. Справедливость теоремы зависит от доказательства двух утверждений:

Утв. 1: $Ст (Ne_I) = \max \Leftrightarrow K_I = \max$.

Утв. 2: $Ст (Ne_{I_1}) > Ст (Ne_{I_2}) \Rightarrow K_{I_1} > K_{I_2}$.

Доказательство утв. 1. Рассмотрим случай $Q_{Ij} = Q_{Ij}^{\uparrow}$. Из 0.90, 0.101

$\vdash [Ст (Ne_I) = \max \Leftrightarrow Уд (Ne_I) = Уд (Ne_I^{ST})] \Rightarrow [Ст (Ne_I) = \max \Leftrightarrow \forall i (i \in I) (q_{ijt} = q_i^{ST} \wedge t_{\omega_j} = t_{\omega_j}^{ST}) \text{ по } 0.89]. \quad (a)^1$

Но $[\forall i (i \in I) (q_{ijt} = q_i^{ST})] \Rightarrow [\forall i (i \in I) (\exists \Phi_{ijt} = \max) \text{ по } 0.80]. \quad (б)$

Из [(б), $(t_{\omega_j} = t_{\omega_j}^{ST})$ и 0.81] $\vdash [\forall i (i \in I) (\exists \Phi_{ijt} = \exists \Phi_{ijt}^{T^{cy, ST}} = Q_{ij}) Q_{ij} = \max \text{ по } 0.82] \Leftrightarrow [Ст (Ne_I) = \max \text{ по } (a)]. \quad (в)$

Но из 0.81, 0.82 $\vdash \forall i (i \in I) (Q_{ij} = \max) \Leftrightarrow [(\exists \Phi_{ijt} = \max) \wedge (T = T_j^{cy, ST})] \Rightarrow \forall i (i \in I) (Q_{ij} = \max) \Leftrightarrow [(q_{ijt} = q_i^{ST}) \wedge (T = T_j^{cy, ST})] \Rightarrow \forall i (i \in I) (Q_{ij} = \max) \Leftrightarrow [Q_{ij} = \Delta \exists \Phi_{ijt} \times q_i^{ST} T_j^{cy, ST} \xi_t(t) = q_i^{ST} \text{ по } 0.84]. \quad (г)$

Из (в), (г) $\vdash Ст (Ne_I) = \max \Leftrightarrow \forall i (i \in I) (Q_{ij} = q_i^{ST}). \quad (д)$

* Например, пусть количество пиленого сахара-рафинада измеряется в кусочках. Тогда K_{Σ} любого такого кусочка в пачке (т. е. при $q_d = 1$) будет одно и то же, а K_{Σ} пачки и любой ее части (например, половины) будет разным.

** Условие (а) не носит обязательного характера и принято здесь только для обеспечения удобства расчетов.

Из Т.7 $\vdash \forall i (i \in I) (K_{ij} = \max = 1) \Leftrightarrow (Q_{ij} = q_i^{ст})$. (е)

Из (д), (е) $\vdash Ст (Ne_I) = \max \Leftrightarrow \forall i (i \in I) K_{ij} = \max$. (ж)

Из О.102 $\vdash K_I = \max \Leftrightarrow \forall i (i \in I) K_{ij} = \max$. (з)

Из (ж), (з) $Ст (Ne_I) = \max \Leftrightarrow K_I = \max$, ч. т. д.

Аналогично можно доказать утв. 1 и для других случаев, например, когда $Q_{ij} = Q_{ij}^+$.

Доказательство утв. 2. Из О. 101, О.90 $\vdash Ст (Ne_{I_1}) > Ст (Ne_{I_2}) \Leftrightarrow \Leftrightarrow Уд (Ne_{I_1}) > Уд (Ne_{I_2}) \Leftrightarrow [\forall i (i \in I) (Уд (Ne_{I_1}) > Уд (Ne_{I_2}) \text{ по О.101}) \Leftrightarrow [\forall i (i \in I) (q_{i_1} > q_{i_2}) \text{ по О.31}] \Leftrightarrow [\forall i (i \in I) (K_{i_1j} > K_{i_2j}) \text{ по О.91}] \Rightarrow [K_{I_1} > K_{I_2} \Leftrightarrow Ст (Ne_{I_1}) > Ст (Ne_{I_2}) \text{ по О.102}]$, ч. т. д.

Аналогично доказываются и другие случаи, например, когда $Q_{ij} = Q_{ij}^+$.

Справедливость теоремы вытекает из доказанности утверждений 1 и 2.

Определение 103. Полезность Пл: сложное свойство, характеризующее разностью¹ множества свойств K_{Σ} и свойства затрат $x_{за}$. Для этого понятия синонимами являются понятия: польза, эффект, результат.

Таким образом, понятие «интегральное качество» является наиболее общей характеристикой объекта, учитывающей и его полезность, и соответствующие этому объекту затраты. И есть все основания считать, что понятие «интегральное качество» очень близко к той общей характеристике продукта труда, на которую указывал еще Ф. Энгельс «при решении вопроса о том, следует ли вообще производить данную вещь, т. е. покрывает ли её полезность издержки производства» [12, с. 552].

Определение 104. Однородная полезность: полезность, характеризующая эквисатисные объекты.

Определение 105. Качество K_R : сложное свойство, характеризующее разностью множества свойств полезности и свойства количества x_d .

Но качество K_R может быть выражено не через полезность, а через приведенное интегральное качество следующим образом: качество — это разность множества свойств K_{Σ} и свойства затрат $x_{за}$.

Определение 106. Показатель качества K_R : выраженный в шкале отношений комплексный показатель, характеризующий множество свойств, составляющих качество K_R .

¹ Здесь и в определении 105 разность понимается в теоретико-множественном смысле.

Определение 107. Показатель полезности $K_{пл}$:

$$K_{пл} \triangleq K_d K_k^v \frac{Q_d^u - q_d^{бр}}{q_d^{эТ} - q_d^{бр}} K_k^v,$$

где $v \geq 0$

$$u = \begin{cases} 1 & \text{при } ((q_d \leq q_d^{эТ}) \text{ и } (Q_d = Q_d^\uparrow)) \text{ или} \\ & ((q_d \geq q_d^{эТ}) \text{ и } (Q_d = Q_d^\downarrow)) \\ \frac{\ln q_d^{эТ}}{\ln q_d} & \text{при } ((q_d > q_d^{эТ}) \text{ и } (Q_d = Q_d^\uparrow)) \text{ или} \\ & ((q_d < q_d^{эТ}) \text{ и } (Q_d = Q_d^\downarrow)). \end{cases}$$

В литературе встречаются и другие формулы для выражения показателя полезности. Приводимое здесь соотношение, связывающее полезность с качеством и количеством, имеет то преимущество, что, как это будет показано ниже, оно хорошо корреспондируется с другими ключевыми понятиями: эффективностью, качеством, потребительной стоимостью, интегральным качеством, эффектом.

Определение 108. Показатель интегрального качества K_Σ : комплексный показатель, характеризующий совокупность из $K_{пл}$ и $K_{за}$ (причем $K_{за}$ выражается, например, функцией

$$K_{за} = \frac{Q_{за} - q_{за}^{бр}}{q_{за} - q_{за}^{бр}}.$$

Показатель приведенного интегрального качества \dot{K}_Σ : комплексный показатель, характеризующий совокупность из K_k и $K_{за}$.

Определение 109. Потребительная стоимость ПС: объект, обладающий полезностью.

Поскольку приводимая здесь трактовка понятия «потребительная стоимость» очень подробно обоснована в монографии [22], в данном случае можно, по-видимому, опустить какую-либо дополнительную аргументацию, свидетельствующую о ее правильности.

Показатель потребительной стоимости $K_{пс}$: $K_{пс} \triangleq \triangleq Q_d K_k^v$, где $v \geq 0$.

Определение 110. Однородная потребительная стоимость: потребительная стоимость частично-однородных объектов.

Неоднородная потребительная стоимость: потребительная стоимость объектов, не являющихся частично-однородными.

С понятием «потребительная стоимость» (в той ее интерпретации, которая изложена выше) связано решение двух вопросов, довольно давно обсуждаемых в экономической литературе.

Вопрос первый: о соизмеримости различных потребительных стоимостей. Понятно (и это сразу вытекает из определений 109 и 110), что соизмеримы только однородные потребительные стоимости, так как только у них есть общие единицы измерения. Напомним в связи с этим замечание К. Маркса о том, что «потребительные стоимости, не имеющие между собой абсолютно никакой [общей] меры, нельзя оценивать в качестве меновых стоимостей по степени их полезности» [9, с. 250].

В то же время потребительные стоимости, даже будучи однородными, все-таки различаются между собой постольку, поскольку они характеризуют не объекты, являющиеся однородными, а объекты частично-однородные (см. определение 69). В этом отношении полезно опять обратиться к цитированной выше работе К. Маркса [9, с. 249], в которой говорится, что «две потребительные стоимости не могут быть абсолютно одинаковыми (даже два листа с одного дерева, как заметил Лейбниц)...».

Вопрос второй: не являются ли «качество» и «полезность» понятиями-синонимами? Такой вопрос поставлен, например, в работе [32, с. 68].

Как показывает анализ обширной литературы, посвященной проблеме количественного выражения полезности, в подавляющем большинстве случаев с полезностью отождествляют такую комплексную характеристику объекта, которая учитывает как качество объекта, так и его количество. В этом смысле понятие «полезность» является более широким, чем понятие «качество», и, как считают, близко к понятию «потребительная стоимость», от которой оно в то же время отличается тем, что потребительная стоимость — это не просто полезность, а объект, обладающий полезностью. Напомним в связи с этим, что К. Маркс [2, с. 44] и В. И. Ленин [15, с. 61] отмечали: «Полезность вещи делает ее потребительной стоимостью». Кроме того, К. Маркс, говоря о потребительной стоимости, в своих работах применял такие, например, выражения, как «полезный эффект» [3, с. 230], «полезный продукт»

[8, с. 156], «полезность не вещи, а деятельности» [5, с. 143—145] и т. д., т. е., несомненно, рассматривал потребительную стоимость как некоторый объект, обладающий полезностью.

Определение 111. Эффективность объекта Эф: величина, характеризующая затраты, приходящиеся на единицу потребительной стоимости (или обратная ей величина)¹.

Показатель эффективности $Q_{эф}$:

$$Q_{эф} = \frac{K_{по}}{Q_{за}} \text{ или } Q_{эф} = \frac{Q_{за}}{K_{по}}.$$

Таким образом, показатель эффективности есть характеристика, сопоставляющая результаты (выраженные потребительной стоимостью) и затраты.

Как известно, имеется несколько разновидностей понятия «эффективность»: экономическая эффективность, техническая эффективность, боевая эффективность, политическая эффективность, социальная эффективность, эффективность общественного производства и т. д. Но практически всегда при количественном выражении любой из этих разновидностей исходят из той предпосылки, что эффективность есть комплексная характеристика, аккумулирующая в себе информацию и о затратах и о результатах. В основе определения 111 и лежит эта посылка.

Вместе с тем от эффективности нужно отличать эффект, т. е. те результаты, которые достигаются при использовании объекта (и безотносительно к затратам на создание и такое использование объекта). Эффект может выражаться разными показателями в зависимости от той цели, которую стремятся достичь, используя объект. Например, эффект может выражаться показателем полезности, показателем качества, показателем потребительной стоимости, показателем вероятности выполнения поставленной задачи, а также показателем одного из свойств объекта (допустим, производительности) или одного из свойств надежности (допустим, долговечности).

Взаимосвязь понятий (и соответствующих показателей), введенных определениями 100—111, показана на рис. 2.

Теорема 9. Пусть комплексный показатель K_I удовлетворяет О.102. Тогда он существует и может быть выра-

¹ По поводу принятой здесь трактовки понятия «эффективность» см. примечание к пункту «квалиметрия и теория эффективности» в 1.2.

жен в шкале отношений с помощью средней взвешенной арифметической.

$$K_{Ij} = \sum_{i=1}^n K_{ij} G_i, \quad I = \{i | i = \overline{1, n}\}.$$

Определение 112. Критический комплексный показатель K_I^k : такая функция $f(K_I)$, что: 1) f равно значению K_I тогда и только тогда, когда для каждого критического свойства $q_i > q_i^{бр}$ (при $Q_i = Q_i^{\uparrow}$) или $q_i < q_i^{бр}$ (при $Q_i = Q_i^{\downarrow}$); 2) $f = 0$ тогда и только тогда, когда хотя бы

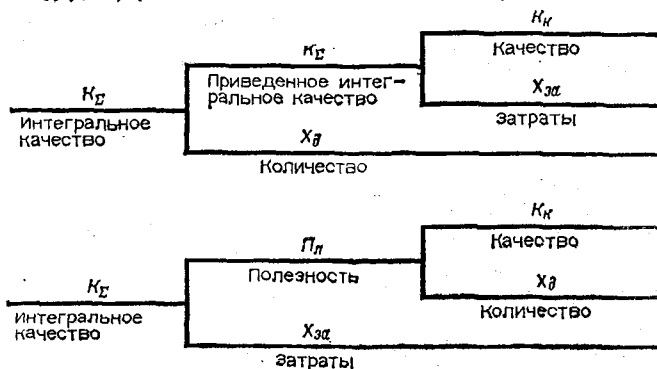


Рис. 2. Взаимосвязь понятий качество, количество, затраты, полезность и интегральное качество

для одного из множества критических свойств условие 1 не выполняется.

Определение 113. Критический показатель интегрального качества K_I^k : такой показатель K_I^k , что число обобщаемых им свойств равно $n^{ст}$.

Суть понятий, введенных определениями 112 и 113, заключается в утверждении, что не нужно оценивать качество (или интегральное качество) какого-то объекта, если хотя бы для одного из его критических свойств значение показателя окажется хуже браковочного значения (или равно ему), для такого объекта оценка качества всегда равна 0.

Теорема 10. Пусть у двух объектов совпадает их интегральное качество K_I . Тогда будут равны значения и их показателей интегрального качества K_I .

Однако из равенства значений показателей интегрального качества, вообще говоря, не вытекает, что будет совпадать и интегральное качество K_I .

Доказательство. Без потери общности примем во внимание только независимые от среды свойства.

Утв. 1: $K_{\Sigma j'} \simeq K_{\Sigma j''} \Rightarrow K_{\Sigma j'} = K_{\Sigma j''}$.

Доказательство утв. 1.

Из $K_{\Sigma j'} \simeq K_{\Sigma j''}$ и $O.100 \vdash \forall i, j', j'' [(x_{ij'} \in K_{\Sigma j'}) \simeq (x_{ij''} \in K_{\Sigma j''})] \wedge \forall i, j', j'' [(x_{j'i} \in K_{\Sigma j'}) \simeq (x_{j'i} \in K_{\Sigma j''})] \Rightarrow [(\forall Q_{ij't} = \forall Q_{ij't}) \text{ по } O.16] \wedge [(\forall Q_{ij't}^n = \forall Q_{ij't}^n \text{ по } O.68)] \Rightarrow [\forall Q_{ij'}(t) = \forall Q_{ij''}(t) \text{ по } O.67] \Rightarrow (\forall Q_{ij'} = \forall Q_{ij''} \text{ по } T.5) \Rightarrow (\forall K_{ij'} = \forall K_{ij''} \text{ по } O.91) \Rightarrow K_{\Sigma j'} = K_{\Sigma j''} \text{ по } O.102, O.113, \text{ ч. т. д.}$

Утв. 2: $K_{\Sigma j'} = K_{\Sigma j''} \neq \Delta K_{\Sigma j'} \simeq K_{\Sigma j''}$.

Доказательство утв. 2.

$$] K_{\Sigma j'} = \sum_{i=1}^n K_{ij'} G_i \wedge K_{\Sigma j''} = \sum_{i=1}^n K_{ij''} G_i. \quad (a)$$

$$] \exists a, b \in \{i\} | K_{aj'} = \alpha K_{aj''} \wedge K_{bj'} = \frac{1}{\alpha} K_{bj''} \wedge \forall i (i | i \neq a \vee b) \times K_{ij'} = K_{ij''}. \quad (б)$$

$$\text{Из (а), (б)} \vdash \sum_{i=1}^n K_{ij'} G_i = \sum_{i=1}^n K_{ij''} G_i \Rightarrow K_{\Sigma j'} = K_{\Sigma j''}. \quad (в)$$

$$\text{Из (б)} \vdash (K_{aj'} \neq K_{aj''} \wedge K_{bj'} \neq K_{bj''}) \Rightarrow (Q_{aj'} \neq Q_{aj''} \wedge Q_{bj'} \neq Q_{bj''} \text{ по } O.91) \Rightarrow [Q_{aj'}(t) \neq Q_{aj''}(t) \wedge Q_{bj'}(t) \neq Q_{bj''}(t) \text{ по } T.5] \Rightarrow (q_{aj'} \neq q_{aj''} \wedge q_{bj'} \neq q_{bj''} \text{ по } O.67) \Rightarrow (q_{aj't} \neq q_{aj''t} \wedge q_{bj't} \neq q_{bj''t} \text{ по } O.17) \Rightarrow (x_{aj'} \simeq x_{aj''} \wedge x_{bj'} \simeq x_{bj''} \text{ по } O.16) \Rightarrow [\{x_{ij'}\} \simeq \{x_{ij''}\}] \Rightarrow (K_{\Sigma j'} \neq K_{\Sigma j''} \text{ по } O.100). \quad (г)$$

Из (в), (г) $\vdash K_{\Sigma j'} = K_{\Sigma j''} \neq \Delta K_{\Sigma j'} \simeq K_{\Sigma j''}$, ч. т. д.

Теорема 11. Показатель интегрального качества K_{Σ} количественно характеризует степень удовлетворения совокупной потребности в свойствах данного объекта Σ (Ne_j).

Доказательство. Из Т. 8 следует, что любой комплексный показатель K_I характеризует степень удовлетворения совокупной потребности Σ (Ne_j). (а)

$$\text{Из } O.113 \vdash |I| = n^{\Sigma T} \Rightarrow K_I = K_{\Sigma}. \quad (б)$$

$$\text{Из } O.101, O.94 \vdash |I| = n^{\Sigma T} \Rightarrow \Sigma (Ne_j) = \Sigma (Ne_j). \quad (в)$$

Из (а), (б), (в) следует, что K_{Σ} характеризует $\Sigma (Ne_j)$, ч. т. д.

Таким образом, оценивая качество (или интегральное качество) какого-либо объекта, мы всегда тем самым оцениваем степень удовлетворения этим объектом соответствующей общественной потребности.

Определение 114. Приведенный во времени комплексный показатель K_j^t : такой комплексный показатель K_i , для всех свойств которого эталонные значения $q_i^{ст}$ берутся применительно к определенному моменту времени t , наступающему позже момента окончания существования объекта t_{ω_j} .

Смысл приведения во времени заключается в том, что с помощью показателя K_j^t можно в динамике наблюдать изменение значений комплексных показателей во времени.

Теорема 12. Приведенный во времени показатель интегрального качества K_{Σ}^t с течением времени, вообще говоря, ухудшается.

Теорема 13. («Теорема о парадоксе качества»). Возможен случай, когда значения всех показателей свойств Q_i с течением времени улучшаются, а значение показателя интегрального качества K_{Σ} при этом будет ухудшаться.

Доказательство.

$$\{(q_{it}^{ст} \triangleq q_i^{ст} | q_i^{ст} \overrightarrow{p_{ха} t}) \wedge (q_{it}^{бр} \triangleq q_i^{бр}) | q_i^{бр} \overrightarrow{p_{ха} t}\}.$$

Без потери общности примем:

$$(\forall i) \frac{q_{it_2}^{ст}}{q_{it_1}^{ст}} = \beta > 0. \quad (a)$$

$$(\forall i) \frac{q_{it_2}}{q_{it_1}} = \alpha > 0 \text{ и } Q_{ij} = Q_{ij}^{1\uparrow}. \quad (б)$$

$$(\forall i) q_{it_2}^{бр} = q_{it_1}^{бр}. \quad (в)$$

$$\beta > \alpha. \quad (г)$$

$$\text{Из (a), 0.84 } \vdash \frac{q_{it_2}^{ст}}{q_{it_1}^{ст}} = \beta. \quad (e)$$

$$\text{Из (б), 0.67 } \vdash \frac{Q_{ij}(t_2)}{Q_{ij}(t_1)} = \alpha \Rightarrow \frac{q_{it_2}}{q_{it_1}} = \alpha \text{ по Т.5.} \quad (ж)$$

$$\begin{aligned} &\text{Из (в), (e), (ж) и Т. 7 } \vdash (\forall i) [(q_{it_1} < q_{it_2}) \Rightarrow [(K_{it_1} > K_{it_2})] \Rightarrow \\ &\Rightarrow K_{\Sigma j}^{t_1} > K_{\Sigma j}^{t_2} \text{ по 0.102, 0.113}] \Rightarrow (\forall i) [(q_{it_1} \leq q_{it_2}) \Rightarrow \\ &\Rightarrow (K_{\Sigma j}^{t_1} > K_{\Sigma j}^{t_2})], \text{ ч. т. д.} \end{aligned}$$

Эта теорема объясняет причину тех, к сожалению, еще встречающихся на некоторых предприятиях случаев, когда для выпускаемой продукции значения показателей Q_i улучшаются, а значение показателя интегрального

качества не только не улучшается, но может даже и ухудшаться.

Кратко изложенная в настоящей главе аксиоматика комплексной оценки качества позволяет в следующих главах рассмотреть возможные решения возникающих в связи с такой оценкой проблем.

3. ПРОБЛЕМАТИКА КВАЛИМЕТРИИ

3.1. Систематизация проблем квалиметрии

Квалиметрия — молодая, но достаточно быстро развивающаяся научная дисциплина, имеющая свои проблемы. Как известно, во многих видах научной деятельности нередко бывает, что решение любой отдельной проблемы зачастую порождает необходимость решения и целого ряда связанных с ней подпроблем, углубляющих основную проблему.

Сказанное в полной мере относится и к квалиметрии. Так, в рамках первоначально сформулированной одной из проблем квалиметрии — проблемы наиболее эффективной и надежной методологии получения экспертных оценок (используемых для целей оценки качества) в последующем были сформулированы 26 подпроблем, конкретизирующих эту проблему.

Прежде всего построим классификацию проблем квалиметрии. Все проблемы могут быть разделены на две группы: проблемы, решение которых должно помочь ответить на вопрос: «что измерять?» (проблемы определения объекта измерения), и проблемы, после решения которых становится яснее — «как измерять?» (проблемы технологии измерения).

Учитывая, что при любом квалиметрическом анализе сначала нужно определить значения абсолютных показателей Q , затем относительных показателей K и, наконец, комплексных показателей K_k (или K_{Σ}), эти три процедуры и положим в основу классификации (табл. 1).

Многие из проблем квалиметрии настолько сложны и по ним существует такая обширная (исчисляемая сотнями наименований) литература, что сколько-нибудь полное их решение может быть дано лишь в рамках отдельной монографии, посвященной каждой из таких проблем в отдельности. Сказанное относится, например, к проблемам 2 и 12. Поэтому ниже будут рассмотрены только те

Проблемы квалиметрии

Проблемы квалиметрии, характеризующие	технологии измерения (Как измерять?) при выполнении следующих процедур	объект измерения (Что измерять?)	1. Унификация терминологии						
			2. Систематизация свойств, характеризующих качество						
			3. Взаимосвязь факторов, определяющих качество объекта						
			Определение значений абсолютных показателей Q	4. Принцип определения интервала значений показателей					
				5. Возможность неэкспертного определения значений всех показателей					
				6. Повышение эффективности экспертных оценок качества					
			Определение значений относительных показателей K				7. Влияние величины интервала значений показателей		
							8. Принцип назначения эталонов		
							9. Вид зависимости между абсолютными и относительными показателями		
							10. Допустимость компенсации плохих значений показателей		
							11. Учет фактора времени		
			Определение значений комплексных показателей $K_{ки}$ (или) K_{Σ}				Проблемы, связанные с определением коэффициентов весомости		
								12. Методы определения коэффициентов весомости	
							Проблемы, связанные со сверткой относительных показателей в комплексный показатель		
13. Постоянство значений коэффициентов весомости									
14. Вид свертки значений показателей									
15. Учет системного характера объекта									
16. Допустимость применения шкал разной размерности									
17. Погрешность определения значений комплексных показателей									

возможные подходы к их решению, которые были обоснованы (или опровергнуты) автором.

Различная важность и сложность отдельных проблем заставляют дифференцированно решать вопрос о том внимании, которого заслуживает каждая проблема. Например, проблеме «Повышение эффективности экспертных оценок качества» ввиду ее особой важности и сложности будет посвящен целый раздел книги. Подробно будут рассмотрены также проблемы 1, 2, 8, 9, 10, 12.

3.2. Проблемы, связанные с определением объекта измерения

Суть всех этих проблем заключается в том, чтобы четко определить, что является объектом измерения? Измеряется ли свойство или качество или интегральное качество? Измеряется ли качество готового объекта или качество проекта, по которому этот объект будет произведен?

Понятно, что нахождение ответов на все эти вопросы немыслимо без уточнения применяемой терминологии.

Унификация терминологии. В 1970 г. были утверждены два основополагающих ГОСТа, впервые в мире стандартизирующих 44 ключевых термина, относящихся к качеству продукции и методам его оценки: ГОСТ 15467—70 «Качество продукции. Термины» и ГОСТ 16431—70 «Качество продукции. Показатели качества и методы оценки уровня качества продукции. Термины и определения».

За прошедшие с момента утверждения этих ГОСТов годы содержащаяся в них терминология прошла очень широкую апробацию на практике. В ходе этой апробации была подтверждена полезность работы, проделанной по стандартизации терминологии. Вместе с тем ряд специалистов указывали на тот факт, что некоторые, ключевые по своему характеру, гостированные термины и определения имеют недостатки, которые желательно устранить при пересмотре ГОСТов.

В 1979 г. был разработан и введен в действие новый ГОСТ 15467—79, заменивший два упомянутых выше ГОСТа. Для многих терминов и определений, содержащихся в нем, были устранены присущие им ранее недостатки.

Что же касается пяти основных терминов: показатель качества продукции, единичный показатель качества про-

дукции, комплексный показатель качества продукции, интегральный показатель качества продукции, свойство продукции — то, к сожалению, небольшие редакционные изменения, касающиеся определений этих терминов, практически не избавили их от недостатков, которые были им присущи в двух старых ГОСТах.

Поэтому часть терминов, и особенно определений, требует уточнений, которые целесообразно произвести при будущей возможной корректировке этих ГОСТов. И в основном по этой причине не оказалось возможным использовать в книге часть определений, помещенных в ГОСТ 15467—79.

Обоснование этого вывода дается на примере разбора 5 приведенных выше терминов и определений (а также помещенных в ГОСТе пояснений и примеров к ним). При этом в необходимых случаях будет привлекаться некоторый поясняющий материал и из двух старых ГОСТов (тесно связанных по своим исходным посылкам с новым ГОСТом).

1. Термин № 4. «Показатель качества продукции». Приведенное в ГОСТ 15467—79 определение этого термина не может считаться достаточно удовлетворительным по следующей основной причине.

Из сопоставления термина № 4 и начальной части его определения («Показатель качества продукции — количественная характеристика...»), а также из пояснения к термину, приведенному на с. 11 («Показатель качества продукции количественно характеризует...»), следует, что «показатель» и «количественная характеристика» в контексте данного ГОСТа суть чрезвычайно близкие по значению выражения, почти синонимы. Подобная синонимия представляется вполне правильной и соответствующей нормам русского языка (см., например, «Словарь русского языка» С. И. Ожегова с. 499, 797).

С учетом этой равнозначности (синонимии) и для обеспечения большей наглядности последующих рассуждений заменим в определении термина № 4 слова «количественная характеристика» на слово-синоним «показатель». В этом случае начало определения термина будет выглядеть так: «Показатель одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество...».

Для простоты и большей ясности дальнейшего изложения возьмем из этого определения ту его часть, которая относится к одному свойству, и не будем рассматривать

случай, который касается нескольких свойств. (Очевидно, что содержащийся в определении союз «или» дает полное право на такую операцию.) Тогда начало приведенного выше определения будет выглядеть так: «Показатель одного из свойств продукции, составляющих ее качество...» (В старом ГОСТ 15467—70 вместо «составляющих ее качество» было «входящих в состав ее качества»). Отсюда следует, что, во-первых, свойство — это некоторая часть целого, которым является качество. (Этот вывод подтверждается и приведенным в ГОСТе определением термина № 3 «Качество продукции — это совокупность свойств продукции...»)

Во-вторых, «показатель свойства» — это показатель не всего целого («качества»), а только некоторой его части («свойства»).

Но этот вывод по смыслу противоположен выводу, вытекающему из анализа термина № 4 «Показатель качества продукции».

Ведь если качество — это целое (см. приведенную выше аргументацию), то и «показатель качества» — это показатель целого, а не отдельной его какой-то части. Таким образом, если поставить рядом данные в ГОСТе термин № 4 и его определение, то получится: «Показатель целого = показателю части этого целого», что, совершенно очевидно, приводит к противоречию.

По нашему мнению, чтобы избежать указанного недостатка, необходимо в термине № 4 слово «качество» заменить на слово «свойство». В этом случае термин и определение № 4 будет выглядеть так: «Показатель свойства продукции — это количественная характеристика одного из свойств продукции, составляющих ее качество, и т. д.» Кстати, такое решение предлагалось и предлагается в работах отечественных и зарубежных исследователей.

2. Термин № 7. «Единичный показатель качества продукции. По ГОСТ 15467—79 этот термин определяется как «показатель качества продукции, характеризующий одно из ее свойств». Причем из приведенных на с. 12 «примеров» следует, что в данном случае имеются в виду не сложные, а так называемые простые свойства (объяснение которых приведено на с. 10).

Но, как показано (см. п. 1), неправомерно называть показателем качества то, что фактически является не показателем качества, а показателем свойства. Значит,

вместо термина «единичный показатель качества продукции» нужно дать термин «показатель простого свойства продукции» (или вообще не давать никакого термина ввиду того, что предложенное выше определение термина «показатель свойства продукции» пригодно для всех свойств — как для простых, так и для сложных).

3. Термин № 8. «Комплексный показатель качества продукции». Если принять во внимание приведенную выше трактовку понятия «качество», то любой показатель качества является уже сам по себе комплексным настолько, насколько качество является комплексной характеристикой продукции (см. определение термина № 3: «Качество продукции — это совокупность свойств продукции...»). Но коль скоро это всегда так, то нет необходимости делать термин избыточно информативным и вместо термина «показатель качества продукции» давать тот же по смыслу, но более громоздкий термин «комплексный показатель качества продукции».

Если же по духу «Комплексным показателем качества продукции» фактически имеется в виду показатель сложного свойства (такой вывод напрашивается при анализе «примера», приведенного на с. 12), то, как показано в п. 2, подобный термин не нужен; так как его полностью «перекрывает» термин «показатель свойства продукции».

4. Термин № 6. «Интегральный показатель качества продукции». С учетом анализа, проведенного в п. 1 и в монографии «Что такое качество?», правильнее говорить не «Интегральный показатель качества продукции» (как в ГОСТе), а «Показатель интегрального качества продукции».

В самом деле, в тексте ГОСТа встречается четыре термина, перед словами «показатель качества» в которых стоит прилагательное. Это термины № 7—10: единичный показатель качества продукции, комплексный показатель качества продукции, определяющий показатель качества продукции и интегральный показатель качества продукции. Логично считать, что все эти четыре термина построены на единой методической основе и отражают не способ формирования самого показателя (который, как это было показано в п. 1, является просто синонимом понятия «количественная характеристика»), а отличительную особенность того объекта, которую этот показатель определяет (например, рассматривается не просто качество продукции, а одно из ее свойств. — термин № 7

«Едиличный показатель качества продукции»; или несколько ее свойств — термин № 8 «Комплексный показатель качества продукции»; или комплекс свойств, характеризующих суммарный полезный эффект и суммарные затраты, — термин № 10 «Интегральный показатель качества продукции»).

Нужно отметить также, что пример 2, приведенный в ГОСТе на с. 14 и призванный пояснить термин «интегральный показатель качества продукции», не соответствует смыслу определения этого термина, приведенного на с. 2. Ведь в определении говорится, что должен учитываться «суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции» (т. е. по смыслу — полный, совокупный полезный эффект), а в примере на с. 14 утверждается, что для такого транспортного средства, как грузовой автомобиль, подобным суммарным эффектом является пробег в тонно-километрах за срок службы до капитального ремонта. Спору нет, пробег грузового автомобиля является важнейшей составной частью суммарного полезного эффекта. Важнейшей, но отнюдь не единственной, так как применительно к грузовому автомобилю полезный эффект определяется также свойствами, характеризующими, например, сохранность и тип перевозимого груза, условия работы водителя и т. д.

Поэтому в примере на с. 14 фактически поясняется не «интегральное качество транспортного средства» (или «интегральный показатель качества транспортного средства»), а всего только одно из сложных свойств транспортного средства, а именно свойство «удельные затраты на тонно-километр».

Таковы некоторые из тех недостатков, которые целесообразно исправить при возможной будущей корректировке ГОСТ 15467—79. По этой же причине указанные термины не использованы в данной книге. Но существует и другая причина, препятствовавшая использованию гостированной терминологии — объем применяемого в книге понятия «объект» шире, чем очерченный в ГОСТе объем понятия «продукция, относящаяся только к о вещественным результатам труда»).

Систематизация свойств, характеризующих качество. Одним из принципов, на которых основана квалиметрия, является тезис о том, что свойства, характеризующие качество оцениваемого объекта, представляют собой не просто некоторую совокупность, а совокупность, упоря-

доченную в виде многоуровневой иерархической структуры, — дерево свойств. И сущность проблемы заключается в том, чтобы найти те правила построения дерева свойств (т. е. правила последовательной декомпозиции понятия «качество» или «интегральное качество»), с помощью которых с учетом конкретных условий оценки можно было бы для каждого подвергающегося оценке объекта получать с относительно небольшими затратами соответствующее дерево свойств.

Разумеется, никакое реальное дерево свойств никогда не сможет абсолютно адекватно отразить структуру свойств объекта: ведь если учитывать все возможные градации значений параметров внешней среды $\Psi_{i\bar{m}}$ для всех показателей зависимых от среды свойств Q_{ijm} , а также все возможные сочетания этих градаций, то количество свойств, составляющих качество объекта, будет огромно. Если и не бесконечно¹, то, во всяком случае, чрезвычайно велико.

Таким образом, дерево свойств отображает качество реального объекта только приблизительно, огрубленно. Но это огрубление не есть специфика только аппарата квалиметрии, а является общей чертой любого научного познания. Ибо, как отмечал В. И. Ленин, «изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление — и не только мыслью, но и ощущением, и не только движением, но и всякого понятия» [16, с. 233].

Каким же образом можно выявить и обосновать правила построения деревьев свойств? В этом отношении нужно отметить, что ни в областях, близких по характеру решаемых задач к квалиметрии, ни в литературе по самой квалиметрии не имеются публикации, материал которых можно было бы использовать как базу для комплекса правил построения дерева свойств. Значит, нужен новый подход к решению этой проблемы. На какие же принципиальные основы он может опираться?

Представляется, что в данном случае плодотворным окажется дедуктивный метод. С помощью этого метода сначала формулируется несколько исходных, достаточно очевидных требований, которым должно удовлетворять

¹ Бесконечным может быть только количество имманентных свойств x_i (см., например, известные высказывания Ф. Энгельса [11, с. 547] и В. И. Ленина [14, с. 289]; а количество свойств x_i , удовлетворяющих конечное число потребностей, тоже, как очевидно, будет конечно (см. 2.2).

любое применяемое в квалиметрии дерево свойств (эти требования выполняют роль своеобразных аксиом). Затем, используя эти общие требования, строится так называемая нормативная классификация¹ менее общих требований, причем требования, находящиеся на последнем уровне этой классификации, и будут являться теми конкретными правилами построения дерева свойств, проблема определения комплекса которых и рассматривается здесь.

Очевидно, что чем больше таких конкретных правил в рамках нормативной классификации, тем, при прочих равных условиях, построенное с соблюдением этих правил дерево будет более точно отражать качество реально оцениваемого объекта и больше соответствовать решаемой с его помощью квалиметрической задаче.

Но прежде чем обосновывать требования, находящиеся на разных уровнях нормативной классификации, определим те новые термины, которые будут использоваться в дальнейшем изложении и связаны с построением дерева свойств. Как и раньше, определения будут обозначаться О.1, О.2 и т. д.

О.1. Свойство — определение дано в 2.2.

О.2. Сложное свойство — свойство, которое может быть подразделено на два или более других менее сложных свойств.

О.3. Простое свойство — свойство, которое не может быть подразделено на другие свойства.

О.4. Отношение эквисатисности — определение дано в 2.2.

О.5. Эквисатисное свойство — свойство, которое с данной совокупностью других свойств находится в отношении эквисатисности.

О.6. Группа свойств — совокупность менее сложных свойств, на которые непосредственно подразделяется эквисатисное им сложное свойство.

О.7. Ширина группы — количество свойств в группе свойств *d*.

О.8. Независимость по предпочтению — определение как принято в теории решений.

О.9. Независимое свойство — свойство, входящее в группу свойств, которое находится с любым свойством этой группы в отношении независимости по предпочтению.

¹ Фактически тоже дерево.

О.10. Ч а с т и ч н о - з а в и с и м о е с в о й с т в о — свойство, входящее в группу свойств, которое находится в отношении независимости по предпочтению со всеми теми (и только с теми) свойствами этой группы, которые не являются свойством затрат.

О.11. З а в и с и м о е с в о й с т в о — свойство, входящее в группу свойств, и хотя бы с одним из свойств этой группы, не являющимся свойством затрат, оно не находится в отношении независимости по предпочтению.

О.12. К в а з и п р о с т о е с в о й с т в о — сложное свойство, которое хотя и можно разделить на группы эквисатисных свойств, но делать этого не следует, так как известна функциональная (или корреляционная) зависимость между показателями Q сложного и эквисатисных с ним свойств, образующих группу свойств. Например, сложное свойство «экономичность кухонного комбайна» может быть разложено на два менее сложных эквисатисных свойства: цену и эксплуатационные затраты. Но в таком разложении нет необходимости, так как по формулам (типа формулы «приведенных затрат») можно вычислить значение показателя экономичности. Значит, экономичность в данном случае является квазипростым свойством.

О.13. Д е р е в о с в о й с т в — графическое изображение иерархической структуры, состоящей из сложных свойств и связанных с ними групп свойств. В дальнейшем иногда будем для краткости писать «дерево».

О.14. К о р е н ь д е р е в а — сложное свойство дерева свойств, которое не является менее сложным ни для какого другого свойства, образующего дерево.

О.15. П р а в о с т о р о н н е е (л е в о с т о р о н н е е , в е р х н е с т о р о н н е е , н и ж н е с т о р о н н е е) д е р е в о с в о й с т в — дерево свойств, в котором для каждого сложного свойства соответствующая группа свойств находится на чертеже справа (слева, сверху, снизу) от него¹.

О.16. У р о в е н ь д е р е в а² — минимальные по

¹ Мы отдаем себе отчет в том, что терминов «верхнесторонний» и «нижнесторонний» нет в русском лексиконе (хотя они формально и не противоречат правилам русского словообразования). Их использование в данном случае вызвано желанием унифицировать по форме и содержанию определения, приведенные в О.15.

² В дальнейшем будет называться просто «уровень». Разумеется, возможны и другие, более строгие, но и более сложные определения этого термина с использованием некоторых дополнительных понятий из теории графов.

протяженности участка дерева, заключенные между вертикальными (при право- или левостороннем дереве) или горизонтальными плоскостями (при верхне- или нижнестороннем дереве), отделяющими все сложные свойства от соответствующих групп свойств. Уровни кодируются цифрами 0, 1, 2, ..., m .

О.17. Высота дерева — общее число уровней в дереве свойств.

О.18. Линия — изображение свойства, ставшего простым или квазипростым на $(m - k)$ -м уровне дерева свойств ($k = \overline{m - 1, 1}$) и продолженного до m -го уровня.

О.19. Полное дерево — дерево свойств, корень которого находится на 0-м уровне, а на m -м уровне находятся только простые или квазипростые свойства.

О.20. Неполное дерево — дерево, корень которого находится на 0-м уровне и разветвленное до k -го уровня ($k = \overline{m - 1, 1}$).

О.21. Усеченное дерево — полное или неполное дерево, из которого в соответствии с конкретными условиями оценки можно исключить одно или несколько свойств (простых или сложных) и (или) группы свойств.

О.22. Поддерево — выделенный из данного дерева свойств участок, который сам представляет собой дерево с корнем, находящимся на k -м уровне данного дерева ($k = \overline{m - 1, 1}$).

О.23. Дерево в строгой графовой форме — дерево свойств, изображенное так, как это принято в теории графов (с вершинами и ребрами).

О.24. Дерево в нестрогой графовой форме — дерево свойств, изображенное так, как принято изображать, например, таблицу спортивных соревнований по так называемой олимпийской системе (системе с выбыванием).

О.25. Дерево в табличной форме — дерево, изображенное в виде классификационной таблицы. Например, таким деревом являются табл. 1 и 2.

Введенные определения позволяют в достаточно компактной форме представить нормативную классификацию (табл. 2).

Требования, указанные на пятом уровне табл. 2, представляют собой правила построения деревьев свойств,

Нормативная классификация требований, которым должны удовлетворять используемые в квалиметрии деревья свойств

а

Уровни классификации			
0	1	2	3—5
Необходимо, чтобы дерево свойств обеспечивало:	улучшение результатов, получаемых при применении дерева с учетом того, что:	для дерева как частного случая классификации должны выполняться требования:	деление по равному основанию
			исключительность
			корректируемость
		для дерева как инструмента оценки качества должны выполняться требования:	универсальность
			определенность
			точность
уменьшение затрат на достижение получаемых результатов, для чего необходимо:		практичность	
		уменьшение затрат на разработку дерева	
			См. продолжение табл. 2, б
			См. продолжение табл. 2, в

ПРОДОЛЖЕНИЕ

б

Уровни классификации		
3	4	5
Универсальность	Вне зависимости от ситуации оценки *	Учет взаимосвязей в системе «человек — среда — объект»
		Жесткость структуры начальных уровней дерева
	В зависимости от ситуации оценки	Учет затрат и результатов

* Ситуация оценки — это совокупность факторов, влияющих на выбор: объекта оценки, технологии разработки методики оценки и условий использования показателя качества. Более подробно сущность этого понятия будет раскрыта в третьем разделе.

Уровни классификации

3	4	5
<p>Определенность</p>	<p>Вне зависимости от ситуации оценки</p>	<p>Аксиологическая направленность формулировок свойств</p>
		<p>Потребительская направленность формулировок свойств</p>
<p>Функциональная направленность формулировок свойств</p>		
<p>Правильный учет субъекта оценки</p>		
	<p>В зависимости от ситуации оценки</p>	<p>Ясность признака деления</p>
<p>Точность</p>	<p>Вне зависимости от ситуации оценки</p>	<p>Необходимость и достаточность числа свойств</p>
		<p>Однозначность толкования формулировок свойств</p>
		<p>Эталонное число свойств</p>
		<p>Полнота учета особенностей потребления объекта</p>
		<p>Недопустимость зависимых свойств</p>
	<p>В зависимости от ситуации оценки</p>	<p>Случайный характер расположения свойств</p>
<p>Минимум свойств в группе</p>		
<p>Практичность</p>	<p>Вне зависимости от ситуации оценки</p>	<p>Одновременность существования свойств</p>
		<p>Максимальная высота дерева</p>
	<p>В зависимости от ситуации оценки</p>	<p>Возможность оценки других объектов с помощью поддереьев</p>

Уровни классификации		
3	4	5
Уменьшение затрат на разработку дерева	Вне зависимости от ситуации оценки	Исключение свойств надежности
		Предпочтительность правостороннего дерева
		Предпочтительность табличной формы дерева
		Корректируемость
	В зависимости от ситуации оценки	Исключение одинаково выраженных свойств
Уменьшение затрат на использование дерева	Вне зависимости от ситуации оценки	Предпочтительность признаков деления меньшей размерности
		Исключение маловажных свойств
		Необходимость и достаточность числа свойств в группе
		Исключение свойств надежности
	В зависимости от ситуации оценки	Исключение одинаково выраженных свойств
		Минимум свойств в группе
		Неполное дерево при упрощенной оценке
		Приближенная формулировка показателей свойств

выявлению которых и посвящен данный раздел. Обоснование каждого из этих правил будет дано ниже.

Что же касается требований, помещенных на уровнях с первого по четвертый, то представляется излишним давать какие-либо их специальные обоснования ввиду очевидной правомерности этих требований.

Рассмотрим каждое правило в той последовательности, в которой они помещены на последнем пятом уровне табл. 2.

Деление по равному основанию. Применительно к дереву это общеизвестное для каждой классификации требование означает, что для любой группы свойств должен быть единый для всех свойств группы признак деления. (Ведь дерево — это частный случай классификации.)

Исключительность. Это правило построения любой классификации, хотя в явном виде формулируется сравнительно редко, но подразумевается всегда. Применительно к дереву оно выражает требование, чтобы свойства, входящие в группу, взаимно исключали друг друга. Иначе говоря, если представить свойства, входящие в группу, в виде множеств, то пересечение любых двух таких множеств должно быть пусто.

Корректируемость. Это достаточно часто выражаемое правило построения классификации означает, что классификация должна быть открытой, т. е. допускающей возможность внесения или исключения из нее отдельных элементов. (Таким образом, структура дерева должна позволять добавлять или исключать из него отдельные свойства.)

Учет взаимосвязей в системе «человек — среда — объект». Любой объект в процессе потребления находится во взаимосвязи со средой и с человеком¹. Кроме того, в ходе этого же процесса и человек вступает во взаимосвязь со средой. Таким образом, в общем случае любой элемент системы «человек — среда — объект» воздействует на два других элемента системы и сам испытывает воздействие от каждого из них. Взаимосвязи этих элементов показаны на рис. 3.

Отметим, что здесь вводится термин «человекоустойчивость» — близкий по смыслу к терминам, иногда встречающимся в иностранной технической литературе и означающий стойкость технического устройства к неправильным воздействиям со стороны человека-оператора: «дуракоустойчивость» (применительно к гражданской технике) и «солдатустойчивость» (применительно к военной технике). По сравнению с ними термин «человекоустойчивость» представляется менее экстравагантным.

¹ Здесь термином «человек» обозначаются те и только те люди, которые имманентно связаны с функционированием (потреблением) объекта, т. е. обеспечивают такое функционирование (например, применительно к бытовому телевизору — мастер из телеателье), и те, для кого объект функционирует (например, владелец телевизора).

На рис. 3 для каждого элемента системы «человек—среда—объект» указано четыре типа связей. Сократим это число до двух, объединив воздействия, оказываемые на каждый элемент системы. Тогда совокупное воздействие на среду со стороны объекта (экологичность техническая) и человека (экологичность биологическая) назовем **экологичность**. Воздействие на человека со стороны объекта (техническая безопасность) и со стороны среды (защищенность) назовем **безопасность**. Другое совокупное воздействие на человека со стороны этих же элементов: эргономичность (влияет объект) и обитаемость (влияет

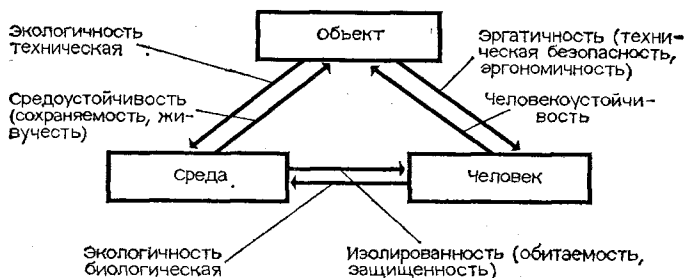


Рис. 3. Схема взаимосвязей элементов системы «человек — среда — объект»

среда) назовем **комфортность**. Естественно объединить свойства комфортность и безопасность эквисатисным им свойством, которое назовем **жизнеобеспеченность**. Наконец, совокупное воздействие на объект со стороны среды (средоустойчивость) и человека (человекоустойчивость) обозначим термином **безызыянность**.

Таким образом, суть изложенного в данном пункте правила заключается в том, что в дереве свойств обязательно должны присутствовать (разумеется, с учетом ситуации оценки) свойства: экологичность, жизнеобеспеченность и безызыянность.

Жесткость структуры начальных уровней дерева. Использование (потребление, эксплуатация) любого объекта, т. е. его функционирование, сопровождается удовлетворением потребностей (см. 2.1). А это означает, что важнейшим свойством объекта является его приспособленность к функционированию (использованию). Назовем это свойство **функциональность**.

Функциональность проявляется в разных периодах жизненного цикла объекта: 1) при подготовке к исполь-

зованию (в периоды хранения, транспортировки, ремонта и т. д.) и 2) при непосредственном использовании объекта. В каждом из этих периодов функциональность проявляется в двух аспектах. Во-первых, в аспекте основной функции объекта, характеризующей приспособленность объекта выполнять свое основное назначение в соответствующий период его жизненного цикла. Например, основная функция в период хранения — это совокупность свойств, характеризующих приспособленность объекта к хранению; основная функция в период непосредственного использования объекта — это совокупность свойств, характеризующих приспособленность объекта к непосредственному использованию в соответствии с назначением (свойства назначения), и т. д.

Во-вторых, функциональность объекта проявляется в аспекте вспомогательной функции, характеризующей его приспособленность к взаимодействию в системе «человек—среда—объект». Иначе говоря, для каждого периода жизненного цикла объекта вспомогательная функция может быть разложена на эквисатисную группу свойств: экологичность, жизнеобеспеченность, безызъянность.

С учетом сказанного свойство «функциональность» может быть представлено поддеревом (табл. 3). Для удобства дальнейшего изложения назовем это поддерево блок А.

В свою очередь, в блок А входит блок Б, описывающий свойства вспомогательной функции (табл. 4). Блок Б включает в себя блоки В, Г, Д, Е, Ж и З (табл. 5—7).

Примем во внимание, что качество объекта определяется функциональностью и эстетичностью. Тогда с учетом табл. 3 может быть предложена структура начальных уровней дерева, пригодного для подавляющего большинства объектов (особенно для объектов — продуктов труда) — см. табл. 8. Вместе с поддеревами (табл. 3—7) образуется дерево, структура которого до 11-го уровня является достаточно жестко и априори заданной (кроме свойств назначения). Разумеется, из этой структуры с учетом конкретной ситуации оценки должны быть исключены все лишние свойства. Таким образом, смысл рассмотренного в данном пункте правила заключается в том, что при построении дерева свойств целесообразно на первых 10—12 уровнях руководствоваться деревом, приведенным в табл. 3—8.

Учет затрат и результатов. В зависимости от ситуации оценки может (хотя и сравнительно

Блок А — свойства, определяющие функциональность объекта

Уровни дерева				
2	3	4	5	
Функциональность, проявляющаяся:	при подготовке к использованию объекта, включающая этапы его жизненного цикла:	хранение	оф *: приспособленность к хранению	
			вф *: см. блок Б, табл. 4	
		транспортировка к месту использования	оф: приспособленность к транспортировке	
			вф: см. блок Б, табл. 4	
		развертывание (монтаж, консервация) на месте использования	оф: приспособленность к развертыванию	
			вф: см. блок Б, табл. 4	
		ремонт и (или) техобслуживание	оф: приспособленность к ремонту и ТО	
			вф: см. Блок Б, табл. 4	
свертывание (демонтаж, консервация)	оф: приспособленность к свертыванию			
	вф: см. блок Б, табл. 4			
ликвидация	оф: приспособленность к ликвидации			
	вф: см. блок Б, табл. 4			
при непосредственном использовании объекта	оф: приспособленность к выполнению основного назначения (свойства назначения)			
	вф: см. блок Б, табл. 4			

* оф — основная функция; вф — вспомогательная функция.

Блок Б — свойства, определяющие вспомогательную функцию в различных периодах жизненного цикла объекта

Уровни дерева				
5	6	7	8	
Блок Б — вспомогательная функция на различных этапах жизненного цикла объекта	Жизнеобеспеченность — см. блок В, табл. 5			
	Экологичность	Экологичность техническая — см. блок Ж, табл. 7		
		Экологичность биологическая — см. блок Д, табл. 6		
	Безызьянность	Средоустойчивость	живучесть (воздействует противник) — Блок Е *	
			сохраняемость (воздействует природная среда) — см. блок Ж, табл. 7	
		Человекоустойчивость	силовое воздействие (приложение усилий, больших допустимых)	
несиловое воздействие (неправильное включение, оперирование)				

* Блок Е в данной книге не детализируется.

редко) оказаться необходимым определять в количественной форме не интегральное качество, а качество объекта. В этом случае из дерева, приведенного в табл. 8, должно быть исключено квазипростое свойство «экономичность» (т. е. затраты на производство и использование объекта учитываться не будут). Во всех остальных случаях должны учитываться как результаты, так и связанные с ними затраты, т. е. предметом оценки должно являться не качество, а интегральное качество.

Аксиологическая направленность формулировок свойств. Целесообразно, чтобы формулировки свойств, включаемых в дерево, были такими, чтобы обеспечивалась принципиальная возможность с помощью соответствующего показателя оценивать для конкретного объекта выраженность каждого свойства

Блок В — свойства, определяющие жизнеобеспеченность объекта

Уровни дерева					
6	7	8	9	10	11
Блок В — жизнеобеспеченность, которой обладают	Блок 3 — люди, непосредственно обеспечивающие функционирование объекта (управление, манипулирование и т. д.)	Безопасность	Техническая опасность, причем воздействие	Химическое	Газы
					Жидкости
					Твердые тела
				Физическое	Излучения
					Токи
		Биологическое	Механические воздействия		
		Защищенность, причем воздействует	Противник — см. блок Е		
			Природная среда — см. блок Ж, табл. 7		
		Комфортность	Эргономичность	Гигиеничность	
				Антропометричность	
Психофизиологичность					
Психологичность					
Обитаемость	Размеры	Микроклимат			
		Линейные			
		Площадные			
		Объемные			
Люди, опосредственно обеспечивающие функционирование объекта (ремонт, техобслуживание, уход и т. д.) — см. блок 3, табл. 5					
Люди, для которых функционирует объект, — см. блок 3, табл. 5					

Блок Д — свойства, определяющие биологическую экологичность

Блок Д — люди, имманентно связанные с функционированием объекта	Люди, для которых функционирует объект	
	Люди, которые обеспечивают функционирование объекта	непосредственно (манипулирование, управление и т. д.) опосредственно (ремонт, техобслуживание, уход и т. д.)

Блоки Г, Ж — свойства, определяющие среду объекта

Блок Г — среда объекта	Блок Ж — природная среда	Искусственная среда	Сооружения
			Машины, механизмы
			Предметы потребления
	Естественная среда	Неживая природа	Водный бассейн
			Воздушный бассейн
			Суша
		Живая природа	Растительный мир
			Животный мир
	Люди (не связанные имманентно с функционированием объекта)		
	Противник		

Начальные уровни дерева свойств, пригодного для большинства объектов

Уровни дерева						
0	1	2	3	4	5	
Интегральное качество объекта	Качество объекта (результаты, получаемые обществом)	Функциональность объекта (удовлетворение материальных потребностей) — см. Блок А, табл. 3				
		Эстетичность объекта (удовлетворение духовных потребностей)	Эстетичность собственно объекта	Эстетичность интерьера	при подготовке к использованию	
					при непосредственном использовании	
			Эстетичность экстерьера *	при подготовке к использованию		
				при непосредственном использовании		
		Эстетическая сочетаемость объекта с окружающей средой	Эстетичность интерьера	при подготовке к использованию		
				при непосредственном использовании		
		Эстетичность экстерьера	при подготовке к использованию			
			при непосредственном использовании			
		Экономичность объекта (затраты, понесенные обществом на производство и потребление объекта)				

* Под экстерьером здесь понимается внешний вид объекта.

с аксиологической точки зрения (в шкалах «лучше—хуже», «больше—меньше»).

Потребительская направленность формулировок свойств. Для каждого сложного свойства обычно имеется несколько различных признаков, с помощью которых оно может быть разделено на эквисатисную группу свойств. Но из всех возможных признаков такого рода нужно выбирать только те, которые имеют потребительскую направленность, т. е. отражают удовлетворение потребности с помощью оцениваемого объекта.

Функциональная направленность формулировок свойств. Желательно применять те признаки деления, которые отражают не конструктивную структуру оцениваемого объекта, а характер выполняемых им функций. Ибо конструкции разных эквисатисных объектов могут быть существенно различны (и достаточно быстро меняться как следствие технического прогресса), а совокупность выполняемых ими функций (соответствующая совокупности удовлетворяемых с помощью этих функций потребностей) является гораздо более стабильной.

Например, оценку качества радиокомбайна целесообразно вести не по отдельным его агрегатам: усилитель, проигрыватель, акустические колонки и т. д., а по отдельным аспектам функционирования: прослушивание магнитофонной записи, прослушивание грамзаписи и т. д.

П р а в и л ь н ы й у ч е т с у б ь е к т а о ц е н к и. При построении дерева свойств для любого объекта обязательно нужно принимать во внимание тот уровень социальной иерархии, на котором находится субъект оценки. Наибольшее число свойств в дереве для одного и того же оцениваемого объекта будет с этой точки зрения тогда, когда субъектом оценки является общество в целом, а наименьшее число свойств, когда субъект оценки представляет собой малочисленную группу потребителей (или даже только одного человека). Уровень иерархии, на котором находится субъект оценки, обычно задается при определении ситуации оценки.

Например, оценивается качество фотоаппарата. Если оценку производить на самом нижнем уровне иерархии (когда субъектом оценки является отдельный потребитель), то в число учитываемых при оценке свойств (а это значит — в дерево свойств) не нужно включать свойства, характеризующие патентную чистоту или патентную защищенность, — ведь эти свойства не удовлетворяют какие-либо конкретные потребности конкретного потребителя в нашей стране. Другое дело, если по ситуации оценки будет установлено, что данная модель фотоаппарата предназначена к поставке на внешний рынок. Здесь субъект оценки — Министерство внешней торговли — находится уже на более высоком уровне иерархии. И оно заинтересовано, чтобы при оценке качества учитывались также и патентно-правовые свойства.

Я с н о с т ь п р и з н а к а д е л е н и я. Если по ситуации оценки установлено, что коэффициенты весо-

мости для свойств отдельных групп (или для всего дерева в целом) будут определяться экспертным методом, целесообразно, чтобы в каждой группе свойств признак деления был четко выражен и абсолютно ясен уже из самих формулировок свойств. В этом случае, как показывает практический опыт проведения экспертных опросов, эксперты дают, при прочих равных условиях, более уверенные и точные ответы на поставленные им вопросы.

Необходимость и достаточность числа свойств. Это очевидное требование, имеющее отношение не только к дереву свойств, но и вообще к моделям, используемым в целях оптимизации. Применительно к дереву требование необходимости означает, что в группу должны включаться только те свойства, которые необходимы для обеспечения эквисатисности со сложным свойством. А требование достаточности означает, что в группе должны быть представлены все те свойства, которыми может определяться соответствующее эквисатисное сложное свойство.

Однозначность толкования формулировок свойств. Представляется достаточно очевидным, что в дереве как одном из инструментов принятия решения не должны быть нечеткие, двусмысленные, неоднозначно трактуемые формулировки свойств. В противном случае в принимаемые решения может быть внесена дополнительная погрешность.

Эталонное число свойств. Иногда (хотя и очень редко) встречаются утверждения, что увеличение количества учитываемых свойств не только не повышает, но даже понижает точность оценки качества. Приводимая ниже очень простая теорема опровергает эти утверждения и позволяет считать, что, при прочих равных условиях, увеличение количества n учитываемых свойств (вплоть до предельного случая $n = n^{эп}$) приводит к уменьшению погрешности вычисления оценки качества.

Теорема 1. Пусть:

$$1) K_{K_1} = \sum_{i_1=1}^{n_1} K_{i_1} g_{i_1}; \quad 2) K_{K_2} = \sum_{i_2=1}^{n_2} K_{i_2} g_{i_2};$$

$$3) \{i_1 | i_1 = \overline{1, n_1}\} \subset \{i_2 | i_2 = \overline{1, n_2}\}; \quad 4) \varepsilon_1 = \frac{\Delta K_{K_1}}{K_K^{нс}} \text{ и}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta K_{K_2}}{K_K^{нс}},$$

где K_K^{no} — истинное значение K_K ; K_{K_1} , K_{K_2} — оценки одного и того же объекта, вычисленные при разном количестве учитываемых свойств; $\Delta K = K_K^{nc} - K_K$. Тогда $n_2 \gg n_1 \rightarrow \varepsilon_2 < \varepsilon_1$.

Доказательство. Без потери общности примем: $(\forall i_1, i_2) g_{i_1}, g_{i_2} = \text{const}$ и $\Delta K_{K_1}, \Delta K_{K_2} > 0$.

Рассмотрим величину $\alpha = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$. Из усл. 4 $\vdash \alpha = \frac{\Delta K_{K_2} K_K^{nc}}{\Delta K_{K_1} K_K^{nc}} = \frac{\Delta K_{K_2}}{\Delta K_{K_1}} =$

$$= \frac{K_K^{nc} - \sum_{i_2=1}^{n_2} K_{i_2}}{K_K^{nc} - \sum_{i_1=1}^{n_1} K_{i_1}}. \quad (a)$$

Из усл. 3, (a) $\vdash n_2 > n_1 \rightarrow \sum_{i_2=1}^{n_2} K_{i_2} > \sum_{i_1=1}^{n_1} K_{i_1} \rightarrow \left(K_K^{nc} - \sum_{i_2=1}^{n_2} K_{i_2} \right) <$

$$< \left(K_K^{nc} - \sum_{i_1=1}^{n_1} K_{i_1} \right) \rightarrow \alpha < 1 \rightarrow (n_2 > n_1 \rightarrow \varepsilon_2 < \varepsilon_1), \text{ ч. т. д.}$$

Таким образом, смысл данного правила заключается в том, что при построении дерева необходимо стремиться к тому, чтобы на самом высоком уровне дерева было максимальное число свойств (в идеале равное эталонному числу $n^{стр}$).

Полнота учета особенностей потребления объекта. Необходимо так строить дерево, чтобы в нем нашли отражение все особенности процесса потребления объекта. Исключение должно допускаться только для тех особенностей, по поводу которых: 1) заранее (при определении ситуации оценки) установлено, что учет этих условий потребления не является необходимым; 2) отсутствуют данные, которые бы позволили определять значения показателей Q_i для свойств, учитывающих эти особенности.

Недопустимость зависимых свойств. В любой группе свойств должны быть оставлены только те свойства, которые являются независимыми или частично-зависимыми. Справедливость этого правила вытекает из теоремы, доказанной П. Фишберном [84, с. 79] и устанавливающей условия, необходимые для существования комплексного показателя, выраженного в аддитивной форме.

Случайный характер расположения свойств. Известно, что при экспертном определении значений коэффициентов весомости возможно искажение экспертных оценок, связанное с тем, что свойства, помещенные в начале группы, подсознательно будут считаться некоторыми экспертами более важными. Для нейтрализации этого недостатка в случае, когда коэффициенты весомости определяются экспертным методом, целесообразно принять случайный порядок расположения свойств в группе (и доводить это обстоятельство до сведения экспертов).

Минимум свойств в группе. В литературе встречаются рекомендации, касающиеся только максимально допустимой ширины группы свойств. Так, в работе [39, с. 336] рекомендуется принимать $d_{\max} \leq 12$, а в известной системе ПАТТЕРН принималось $d_{\max} \leq 10$.

Что же касается оптимальной ширины группы d_{opt} , то соответствующих данных в литературе, по-видимому, нет. Исходя из известных результатов, полученных Миллером [111, с. 84], нами была высказана гипотеза, что погрешность коллективной экспертной оценки есть монотонно возрастающая функция от ширины группы. Эксперимент, проведенный совместно с Э. А. Дорофеевым, подтвердил эту гипотезу. Из этого следует, что при построении дерева желательно стремиться к минимальной ширине каждой группы (в случае если коэффициенты весомости будут определяться экспертным методом), т. е. $d_{\text{opt}} = 2$ и $d_{\max} = 7$.

Одновременность существования свойств. Эквисатисные свойства, составляющие группу свойств, должны быть такими, чтобы оцениваемый объект в каждый момент времени мог одновременно обладать всеми этими свойствами. Соответственно и признак деления должен выбираться с учетом удовлетворения этому правилу.

Максимальная высота дерева. Существует две различные точки зрения на желательность увеличения высоты дерева. Некоторые специалисты, работающие в квалиметрии, считают такое увеличение высоты нежелательным, предлагая ограничить высоту 5—6 уровнями. Другие считают, что точность оценки монотонно зависит от количества уровней иерархии.

Для решения этого вопроса мы применили два подхода: экспериментальный и теоретический.

В рамках эксперимента, о котором говорилось двумя пунктами выше, проверялась также гипотеза о монотонно убывающей зависимости погрешности определения коллективной экспертной оценки от высоты дерева. Эксперимент подтвердил правильность этой гипотезы.

Справедливость правила «Максимальная высота дерева», кроме того, является следствием теоремы, доказанной в работе [28].

Таким образом, если значение показателей Q_i определяется экспертным методом, целесообразно стремиться к максимальной высоте дерева.

Возможность оценки других объектов с помощью поддереьев.

Целесообразность этого правила очевидна, так как нередко встречаются ситуации, в которых кроме оценки самого объекта оказывается желательным определить оценку и каких-то частей (или сторон) объекта. Например, оценивая качество мебели, целесообразно знать не только значение показателя ее качества в целом, но и значения таких комплексных показателей, которые определяют ее эстетичность и функциональность.

Исключение свойств надежности. Это правило понятно, так как все свойства надежности уже учитываются в рамках функции эффекта. По этой причине включать свойства надежности в дерево нет необходимости.

Предпочтительность правостороннего дерева. Опыт построения нескольких сотен деревьев, накопленный автором, свидетельствует о том, что из четырех типов деревьев правостороннее дерево является самым удобным в практической работе. Именно поэтому его целесообразно применять во всех случаях, кроме тех, когда по конкретным условиям не окажется необходимым применить другие типы дерева.

Предпочтительность табличной формы дерева. Так же, как и в предыдущем пункте, предпочтительность табличной формы подтверждается достаточно обширным опытом автора и его учеников. Преимущество табличной формы особенно проявляется в экономии места, необходимого для изображения дерева. Если же по конкретным условиям может потребоваться максимальная наглядность структуры дерева, то более предпочтительным будет дерево в нестрогой графовой форме.

Исключение одинаково выраженных свойств. В работе [26, с. 103] было показано, что при исключении из дерева у двух сравниваемых объектов одинаково выраженных свойств соотношение оценок их качества, вычисленных на основе усеченных деревьев, будет отличаться от аналогичного соотношения, вычисленного при использовании полных деревьев. Только ранжировка объектов остается при этом неизменной. Из этого вытекает, что применять усеченные деревья можно (и нужно) тогда и только тогда, когда в соответствии с ситуацией оценки решается задача ранжировки. Что касается квалитетических оценок, которые нужно иметь в шкале отношений или в шкале интервалов, то для их определения обязательно использование не усеченных, а полных деревьев. Поэтому рекомендуемое, например, в работе [110, с. 14] усечение дерева является допустимым только в случаях, когда используется шкала рангов, и неправильным во всех остальных ситуациях.

Предпочтительность признака деления меньшей размерности. Совершенно очевидно, что из двух деревьев, имеющих на последнем уровне одинаковые свойства, более предпочтительным, при прочих равных условиях, является дерево, содержащее на предыдущих уровнях меньшее число сложных свойств, так как при этом уменьшаются затраты труда и времени на работу с деревом (см., например, [100, с. 28]). Поэтому, как показывает элементарный расчет, если сложное свойство необходимо разбить на группу свойств и при этом можно использовать два признака деления, один из которых имеет n , а другой — m возможных градаций (причем $n < m$), то сначала нужно использовать признак с n градациями, а затем обладающий m градациями. При этом в дереве окажется на $(n - m)$ свойств меньше, чем при применении сначала признака с m градациями. Разумеется, это правило должно применяться только в случаях, когда оно не противоречит другим правилам построения дерева (например, правилу о возможности использования поддеревьев).

Исключение маловажных свойств. С точки зрения общематематических правил обработки результатов вычислений в дереве нет смысла оставлять те свойства, весомость показателей которых выходит за пределы точности вычислений. Поэтому целесообразно применять следующую процедуру: после построения де-

рева и определения значений коэффициентов весомости g_i нужно проранжировать (по убыванию величины g_i) все маловажные свойства, находящиеся на последнем уровне дерева, и исключить из ранжированного ряда снизу такое максимальное количество свойств n_1 , которое будет удовлетворять неравенству $\sum_{i=1}^{n_1} g_i \leq \Delta g$, где Δg — абсолютная погрешность определения коэффициентов весомости.

Неполное дерево при упрощенной оценке. Если по ситуации оценки установлено, что лимитирующими являются факторы времени и трудоемкости разработки и использования дерева, причем допустимо некоторое понижение точности оценок качества (по сравнению со случаем, когда применяется полное дерево), целесообразно строить неполное дерево. Получаемая при этом экономия может быть весьма существенной — 10- и даже 30-кратной.

Приближенная формулировка показателей свойств. Если по ситуации оценки принято решение проводить оценку качества, не только не добиваясь при этом минимальной величины погрешности измерения, но и допуская относительно большую величину такой погрешности, то допустимо для характеристики простых и квазипростых свойств применять такие показатели, которые являются хотя и менее точными, но и менее трудоемкими при определении их значений.

Из кратко обоснованных выше правил построения дерева 21 правило является общим, используемым независимо от ситуации оценки. Применение же остальных 8 частных правил должно оправдываться конкретными особенностями ситуации оценки.

Отметим следующую особенность совокупности этих правил. По самой своей сути они должны служить **практическим инструментом** при построении деревьев. Поэтому при формулировке и классификации этих правил в рамках нормативной классификации (см. табл. 2) мы сознательно допускали определенную нестрогость, заключающуюся в том, что некоторые из правил частично перекрывают друг друга (например, правило «Необходимость и достаточность числа свойств» и правило «Деление по равному основанию»). Подобное частичное (хотя и очень незначительное) дублирование одних правил другими позво-

ляет, как показывает накопленный практический опыт, облегчить и сделать более безошибочной работу по построению деревьев.

В заключение отметим, что в литературе (хотя и очень редко) можно встретить утверждение, фактически представляющее собой еще одно (сверх описанных выше) правило построения деревьев: каждое свойство в дереве не должно учитываться больше одного раза. Такой тезис высказан (без обоснования), например, в работе [103, с. 107]. Мы не сочли необходимым учитывать это правило потому, что оно противоречит как нашему опыту разработки деревьев, так и положениям, обоснованным в теории систем [57, с. 56; 112, с. 675].

Взаимосвязь факторов, определяющих качество объекта. В современном производстве готовое изделие, как правило, продукт труда многих производителей. Так, проект, по которому выпускается изделие, разрабатывается в проектной или конструкторской организации. Очевидно, что качество проекта самым непосредственным образом влияет на качество готового объекта (изделия), произведенного по этому проекту. С этой точки зрения желательно иметь аналитическую зависимость между показателями качества проекта и готового изделия (объекта). Но, как известно, при одном и том же проекте готовое изделие в силу конкретной хозяйственной ситуации может быть изготовлено из материалов, отличающихся друг от друга по качеству. Значит, существует и проблема определения зависимости между показателями качества материала (в широком смысле) и готового изделия. Наконец, при одном и том же проекте и материале может быть различным качество работы при непосредственном изготовлении изделия, что порождает проблему взаимосвязи показателей качества объекта и качества работы.

К сожалению, в литературе практически не встречаются работы, в которых содержались бы ответы на поставленные выше вопросы. Так что проблема определения взаимосвязи факторов, определяющих качество готового объекта, в настоящее время относится к числу нерешенных в квалиметрии.

3.3. Проблемы, связанные с определением значений абсолютных показателей

Среди такого рода проблем при разработке методики оценки качества раньше всего приходится сталкиваться

с проблемой, которая может быть названа **Принцип определения интервала значений показателей**. Смысл этой проблемы заключается в поиске ответа на вопрос: должен ли быть общий принцип определения интервала значений показателей? И если да, то в чем этот принцип заключается?

Положительный ответ на первый вопрос есть следствие того обстоятельства, что одной из характерных черт описанных в главе 2 принципиальных основ квалиметрии является единый для разных свойств подход к определению значений основных их характеристик: эталонного, браковочного и допустимого значений, а также значений относительного показателя. Это означает, что интервал значений показателя $L(q_i) = [q_i^{\uparrow \text{доп}}, q_i^{\downarrow \text{доп}}]$ должен определяться на единой методической основе для любого i -го свойства.

Ответ на второй вопрос, касающийся принципа определения значения $L(q_i)$ (или, что фактически то же самое, определения значений $q_i^{\uparrow \text{доп}}$ и $q_i^{\downarrow \text{доп}}$), заключается в следующем. Значения $q_i^{\uparrow \text{доп}}$ ($q_i^{\downarrow \text{доп}}$) принимаются (с заданной вероятностью $\gamma^{\text{ТР}}$) равными тем крайним — максимальным или минимальным — значениям показателя Q_i , которые встречаются на практике у множества $\{\Omega_j^{\text{ЭК}}\}$ объектов, эквисатисных данному, причем мощность $|\{\Omega_j^{\text{ЭК}}\}| = u_{\text{дос}}$ (см. 2.5; 0.63; 0.64).

В случае же, если имеющийся в распоряжении разработчика методики оценки объем выборки $u'_{\text{дос}} < u_{\text{дос}}$ для определения значений $q_i^{\uparrow \text{доп}}$ ($q_i^{\downarrow \text{доп}}$) неэкспертный метод непригоден, и эти значения определяются экспертным методом.

Возможность неэкспертного определения значений всех показателей. Как известно, в задачах оценки качества очень большое применение находит экспертный метод. Настолько большое, что некоторые специалисты вообще отождествляют процедуру оценки качества с экспертной оценкой качества и считают, что применение каких-либо других, неэкспертных методов для этой цели принципиально невозможно. Вместе с тем при широком распространении практики оценки качества (и, в частности, оценки качества товаров) не может не наступить такой момент, когда дальнейшее расширение сферы приложения оценок качества будет сдерживаться отсутствием

достаточного числа экспертов. Понятно, что в связи с этим возникает заинтересованность в разработке такой технологии оценки качества (в том числе и технологии определения значений абсолютных показателей Q), которая бы не требовала обязательного использования экспертов. Сущность возникающей в связи с этим проблемы и заключается в получении ответа на вопрос: можно ли измерить некоторые специфические свойства объекта, например эстетические, эргономические, социальные, не только экспертным способом, но и физическими методами? И, в частности, если взять такой наиболее сложный (с точки зрения применения физических методов измерения) вид свойств, как эстетические свойства: обязательно ли считать, что по отношению к ним принципиально неприменимы неэкспертные методы измерения?

Ответ на поставленный выше вопрос был дан в двух монографиях [19 и 24]. Поэтому мы в очень краткой, тезисной форме изложим основные положения этих работ.

Отметим, что в указанных книгах не ставилась задача дать конкретную методику неэкспертного способа количественной оценки эстетичности. Единственная же проблема, возможность решения которой анализировалась в этих книгах, заключалась в доказательстве существования принципиальных предпосылок (если и не сегодня, то в будущем) для применения количественных, неэкспертных методов оценки к такой эстетической категории, как прекрасное, точнее, красота внешнего вида различного рода объектов: предметов потребления, архитектурных сооружений, машин и т. д.

В основу разработки этой проблемы был положен постулат, разумность которого представляется несомненной и который ни разу не ставился под сомнение ни в ходе публичных обсуждений, ни во время печатных дискуссий. Этот постулат заключается в следующем: любые сложные явления, которые удовлетворяют одновременно трем условиям: 1) формируются из некоторых составных частей; 2) формирование их из составных частей происходит по определенным правилам (в соответствии с определенной закономерностью) и 3) составные части поддаются количественной оценке, — такие явления могут быть количественно оценены также и в целом, если известны эти правила или эти закономерности.

Прежде всего было показано, что применительно к визуально наблюдаемой красоте внешнего вида различных

объектов (продуктов труда) можно выделить конечный (и сравнительно небольшой) набор составных частей (условно названных «элементы красоты»). Этот набор, обуславливающий впечатление красоты и присущий почти любому визуально воспринимаемому (в эстетическом смысле) объекту, включает следующие элементы: характер композиции, форму, цвет, фактуру поверхности, светотень, оптические искажения, метр, ритм, контраст, нюанс, симметрию, асимметрию, пропорции, гармоничность, масштабность, архитектонику, стиль, качество отделки поверхности.

Тем самым показана выполнимость первого предсмотренного постулатом условия.

Тезис о выполнимости второго условия основывается на краеугольных принципах марксистского мировоззрения — принципе детерминизма и принципе познаваемости закономерных явлений. Сегодня нельзя сказать, что известно то закономерное сочетание элементов красоты, которое и обеспечивает проявление феномена красоты. Сейчас в этом направлении делаются еще только первые шаги. Но сама принципиальная возможность сначала выявить эту закономерность, а затем и представить ее в количественной форме не вызывает никаких сомнений.

В этом отношении можно указать на одну из самых ранних (хотя на сегодняшний день и не самых обоснованных) попыток найти количественное выражение для закономерности, обуславливающей впечатление красоты какого-то изделия. В 1928 г. известный математик Дж. Биркгоф предложил формулу для количественной оценки красоты (эстетичности) материального предмета [98, с. 13; 99, с. 2182]:

$$M = \frac{O}{C},$$

где M — количественная оценка красоты;

O — мера упорядоченности оцениваемого объекта;

C — мера его сложности.

Выразив специальными формулами величины O и C , Биркгоф проанализировал и дал оценку эстетичности различным группам объектов. Предлагались и другие формулы для оценки эстетичности различных визуально-воспринимаемых объектов [105, с. 346; 106, с. 204; 96, с. 206]. В данном случае не ставится задача дать критический анализ каждому из этих подходов (такой анализ

проведен в работах [19 и 24]. Здесь важен прежде всего тот факт, что применительно к возможности определения закономерности формирования впечатления эстетичности имеются не только теоретические предпосылки, но и практические (хотя, возможно, и не безупречные) разработки.

Что касается третьего условия, то в названных монографиях показана не только принципиальная, но и реальная возможность дать сегодня количественную оценку каждого в отдельности элемента красоты.

Таким образом, литературные источники свидетельствуют, что все три условия, необходимые для реализации неэкспертного подхода к количественной оценке красоты, не только теоретически выполнимы, но в значительной мере практически существуют уже сегодня. Все это означает, что на вопрос о разрешимости рассматриваемой в этом пункте проблемы ответ должен быть дан безусловно утвердительный.

Повышение эффективности экспертных оценок качества. Выше уже отмечалась чрезвычайная важность экспертного метода для теории и практики оценки качества. Учитывая это обстоятельство, а также тот факт, что повышение эффективности экспертного метода требует решения многочисленных проблем, специфичных именно для этого метода, рассмотрим эту проблему более подробно во втором разделе.

3.4. Проблемы, связанные с определением значений относительных показателей

В предыдущем параграфе кратко изложена проблема, касающаяся принципа определения интервала значений показателей. Рассмотрим тесно связанную с ней проблему учета интервала значений.

Влияние величины интервала значений показателей. Конкретизируем рассматриваемую здесь проблему, для чего зададимся вопросом: справедливо ли утверждение $K_i = f [L(q_i)]$? И если да, то каков вид функции f ? Введем новые понятия.

В а р и а б е л ь н о е (н е в а р и а б е л ь н о е) с в о й с т в о: свойство, значение показателя которого q_i может (не может) колебаться в некотором интервале $0 < q_i \leq q_i^{ст}$ (для Q^+) и $q_i^{ст} \leq q_i \leq q_i^{ор}$ (для Q^+).

Например, скорость велосипеда является переменным свойством потому, что в процессе эксплуатации зна-

чение его показателя может колебаться в интервале $0 < q_i \leq q_i^{ст}$. В то же время масса велосипеда, оставаясь в эксплуатации практически постоянной, по определению, является невариабельным свойством. И очевидно, что сформулированная выше проблема имеет смысл только для переменных свойств.

Каков же возможный путь решения этой проблемы? В работе [26, с. 119] было показано, что в некоторых случаях для переменных свойств (в частности, при применении точного метода и наличии соответствующих статистических данных) может оказаться целесообразным использовать подход, предложенный в работе [50]. В соответствии с этим подходом значение K_i вычисляется не в какой-то одной точке интервала $L(q_i)$, соответствующей лучшему (максимальному или минимальному) значению q_i , а принимается как средняя взвешенная \bar{K}_i из всех возможных значений в этом интервале, с весами $\zeta(q_{i_k})$, пропорциональными относительной частоте потребления объекта при k -м значении q_{i_k} :

$$\zeta(q_{i_k}) = \frac{S_k}{\sum_{k=1}^p S_k}, \quad k = \overline{1, p}; \quad p \neq 1,$$

$$\text{где } p = t_k \left| \left(t_k = \frac{1}{\alpha} T^{nc}, \quad 1 < \alpha < \infty, \quad \sum t_k = T^{nc} \right) \wedge \right. \\ \left. \wedge [\forall (t : t \in t_k) q_{it} = q_{i_k t}] \wedge [(\forall k) q_{i_k} \in L(q_i)]. \right.$$

Очевидно, что $\sum_{k=1}^p \zeta(q_{i_k}) = 1,0$.

С учетом сказанного можем записать для переменных свойств, шкала измерения значений q_i которых дискретна:

$$\bar{K}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^p K_{i_k} \zeta(q_{i_k}) = \frac{1}{n(q_i^{ст} - q_i^{оп})} \sum_{k=1}^p (q_{i_k} - q_i^{оп}) \zeta(q_{i_k}),$$

а для таких же свойств, выраженных в непрерывной шкале:

$$\bar{K}_i = \frac{1}{L(q_i)} \int_{q_i^{\uparrow \text{доп}}}^{q_i^{\downarrow \text{доп}}} K_{i_k} \zeta(q_{i_k}) dq_i \Rightarrow \bar{K}_i = \frac{1}{L(q_i)(q_i^{ст} - q_i^{оп})} \times$$

$$\times \int_{q_i^{\uparrow \text{доп}}}^{q_i^{\downarrow \text{доп}}} (Q_{i_k} - q_i^{\text{доп}}) \zeta(q_{i_k}) dq_i.$$

Отметим, что приведенные здесь выражения для \bar{K}_i на практике можно использовать далеко не всегда ввиду того, что часто отсутствуют данные, необходимые для определения весовых функций $\zeta(q_{i_k})$.

Принцип назначения эталонов. Эта проблема по существу складывается из двух подпроблем: 1) должен ли быть общий принцип определения эталонных значений $q_i^{\text{ЭТ}}$?; 2) если этот принцип должен быть общим, то как должны определяться эти значения?

Что касается первого вопроса, то в теоретических исследованиях и в практических разработках существует два подхода к ответу на него.

С одной стороны, как уже неоднократно подчеркивалось (см., например, [26, с. 110; 68, с. 131], для всех i -х свойств должен быть единый принцип определения значений $q_i^{\text{ЭТ}}$, ибо в противном случае значения K_i , вычисленные для разных свойств при разных по характеру эталонах, будут несравнимы в шкале отношений. Или, что то же самое, соотношение оценок $K_{K_{j'}}$ и $K_{K_{j''}}$ ($j' = \overline{1, u}$) будет меняться в зависимости от изменения принципа назначения $q_i^{\text{ЭТ}}$.

С другой стороны, в литературе нередко встречается и противоположная точка зрения, в соответствии с которой для разных свойств могут применяться разные принципы определения значений $q_i^{\text{ЭТ}}$. Типичной в этом отношении является работа [41, с. 2], в которой при оценке качества телевизоров за базовые (эталонные) показатели предлагается принимать: «для показателей назначения — значения показателей по проекту перспективного стандарта, учитывающего показатели лучших зарубежных и отечественных телевизоров каждого класса; для показателей надежности, технологичности, стандартизации и экономических — среднеотраслевые значения показателей для телевизоров данного класса; для показателей эргономических и эстетических — показатели лучших отечественных или зарубежных аналогов». Неправильность этой точки зрения подтверждается следующей теоремой.

Теорема. Пусть: 1) для объектов Ω_A и Ω_B показатели качества K_K равны: $K_K^A = \sum_{i=1}^n K_{iA}G_i$ и $K_K^B = \sum_{i=1}^n K_{iB}G_i$;

2) K_K^A и K_K^B выражены в шкале отношений (т. е. удовлетворяют условиям Т.9 из 2.6); тогда при изменении принципа назначения величин $q_i^{эТ}$ соотношение $K_K^A/K_K^B \neq \neq \text{const}$.

Доказательство этой теоремы (сравнительно громоздкое по форме и фактически несложное по сути) в данном случае не приводится. Смысл же теоремы заключается в цепочке утверждений: а) если значения показателей качества K_K^A и K_K^B двух объектов А и Б выражены в шкале отношений, то, очевидно, что отношение $\eta = K_K^A/K_K^B = \text{const}$ при любых преобразованиях шкалы, являющихся преобразованием подобия; б) если изменить принцип определения эталонного значения $q_i^{эТ}$, то может быть получено отношение $\eta_1 = \frac{K_K^A}{K_K^B}$, такое, что $\eta \neq \neq \eta_1$; в) значит, изменение принципа определения значения $q_i^{эТ}$ несовместимо с условием, что величины K_K^A и K_K^B выражены в шкале отношений; г) из «а»—«в» следует, что при измерении качества в шкале отношений принцип назначения эталона $q_i^{эТ}$ должен быть единый.

В связи со сказанным обратим внимание на следующее обстоятельство. В практических разработках по оценке качества (для целей сравнения вариантов) нередко встречается рекомендация принимать за эталонное то значение показателей каждого свойства, которое является лучшим среди сравниваемых вариантов (см., например, [104, с. 298]). Нетрудно показать (как следствие из приведенной теоремы), что это ошибочная рекомендация, следовать которой допустимо только в том случае, если определение значений показателей качества производится не в шкале отношений, а в шкале рангов.

Таким образом, в задачах оценки качества в случаях, когда используется шкала отношений (или шкала интервалов), а не шкала рангов, для всех свойств оцениваемого объекта должен быть единый принцип назначения эталона.

Вид зависимости между абсолютными и относительными показателями. Решение проблемы заключается в получении ответа на три вопроса: 1) должна ли зависи-

мость между Q_i и K_i приниматься единой по характеру для всех свойств? 2) если да, считать ее линейной или нелинейной? 3) если эта зависимость нелинейная, то каков вид соответствующей функции?

Кратко рассмотрим каждый из этих вопросов. Что касается единой по характеру зависимости $K_i = f(Q_i)$, то такое единство не обязательно должно быть абсолютным, оно может быть и относительным. Относительным в том смысле, что для выражения f могут применяться как более точные зависимости, так и зависимости, менее точные (например, в виде линейной аппроксимации более точных зависимостей). Но во всех случаях исходные посылки, на которых базируется использование функции f того или иного вида, должны быть достаточно близки.

В 2. 6 (Т.7) было показано, что функция, удовлетворяющая условиям 0.91, может быть представлена линейной зависимостью вида

$$K_i = \frac{Q_{ij} - q_i^{6p}}{q_i^{9r} - q_i^{6p}}.$$

Из этого выражения следует, что неправомерно применять другие виды линейных зависимостей, являющиеся его частным случаем, без указания наложенных ограничений (что нередко авторами соответствующих публикаций не делается). Так, часто используемую зависимость вида

$$K_i = \frac{q_i}{q_i^{9r}}$$

допустимо применять только при ограничениях: 1) $q_i^{6p} = 0$; 2) $Q_i = Q_i^{\uparrow}$, а предложенную в работе [90, с. 5] формулу

$$K_i = \frac{q_i^{6p} - Q_{ij}}{q_i^{6p} - q_i^{9r}}$$

можно использовать только в ситуациях, когда $Q_i = Q_i^{\uparrow}$.

Теперь рассмотрим случай, когда f есть монотонная, но нелинейная функция.

Как известно, в экспериментальной психологии существует так называемый «основной психофизиологический закон Вебера—Фехнера», в соответствии с которым раздражитель β связан с величиной ощущения γ зависимостью вида

$$\gamma = a \log \beta + b,$$

где a и b — некоторые константы¹.

¹ Эта зависимость справедлива при не крайне больших и не крайне малых значениях β .

Имеются все основания считать, что применительно к оценке качества, и в частности применительно к задаче нахождения значений относительных показателей свойств, величина q_i является раздражителем ($\beta = q_i$), а относительный показатель K_i характеризует величину (уровень) вызываемого этим раздражителем ощущения (т. е. $\gamma = K_i$). Тогда имеем

$$K_i = a \log q_i + b.$$

Как и ранее (см. Т.7 в 2.6.), наложив разумные ограничения

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq K_i \leq 1 \\ K_i = 0 \text{ при } q_i = q_i^{\text{бп}} \\ K_i = 1 \text{ при } q_i = q_i^{\text{эТ}} \end{array} \right.$$

легко получить выражение

$$K_i = \frac{\log q_i - \log q_i^{\text{бп}}}{\log q_i^{\text{эТ}} - \log q_i^{\text{бп}}}.$$

Чтобы сделать это выражение пригодным и для тех (хотя и крайне редких) ситуаций, когда Q_i принимает худшее по сравнению с $q_i^{\text{бп}}$ значение, перепишем это выражение в виде:

$$K_i = U_{\Delta} \frac{\log q_i - \log q_i^{\text{бп}}}{\log q_i^{\text{эТ}} - \log q_i^{\text{бп}}},$$

где $U = \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta \leq 0 \\ 1 & \text{при } \Delta > 0, \end{cases}$

причем $\Delta = (q_i^{\text{бп}} - q_i)(q_i - q_i^{\text{эТ}})$.

В связи с приведенным выше выражением для K_i открытыми все еще остаются два вопроса.

Первый. Пригодна ли эта формула только для эстетических и эргономических свойств (что почти бесспорно) или ее сфера приложения более широкая, охватывающая и другие по характеру свойства? Ответ на этот вопрос не может быть получен теоретическим путем, а требует постановки достаточно широких опытов, проводимых специалистами в области экспериментальной психологии.

Второй. Действительно ли логарифмическая зависимость и сегодня еще может выполнять роль «основного психофизиологического закона» или более правильной является конкурирующая теория Стивенса, в соответствии с которой связь реакции со стимулом выражается не логарифмической, а степенной зависимостью? Ответ и на этот вопрос выходит за рамки собственно квалиметрии и должен быть решен в самой экспериментальной психоло-

гии. При этом в случае, если будет доказана предпочтительность теории Стивенса, не составит большого труда трансформировать приведенное здесь выражение таким образом, чтобы оно отражало не логарифмическую, а степенную зависимость.

Таким образом, на поставленные в начале этого пункта вопросы еще нет однозначных ответов.

Допустимость компенсации плохих значений показателей. Достаточно подробный анализ этой проблемы, с обоснованием рекомендаций по ее решению, содержится в монографии [26, с. 129]. Поэтому приведем только краткое изложение этого решения, дополненное новыми данными.

Как известно, эта проблема имеет не столько объективный, сколько субъективный характер. Ибо возникла она в основном потому, что в период первоначального становления квалиметрии некоторые специалисты выдвигали в качестве решающего довода против правомерности квалиметрического подхода тезис о том, что при использовании комплексных показателей качества возникает весьма нежелательная, с их точки зрения, возможность для недопустимого перекрытия низких значений важных показателей высокими значениями многочисленных маловажных. В упомянутой монографии было показано, что, во-первых, подобное перекрытие (компенсация) принципиально вполне законная вещь, а во-вторых, допустимая величина подобной компенсации легко контролируется с помощью специальной функции, так называемого коэффициента вето. Коэффициент вето $\varphi(Q_i)$ умножается на показатель качества K_{κ} (или K_{Σ}) и принимает только одно из двух значений: 0, когда значение любого показателя q_i становится хуже допустимого значения $q_i^{\text{доп}}$, и 1 — в остальных случаях.

Коэффициент вето может быть описан выражением

$$\varphi(Q_i) = e^{-t},$$

где

$$t = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{q_i^{\text{доп}c}} \right)^{2d} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i^{\text{доп}}}{q_i^b} \right)^{2d} \right],$$

c и b — положительные числа, немногим большие 1;
 d — достаточно большое положительное число.

Это выражение впервые было дано в 1968 г. и заново предложено (в слегка измененной форме) в 1975 г. в работе [63, с. 44], авторы которой описали коэффициент вето с помощью формулы $\varphi(Q_i) = e^{-t}$, где

$$t = \left[\sum_{i=1}^{n_b} \left(\frac{q_i}{q_i^{\downarrow \text{доп}}} \right)^{\gamma} \left(\frac{|q_i - q_i^{\downarrow \text{доп}}|}{q_i} \right) + \sum_{i=1}^{n_n} \left(\frac{q_i^{\uparrow \text{доп}}}{q_i} \right)^{\gamma} \left(\frac{|q_i - q_i^{\uparrow \text{доп}}|}{q_i} \right) \right],$$

n_b и n_n — число свойств с верхним и нижним допуском;

γ — большое положительное число.

В заключение заметим следующее. По существу рассмотренное решение задачи о коэффициенте вето фактически имеет небольшое практическое применение: ведь при вычислении значения q_i очень несложно оговорить (при машинном или ручном счете) условие вида $[(q_i > q_i^{\downarrow \text{доп}}) \vee (q_i < q_i^{\uparrow \text{доп}})] \rightarrow K_k = 0$. Так что данная задача имеет в основном только теоретическое значение, а также значение психологическое — в том плане, что предложенное решение должно помочь убедить некоторых специалистов, опасющихся применения комплексных оценок качества, в необходимости их использования.

Учет фактора времени. Рассмотрим эту проблему в следующих аспектах. Как в комплексном показателе должен учитываться параметр времени? Как сопоставлять между собой значение показателей качества K_k , определенные для одного и того же объекта, но в разные моменты времени? Как расчетным путем определять срок морального износа, учет которого необходим для определения значений Q_i при применении точного или приближенного метода? Зависят ли от времени значения основных составляющих формулы приведенных затрат, с помощью которой вычисляется значение показателя экономичности?

В 2. было введено понятие «функция эффекта» ($Q_{ij}(t)$). С помощью этой функции в рамках точного и приближенного методов квалиметрии и осуществляется учет фактора времени при определении значений всех показателей свойств объекта. Что касается моделей оцен-

ки качества, основанных на применении упрощенного метода, то параметр времени в них можно не учитывать, условно считая, что эффект от потребления таких свойств выражается не протяженными во времени, а точечными величинами.

Ответ на второй вопрос обоснован в 2.6, О.114 и Т.12, где раскрыта сущность понятия «приведенный во времени комплексный показатель» K_j^t . С его помощью можно производить сопоставление значений показателя качества одного и того же объекта, но в разные периоды времени.

С ответами на первые два вопроса тесно связан третий вопрос, касающийся способов расчетного определения сроков морального износа.

Как известно, критерии, с помощью которых определяется момент наступления морального износа, практически используются только применительно к таким объектам, которые являются продуктами труда — средствами производства. Причем в подавляющем большинстве случаев эти критерии основываются или на учете различий в первоначальных капитальных затратах на создание объекта, например образца техники (моральный износ первого рода), или на учете различий в себестоимости выпускаемой с помощью этой техники продукции (моральный износ второго рода).

Таким образом, применяемые в настоящее время способы определения срока морального износа учитывают фактически только одно свойство — затраты $x_{за}$ и не учитывают целый ряд других свойств объекта, образующих его качество. И если подобный подход не грозит значительными ошибками применительно к средствам производства, то он становится фактически непригодным, когда нужно определять срок морального износа таких объектов, как, например, предметы потребления, многие виды строительных сооружений (в частности, жилые и общественные здания) и т. д. Для подобных объектов срок морального износа нужно определять не только с учетом затрат, но и принимать во внимание результаты, характеризующие этот объект. А это означает, что моральный износ должен определяться или по показателю интегрального качества K_{Σ} , или по показателю эффективности объекта $K_{эф}$. В качестве расчетной формулы для определения срока морального износа может быть принято выражение $K_{\Sigma j} < \bar{K}_{\Sigma}$, где \bar{K}_{Σ} — среднее значение показателей интег-

рального качества всех эксплуатируемых в стране объектов данного типа.

Срок морального износа удобно определять графическим методом (рис. 4).

В двухкоординатной системе для всей совокупности объектов данного типа строится график зависимости от параметра t среднего по стране значения показателя интегрального качества \bar{K}_Σ . При этом кривая $\bar{K}_\Sigma = f(t)$

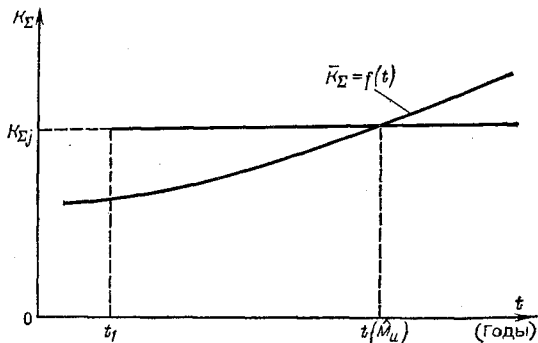


Рис. 4. Графический способ определения срока морального износа $t(\hat{M}_u)$

строится для всех значений t , лежащих в интервале от 5 лет в прошлом (по сравнению с данным моментом) и до 20—30 лет в будущем (разумеется, при этом должен использоваться аппарат прогнозирования). На оси ординат откладывается значение показателя интегрального качества конкретного анализируемого объекта $K_{\Sigma j}$ и через эту точку проводится прямая, параллельная оси абсцисс. Абсцисса точки пересечения графика с этой прямой и определяет искомую величину срока морального износа $t(\hat{M}_i)$.

Кратко изложенный здесь метод инвариантен к характеру оцениваемого объекта, что является его главным отличием от других методов определения морального износа.

С анализируемой проблемой учета фактора времени тесно связана задача максимально полного выявления его влияния на показатель экономичности. Рассмотрим в связи с этим наиболее часто используемое для показателя экономичности выражение приведенных затрат.

Как известно, приведенные затраты $Q_{за}$ являются функцией нескольких аргументов: $Q_{за} = f(K, C, E_n, t)$, где K — капитальные вложения; C — эксплуатационные расходы; E_n — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений; t — расчетный период существования объекта.

В подавляющем большинстве случаев в методиках подсчета величины приведенных затрат величины K, C, E_n , стоящие в правой части выражения, принимаются независимыми от t . Но соответствует ли это действительности?

В публикации [20] был дан отрицательный ответ на этот вопрос. Вместо аргументов K, C и E_n в выражение для $Q_{за}$ должны входить их скорректированные значения \dot{K}, \dot{C} и \dot{E}_n :

$$\dot{K} = \alpha_1 K; \quad \dot{C} = \alpha_2 C; \quad \dot{E}_n = \alpha_3 E_n,$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — некоторые функции от t .

Поэтому вместо обычного выражения для определения приведенных затрат целесообразно использовать более точную зависимость, учитывающую влияние фактора времени:

$$Q_{за} = f_1(K, C, E_n, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3).$$

Принимаемое же в большинстве случаев допущение, что $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$, вряд ли можно считать достаточно обоснованным.

3.5. Проблемы, связанные с определением значений комплексных показателей

В табл. 1 эта группа проблем разбита на две подгруппы. В настоящем параграфе все шесть входящих в данную группу проблем для простоты будут рассматриваться последовательно, без учета отдельных подгрупп.

Методы определения коэффициентов весомости. В практике квалиметрических анализов коэффициенты весомости в подавляющем большинстве случаев определяются экспертным методом. Соответствующие процедуры достаточно детально описаны, например, в монографии [68]. Однако нередко оказывается, что по сравнению с аналитическими (неэкспертными) методами применение в такого рода задачах экспертных методов оказывается менее предпочтительным (а иногда и просто невозможным).

В связи с этим рассмотрим только некоторые аналитические методы определения коэффициентов весомости. Причем ввиду ограниченного объема настоящей книги рассмотрим только те методы определения коэффициентов весомости, разработка или анализ которых проводились автором. По тем же соображениям эти методы будут описываться предельно лаконично, для каждого из них дается только формулировка идеи метода, условия его применения и расчетные формулы.

Что же касается других (достаточно многочисленных) методов аналитического определения коэффициентов весомости, то более подробно ознакомиться с соответствующими методами можно в работах [52; 30, с. 112; 65, с. 60; 43, с. 162; 60, с. 253; 34, с. 19; 95, с. 478; 35; 97, с. 337].

Метод статистической обработки проектов. Сущность этого метода заключается в выявлении среди большого числа специалистов их усредненного мнения о коэффициентах весомости. Но в отличие от экспертного метода, когда подобное выявление мнения производится непосредственно, путем опроса этих специалистов, в данном методе мнения о коэффициентах весомости выявляются опосредствованно, без опроса. Как же, не опрашивая специалиста, можно выявить его мнение?

Специалист, проектирующий (разрабатывающий, конструирующий) проект какого-то изделия, неизбежно в той или иной степени отражает в этом проекте свои представления об относительной важности отдельных свойств, характеризующих качество этого проекта. Статистическая обработка достаточно большого количества таких проектов и предназначена для выявления обобщенного мнения специалистов о коэффициентах весомости (в связи с чем он и называется «метод статистической обработки проектов»).

Этот метод применим только при одновременном существовании следующих условий:

1) информация об объекте может быть представлена в виде проекта или реально существующего образца объекта определенного типа, у которого могут быть найдены значения q_i для всех i -х свойств¹;

¹ В дальнейшем для простоты в данном параграфе и проекты объектов, и реально существующие образцы объектов будут обозначаться одним и тем же термином «образцы».

2) имеется достаточно большая выборка однородных образцов, отобранных случайным образом;

3) есть основание предполагать, что лицам, проектировавшим (разрабатывавшим, конструировавшим) отобранные образцы, были хотя бы приближенно известны значения $q_i^{ст}$;

4) можно полагать, что у разработчиков каждого из j -х отобранных образцов имелась возможность для всех i -х свойств варьировать значения q_{ij} в диапазоне $[q_i^{мак}, q_i^{мин}]$, где $q_i^{мак}$, $q_i^{мин}$ — допустимые значения $q_i^{доп}$.

При выполнении этих условий приближенные значения коэффициентов весомости G_i могут быть определены с помощью следующих выражений:

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^u \frac{\dot{K}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \dot{K}_{ij}}}{u},$$

где $\dot{K}_{ij} = U_{\Delta} [K_{ij} + 0,64 \operatorname{sgn} K_{ij} (1 - K_{ij}) \operatorname{arctg} (L_i)]$,
причем:

$$1) K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^{бп}}{q_i^{ст} - q_i^{бп}},$$

$$2) \operatorname{sgn} K_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } K_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{при } K_{ij} = 0, \end{cases}$$

$$3) L_i = \frac{q_i^{мак} - q_i^{мин}}{q_i^{ст}},$$

4) U_{Δ} — запаздывающая единичная функция Хэвисайда;

$$U_{\Delta} = \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta < 0 \\ 1 & \text{при } \Delta \geq 0, \end{cases}$$

где $\Delta = (q_i^{бп} - q_i)(q_i - q_i^{ст})$.

Метод коэффициентов системы линейных уравнений¹. Идея этого метода заключается в аналитическом выявлении параметров, и

¹ Практическая апробация метода осуществлялась совместно с А. Н. Кожевниковой.

в частности коэффициентов весомости тех уравнений, которыми (как это предполагается) бессознательно оперирует эксперт, когда на основе известных для j -го оцениваемого объекта значений показателей q_{ij} он выносит по каждому объекту комплексную оценку K_{kj} ¹.

Метод применим при одновременном существовании следующих условий:

1) имеется априорная информация о значениях показателя K_{kj} и показателей Q_{ij} для j -х однородных объектов;

2) выборка из генеральной совокупности таких объектов, отобранная случайным образом, достаточно велика, во всяком случае, объем выборки не меньше n , т. е. числа тех свойств объекта, коэффициенты весомостей которых должны определяться;

3) известно, что для каждого из отобранных объектов зависимость между K_{kj} и Q_{ij} имеет не стохастический, а функциональный характер (иначе говоря, для всех i, j коэффициент парной корреляции между K_{kj} и Q_{ij} больше чем 0,80);

4) могут быть сделаны достаточно правдоподобные предположения о характере f — функциональной зависимости:

$$K_{kj} = f(K_{ij}).$$

При соблюдении этих четырех условий значения коэффициентов весомости G_i могут быть определены как корни системы линейных уравнений.

Как известно, на практике зависимость $K_{kj} = f(K_{ij})$ в подавляющем большинстве случаев бывает одного из двух типов: 1) f есть средняя арифметическая; 2) f есть средняя геометрическая.

Рассмотрим расчетные формулы для определения значений, применительно к каждому из двух случаев.

1. Пусть f — средняя взвешенная арифметическая, т. е.

$$K_{kj} = \sum_{i=1}^n K_{ij} G_i.$$

Обозначим: $\dot{Q}_{ij} = Q_{ij} - q_i^{бр}$ и $\dot{q}_i^{ст} = q_i^{ст} - q_i^{бр}$. Тогда неизвестные значения коэффициентов весомости G_i могут быть получены при решении

¹ Сходная идея изложена в работе [101].

3) чем более важным является показатель данного свойства, тем больше приближается q_{ij} к $q_i^{\text{эТ}}$, тем более сильной, при прочих равных условиях, является корреляционная связь между значениями показателя данного и всех остальных свойств объекта;

4) из пп. 1—3 следует, что информация о значениях коэффициентов весомости G_i содержится в частных коэффициентах корреляции;

5) в первом приближении коэффициенты весомости можно принять пропорциональными нормированным частным коэффициентам корреляции.

Метод применяется при одновременном существовании следующих условий:

1) имеется априорная информация о значениях показателей K_{kj} и Q_{ij} для j -х однородных объектов (для всех i, j);

2) выборка из l подобных объектов, отобранных случайным способом, достаточно велика;

3) известно, что для каждого объекта зависимость K_{kj} от Q_{ij} имеет не функциональный, а стохастический характер (иначе говоря, для всех ij коэффициент парной корреляции между K_{kj} и $Q_{ij}^{\text{эТ}}$ меньше чем 0,8);

4) показатели Q_{ij} не находятся между собой в функциональной или близкой к ней связи (коэффициент парной корреляции r между двумя любыми показателями не должен превышать 0,8);

5) количество n свойств, коэффициенты весомости которых определяются, не должно быть слишком большим ($i = 1, n; n \leq 25$);

6) разброс значений Q_{ij} для каждого i -го показателя среди j -х объектов выборки достаточно мал (коэффициент вариации $V \leq 33\%$, т. е. выборка является количественно однородной).

С учетом сказанного коэффициенты весомости могут быть определены по формуле

$$G_i = \frac{r_{1i, \{i'=2, n\} \setminus i, \overline{i=2, n, i \neq i'}}}{\sum_{i=1}^n r_{1i, \{i'=2, n\} \setminus i, \overline{i=2, n, i \neq i'}}$$

где $r_{1i, \{i'=2, n\} \setminus i, \overline{i=2, n, i \neq i'}}$ — частный коэффициент корреляции между Q_1 и Q_i при условии, что влияние на Q_1 со стороны остальных $Q_{i'}$ показателей ($i, i' = \overline{2, n}; i \neq i'$) постоянно.

Частные коэффициенты корреляции вычисляются с помощью рекуррентных соотношений, которые в силу своей относительной громоздкости не приводятся (их можно найти в руководствах по математической статистике).

Метод предельных и номинальных значений. Метод предложен в 1971 г. в работе [29] и с тех пор получил достаточно широкое распространение, включен в целый ряд руководящих документов по оценке качества продукции и даже в один из ГОСТов. Однако, как показал автор (совместно с В. И. Федышиным и В. Т. Бордуковым), этот метод не должен применяться для оценки качества ввиду своей необоснованности. Доводы, на которых базируется этот тезис, кратко излагаются ниже.

По методу предельных и номинальных значений коэффициенты весомости определяются по формуле

$$G_i = \frac{1}{\sum_1 \frac{1}{\bar{K}_i - K_i^0}}, \quad (a)$$

где \bar{K}_i — номинальное значение i -го показателя, определяемое как среднее статистическое для продукции, удовлетворяющей требованиям нормативно-технической документации;

K_i^0 — предельное значение i -го показателя, под которым понимается такое наихудшее, но допустимое значение, ниже которого этот показатель опускаться не может.

Введем понятие «субноминальное значение показателя» $\bar{\bar{K}}_i$, под которым будем понимать значение, связанное с номинальным \bar{K}_i линейной зависимостью вида $\bar{\bar{K}}_i = \alpha \bar{K}_i$, где $\alpha < 1$ и $K_i^0 < \bar{\bar{K}}_i < \bar{K}_i$.

Точно следуя логике рассуждений авторов работы [29], в итоге получаем расчетную формулу

$$G_i = \frac{1}{n \sum_{i=1} \frac{1}{\bar{\bar{K}}_i - K_i^0}}.$$

Эта формула отличается от формулы (a) только тем, что вместо номинальных значений \bar{K}_i в ней используются

ничуть не менее оправданные субноминальные значения \overline{K}_i , отличающиеся от K_i в α раз. Таким образом, оказывается, что значения G_i могут быть вычислены на основе произвольно принятых коэффициентов α , т. е. и сами оказываются совершенно произвольными, что явно недопустимо.

Постоянство значений коэффициентов весомости. Практически во всех методиках оценки качества принимается допущение, что весомость G_i для каждого i -го свойства является величиной постоянной. Если же будет доказано, что G_i — величина переменная, зависящая от соотношения показателей K_i разных свойств, то как этот переменный характер величины G_i должен учитываться при вычислении оценки качества K_K ?

При ответе на поставленный вопрос целесообразно рассмотреть три возможных случая.

1. Известно, что $G_i = f(K_i)$ и известен вид функции f . При этих условиях, как это следует из работы [91, с. 34], все расчетные формулы для комплексного показателя, обоснованные в 2.6 (Т.9), остаются в силе.

2. Известно, что $G_i = f(K_i, K_{i'}, K_{i''}, \dots), i, i', i'', \dots, \overline{1}, n$; и $i \neq i' \neq i'' \dots$. Кроме того, известен и вид функции f . Тогда, поскольку значения $K_i, K_{i'}, K_{i''}, \dots$ известны, нетрудно найти величины G_i ; таким образом, вычисления сводятся к описанным в предыдущем случае.

3. В отличие от второго случая вид функции f априори неизвестен. Суть проблемы заключается в том, чтобы определить вид функции f . Разумеется, если будет доказано (сейчас таких достаточно строгих доказательств еще нет), что такая функциональная связь между G_i и множеством $\{K_i, K_{i'}, K_{i''}, \dots\}$ вообще существует.

Вид свертки (сведения воедино) значений показателей. Эта проблема возникла в связи с тем, что в методиках оценки качества показатель качества K_K обычно определяется с помощью так называемой «функции свертки» φ отдельных показателей свойств: $K_K = \varphi(K_1, K_2, \dots, K_n)$. Причем функция свертки φ в подавляющем большинстве случаев представляет собой среднюю взвешенную: арифметическую или геометрическую¹.

¹ В дальнейшем терминами «средняя арифметическая» и «средняя геометрическая» будут обозначаться именно взвешенные средние.

Но существует еще и ряд других средних: средняя гармоническая, средняя квадратическая, средняя кубическая (и даже медиана), которые принципиально также могут быть использованы для этой цели. Кроме того, есть методики, в которых для свертки показателей K_i в комплексный показатель качества K_n применяются различные полиномы, не являющиеся средними величинами.

Поэтому смысл проблемы в общем случае заключается в определении наиболее целесообразного способа свертки отдельных показателей K_i , а в частном случае — в определении наиболее целесообразного для такой свертки вида средней.

Нужно отметить, что проблема определения наилучшего вида средней является не только (и не столько) квалиметрической, сколько проблемой статистической, обсуждаемой в науке еще со времен Галилея и до настоящего времени не имеющей решения в общем виде. Применительно же к задачам квалиметрии эта проблема восходит, вероятно, еще к 20-м годам; так, П. Бриджмен для оценки качества предлагал среднюю геометрическую (точнее — показатель мультипликативного вида), а М. Аранович сравнивал некоторые достоинства средней арифметической и средней геометрической. В дальнейшем исследования этой проблемы проводились в двух направлениях. Во-первых, строгими методами доказывались теоремы существования комплексного показателя, выраженного средней аддитивного или мультипликативного вида.

Во-вторых, более подробно и глубоко, чем раньше, обсуждаются сравнительные достоинства различных средних. В одной из работ такого рода, написанной в начале 70-х годов, говорилось по этому поводу: «...в настоящее время еще не выработаны рекомендации по выбору суммирующих функций для различных условий и целей оценок качества. Поэтому необходимость дальнейших теоретических и экспериментальных исследований по этому вопросу остается чрезвычайно актуальной» [26, с. 92]. К сожалению, приходится отметить справедливость этих слов еще и сегодня.

Правда, нужно сказать, что столь долгое отсутствие однозначного и общего результата в решении этой проблемы, возможно, связано с тем обстоятельством, что подобный однозначный результат здесь принципиально невозможен: не исключено, что предпочтительность применения средней арифметической или средней геометри-

ческой не остается одинаковой для всех людей, а зависит от психического склада отдельных индивидуумов. Подобно тому как в задачах оценки полезности различных вариантов в условиях неопределенности для индивидуумов, склонных к риску, предпочтительной является мультипликативная форма функции свертки φ , а для относящихся к риску нейтрально—аддитивная форма функции φ .

Учет системного характера объекта. Рассматриваемую проблему можно разбить на две части. Первая подпроблема: как найти критерий, с помощью которого оказалось бы возможным достаточно точно определять, когда качество может трактоваться как простая совокупность свойств и когда оно должно рассматриваться как система (и особенно большая или сложная система) свойств?

Что касается этой подпроблемы, то нужно отметить, что по своему характеру она выходит за рамки собственно квалиметрии и относится к одной из ключевых проблем системологии. Решение ее осложняется существованием следующего парадокса. В соответствии со взглядами, которых придерживаются некоторые философы — специалисты в области теории систем, система представляет собой такую целостную совокупность взаимосвязанных элементов, что попытка выделить и изучать отдельные ее элементы принципиально неправомерна, так как подобное выделение неизбежно приводит к исчезновению системы. Так, в одной из работ утверждается, что качество является примером такой системы: «Качество характеризует целостную, нерасчлененную определенность предметов и явлений» [44, с. 55]. В результате, отрицается сама возможность изучения и анализа отдельных элементов системы без изучения всей системы в целом. Применительно к оценке качества это означает, что становится невозможным определять значения K_i , не определив значение K_R . Но, в свою очередь, чтобы вычислить K_R , нужно знать K_i . Получается замкнутый круг. Чтобы найти выход из этого положения, потребуется, по-видимому, отказаться от излишне жесткого утверждения о нерасчлененности качества как объекта изучения. Так, кстати, и поступают обычно на практике, строя, например, дерево свойств и придерживаясь при этом правила, что свойства, входящие в каждую группу, должны быть взаимно независимы (см. пункт 3.2.2., правило «Недопустимость зависимых свойств»).

Вторая подпроблема может быть пояснена на следующем примере. Пусть качество представляет собой систему, а система, по выражению одного из специалистов в области теории систем, это когда $2 + 2$ равно по меньшей мере 5. (Такое явление объясняется влиянием так называемой «синэргии».) Какова же в связи с этим должна быть поправка, которую необходимо учесть при комплексной оценке качества с помощью средних взвешенных?

Другими словами, если существует, как утверждается в работах [83; 54, с. 285], правило супераддитивного нелинейного сложения, в соответствии с которым функция системы $\Phi(x, y)$ больше суммы функций соответствующих ее частей $\Phi(x)$ и $\Phi(y)$:

$$\Phi(x, y) > \Phi(x) + \Phi(y),$$

то как это явление должно учитываться при вычислении значения показателя качества K_K ?

Для этих условий и случая, когда количество свойств $n = 2$, в работе [108] предложена формула $K_K = K_1 + K_2 + mK_1K_2$, где m — определяется эмпирически. Для общего же случая, когда $n > 2$, в работе [113, с. 19] предлагается более сложная формула¹:

$$K_K = \sum_{i=1}^n G_i K_i + \sum_{i=1}^n \sum_{i'=1}^n G_{ii'} K_i K_{i'} + \dots \\ \dots + G_{123\dots n} K_1 K_2 \dots K_n.$$

Но необходимо снова повторить: любые формулы, связанные с учетом эффекта системности, имеет смысл применять только тогда, когда будет доказано, что для модели конкретного оцениваемого объекта этот эффект существует и должен учитываться².

Допустимость применения шкал разной размерности. Данная проблема касается характера квалиметрических шкал, т. е. тех шкал, в которых выражаются значения показателей K_i и K_K . Допустимо ли применение разноразмерных квалиметрических шкал, например, шкал, выраженных в денежных единицах, или же такие шкалы обязательно должны быть безразмерными?

¹ Здесь, как и в предыдущей формуле, взяты те обозначения, которые используются в книге.

² Некоторые исследователи (например, А. И. Субетто) считают, что само использование коэффициентов весомости уже в определенной степени позволяет учитывать эффект системности.

Эта проблема возникла в связи с тем, что в практике квалиметрии употребляются две основные разновидности шкал: безразмерные и размерные (в частности, денежные [109, с. 84; 45]). Что касается денежных шкал, то их крайне редкое применение объясняется следующими обстоятельствами, понижающими практическую ценность такого рода шкал (в условиях, когда в большинстве методов квалиметрии в той или иной степени предусматривается использование экспертов).

Во-первых, вряд ли можно считать, что одна и та же денежная шкала является одинаково воспринимаемой даже для каждого отдельного эксперта. Наоборот, как было показано в многочисленных исследованиях, психологическая оценка (полезность) каждой денежной единицы такой шкалы может нелинейно изменяться от одного края шкалы до другого.

Во-вторых, подобная шкала неодинаково воспринимается разными экспертами — различие здесь проявляется в зависимости от уровня материального благосостояния эксперта.

Поэтому применение денежных шкал может быть оправдано только в чрезвычайно редких, специально обоснованных ситуациях.

Что касается безразмерных шкал, то в большинстве случаев они выражаются в долях единицы, в процентах или баллах. Во всех типах шкал, относящихся к этой разновидности, измерение в долях единицы или в баллах может быть заменено измерением в процентной шкале; последняя, как показал сравнительно обширный опыт проведения квалиметрических анализов, является более приемлемой уже в силу того важного обстоятельства, что термин «процент» достаточно близок и понятен каждому человеку.

В заключение отметим, что применительно к таким разновидностям квалиметрического анализа, которые связаны с использованием экспертного метода, многие аспекты проблемы квалиметрических шкал подробно рассмотрены в монографии [68, с. 87].

Погрешность определения значений комплексных показателей. Сущность этой проблемы — поиск ответа на вопрос: какова погрешность определения значений комплексных показателей с учетом погрешности определения значений показателей простых свойств?

Общая погрешность определения значения показателя качества ΔK_k является функцией частных погрешностей:

$$\Delta K_k = f(\Delta K^{(1)}, \Delta K^{(2)}, \Delta K^{(3)}, \Delta K^{(4)}, \Delta K^{(5)}),$$

где $\Delta K^{(1)}$ — погрешность использования усеченного (вместо полного) дерева свойств;

$\Delta K^{(2)}$ — погрешность определения значений G_i ;

$\Delta K^{(3)}$ — погрешность определения значений Q_i для простых свойств;

$\Delta K^{(4)}$ — погрешность определения $K_i = \varphi(Q_i)$ для простых свойств;

$\Delta K^{(5)}$ — погрешность определения значений комплексных показателей.

В этом пункте рассмотрим вопрос об определении погрешностей $\Delta K^{(2)}$ и $\Delta K^{(3)}$, т. е. тех частных погрешностей, которые на практике в наибольшей степени влияют на общую погрешность ΔK_k .

Рассмотрим часто встречающуюся ситуацию, когда значения показателей Q_i и G_i определяются экспертным методом¹.

Очевидно, что задачу определения погрешности используемых в квалиметрии экспертных оценок можно рассматривать в двух аспектах: априорная, еще до начала опроса оценка погрешности и апостериорное вычисление погрешности на основе полученных после проведения опроса оценок. Что касается второго аспекта, то методы определения погрешности при наличии массива экспертных оценок прекрасно отработаны (например, в социологии, экспериментальной психологии) и в связи с этим разбирать их здесь не имеет смысла.

Применительно же к априорному определению погрешности для решения задачи можно использовать те формулы, которые предназначены для определения требуемой численности экспертной группы (эти формулы будут приведены в п. 4.3). Решая по этим формулам обратную задачу (когда число экспертов N фиксировано), легко получить искомое значение абсолютной (Δq) или относительной (ϵ) погрешности определения значений показателя Q . (Сказанное относится и к значениям коэффициентов весомости G .)

¹ Выбор для анализа именно этой ситуации объясняется тем, что неэкспертные, в частности физические методы измерения величин Q_i , успешно исследуются в метрологии (включая и вопрос о свойственных этим методам погрешностях).

4. СУЩНОСТЬ И ПРОБЛЕМАТИКА ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Проблема повышения эффективности экспертных оценок качества по существу представляет собой комплекс отдельных подпроблем, возникающих в связи с применением в квалиметрии экспертного метода. Понятно, что рассмотрению возможных путей их решения должны предшествовать выявление и систематизация этих подпроблем. В свою очередь, учитывая, что экспертный метод весьма специфический инструмент исследований, представляется необходимым предварить систематизацию его проблематики изложением сути основных характерных черт этого метода.

4.1. Общая характеристика экспертного метода квалиметрии

По теоретическим и прикладным вопросам применения экспертного метода (для целей оценки качества) существует весьма обширная литература на русском и иностранном языках. Поэтому в рамках данного параграфа рассмотрим только основные черты экспертного метода вообще, и в частности той его разновидности, которая связана с использованием этого метода в квалиметрии.

Вначале разьясим основные термины, и прежде всего термин «эксперт», которым в общем случае обозначают специалиста, компетентного в решении данной задачи (от латинского «expertus» — опытный).

Связанный с этим термином второй важнейший термин может быть определен следующим образом.

Экспертный метод — это метод решения задач, характеризующийся тем, что: 1) в решении участвует группа

людей; 2) эти люди являются экспертами; 3) задача состоит в получении новой информации; 4) эта информация имеет общественную значимость; 5) при решении задачи обычно не используется определенный, общий для всех экспертов алгоритм; 6) решение базируется на опыте и интуиции экспертов, а не на непосредственных результатах расчетов или экспериментов. С учетом последней особенности экспертного метода приходится считать, что такие виды деятельности экспертов, которые требуют от них проведения специальных анализов, экспериментов, исследований и т. д., например криминалистическая или бухгалтерская экспертиза, строго говоря, не должны квалифицироваться как примеры применения собственно экспертного метода.

Решение задачи дается в форме коллективного экспертного суждения, получаемого на основе агрегирования индивидуальных экспертных суждений, выносимых отдельными экспертами.

Если экспертные суждения выражаются в количественной форме или по своему характеру могут интерпретироваться как оценочные (типа много—мало, лучше—хуже, дальше—ближе и т. д.), то они называются экспертными оценками — коллективными или индивидуальными. Процесс выявления индивидуальных экспертных суждений (или оценок) называется экспертным опросом, а вся совокупность процедур, необходимых для получения коллективного экспертного суждения (оценки), включая и процедуру экспертного опроса, носит название экспертизы.

Экспертный метод (для его обозначения применяются и другие термины-синонимы: экспертный способ, метод экспертных оценок), строго говоря, представляет собой не какой-то единый метод, а является совокупностью различных методов, которые могут считаться как его модификации. В свою очередь, сам экспертный метод вместе с так называемым социологическим методом образует метод групповых решений, входящий составной частью в теорию принятия решений.

Различные разновидности экспертного метода применялись и применяются у всех народов и во все времена для обсуждения разнообразных проблем и вынесения решений на советах, совещаниях, комиссиях и т. д. — везде, где основой решения являлось коллективное мнение компетентных людей (т. е. экспертов). Например, типично

экспертными являются оценки, выставляемые учащимся на экзаменах в средней и высшей школе. То же относится к голосованию во всех органах коллективного руководства — партийных, административных, научных, общественных. Вообще, можно считать, что любое решение, принимаемое группой компетентных людей, представляет собой разновидность экспертного метода.

Использование экспертного метода целесообразно только в задачах особого класса, характеризующихся наличием одного из двух условий.

1. Задача не может быть решена никаким другим существующим способом. Например, в настоящее время еще не существует каких-либо (не являющихся экспертными) способов, с помощью которых было бы возможно достаточно надежно и точно оценивать эстетическую привлекательность внешнего вида произведений архитектуры или дизайна.

2. Другие, кроме экспертного, способы являются менее точными или более трудоемкими. Так, при оценке вкусовых качеств пищевых продуктов экспертный метод очень часто все еще дает более достоверные результаты и требует меньших затрат времени, чем методы физического или химического анализа [78, с. 217]. Особенно эффективно использование экспертного метода в задачах, характеризующихся неопределенностью ситуации, ее вероятностным характером. При этих условиях решение, данное экспертом, зачастую оказывается более точным, чем полученное расчетным путем, так как эксперт способен учитывать исходные данные в их динамике, развитии — начиная от генезиса этих данных с учетом их современного состояния и кончая прогнозированием их развития.

Вместе с тем экспертный метод не должен применяться, если имеются аналитические или экспериментальные методы, с помощью которых проблема может быть решена с меньшими затратами или более точно.

И данные практики, и теоретические исследования свидетельствуют, что экспертные суждения при соблюдении правильной методологии их получения содержат в себе достаточно достоверную информацию, использование которой позволяет принимать вполне обоснованные решения. В практическом аспекте это подтверждается, например, многовековым опытом человечества, при столкновении со сложной проблемой очень часто применявшим разновидность экспертного метода — групповые решения

компетентных людей. Огромный положительный опыт накоплен и в одной из областей экспертной оценки качества продукции — в сфере товароведной экспертизы. Такая экспертиза применяется во внешней и внутренней торговле большинства стран мира. На ее основе очень часто решается вопрос об отнесении партии изделий к той или иной качественной категории, устанавливаются продажные цены на многие продукты [115]. Многолетний опыт применения экспертного метода в товароведении показал его достаточную надежность, в связи с чем во многих странах заключения эксперта-товароведа имеют юридическое значение.

В теоретическом аспекте правомерность использования экспертного метода подтверждается тем обстоятельством, что методологически правильно полученные экспертные суждения удовлетворяют двум общепринятым в науке критериям достоверности любого нового знания: точности и воспроизводимости результата. Что касается точности, то хороший эксперт способен давать свои суждения, очень близкие к истине и гораздо более точные, чем суждения, полученные от неэкспертов. Так, в ходе эксперимента испытуемые определяли субъективную вероятность наступления некоторого события. Эксперименты дали следующие результаты: при истинной вероятности наступления события около 2 % обычные испытуемые (неэксперты) назначали субъективную вероятность 40 %, а хорошо подготовленные, способные индивидуумы (т. е. эксперты) давали в 10 раз более точные ответы — их субъективные вероятности не превышали 4 %.

Методологически правильно полученные экспертные суждения удовлетворяют и критерию воспроизводимости результата: об этом свидетельствует и многолетняя практика органолептического анализа пищевых продуктов, и специально поставленные эксперименты: например, хорошие эксперты, когда перед ними ставилась задача выбирать те из нескольких альтернативных действий, которые имеют наибольшую ценность (полезность), всегда выбирали максимально благоприятные альтернативы.

Существует несколько основных областей применения экспертного метода: оптимизация управленческих решений; прогнозирование; оценка качества различных объектов и главным образом оценка качества продукции.

В экспертном методе можно выделить две черты: общую, не зависящую от сферы применения, т. е. от реша-

емых с его помощью задач; и специфическую, отличающую, например, методологию экспертной оценки качества от методологии экспертного прогнозирования. Общие черты касаются в основном двух этапов экспертизы: 1) формирования экспертной комиссии и 2) процедуры проведения экспертного опроса.

В соответствии с рекомендациями, содержащимися в нормативных документах по применению экспертного метода оценки качества, обычно для проведения экспертизы создается экспертная комиссия, состоящая из двух групп: рабочей и экспертной. Задача экспертной группы — вынесение суждения индивидуально каждым экспертом. Задача рабочей группы — подготовка и проведение экспертизы, обработка, анализ и обобщение ее результатов с целью выявления коллективного мнения экспертов. Возглавляет экспертную комиссию председатель, который одновременно непосредственно организует деятельность рабочей группы. В состав рабочей группы входят: организатор (он же председатель экспертной комиссии), осуществляющий методическое руководство работой на всех ее этапах; специалист по решаемой проблеме, основной задачей которого является анализ информации, полученной от экспертов, для корректировки программы дальнейшей работы; программист, который включается в рабочую группу, если возникает необходимость в достаточно быстрой обработке на ЭВМ большого количества полученной от экспертов информации; технические работники (из расчета по одному на 6—10 экспертов), непосредственно проводящие опрос и предварительно обрабатывающие полученные результаты.

Созданная рабочая группа подбирает потенциальных экспертов и формирует экспертную группу в следующем порядке: из предварительно составленного организатором и специалистом по исследуемой проблеме списка потенциальных экспертов отбираются в требуемом количестве эксперты, лучшие по качеству¹. Качество эксперта определяется 4 группами свойств: компетентность, заинтересованность в результатах экспертизы, деловитость и объективность (беспристрастность).

Компетентность эксперта распространяется на объект исследования (профессиональная компетентность) и ме-

¹ Порядок определения качества экспертов и их отбора в экспертную группу будет раскрыт в главе 5.

тодологию экспертного решения исследуемой задачи (экспертная компетентность). Заинтересованность в результатах экспертизы в основном зависит от степени загруженности эксперта основной работой, моральных и материальных стимулов его участия в экспертизе, индивидуальных особенностей эксперта. Деловитость главным образом определяется следующими свойствами эксперта: его собранностью, умением работать с коллегами при решении задач в конфликтной ситуации, мотивированностью выносимых суждений. Беспристрастность (объективность) определяется способностью учитывать ту и только ту информацию, которая необходима для правильного решения исследуемой им задачи.

Существует значительное число способов, с помощью которых оценивается качество эксперта, причем обычно каждый из таких способов характеризует не одно, а сразу несколько свойств эксперта. Большинство из этих способов входит в одну из 5 групп: эвристические (оценки назначаются человеком); статистические (оценки определяются в результате статистического анализа суждений экспертов по исследуемой проблеме); тестовые (оценки получаются в результате специальных испытаний экспертов); документальные (оценки основываются на анализе документальных данных об эксперте); комбинированные (оценки определяются с помощью любой совокупности перечисленных выше методов).

Эвристические методы оценки экспертов основаны на предположении (подтвержденном в эксперименте), что то представление, которое сложилось о данном эксперте у окружающих (или даже у него самого), достаточно правильно отражает его истинное качество. К этой группе относятся следующие методы: самооценка (эксперт сам оценивает свою профессиональную компетентность); взаимооценка (оценка компетентности каждого эксперта определяется как средняя из оценок, назначенных всеми остальными экспертами); оценка рабочей группой (выносятся техническими работниками и характеризует заинтересованность эксперта в участии в экспертизе и его деловитость).

Статистические методы оценки экспертов базируются на той предпосылке, что эксперт может рассматриваться как своеобразный измерительный прибор, показания которого (т. е. индивидуальные экспертные суждения) имеют случайную и систематическую погрешность.

К статистическим относятся следующие методы оценок: оценка по отклонению индивидуального экспертного суждения от коллективного экспертного суждения остальных членов экспертной группы (при этом условно принимается, что такое коллективное экспертное суждение и отражает истину, а отклонение от него характеризует систематическую погрешность); оценка воспроизводимости результата (учитывается степень совпадения индивидуальных экспертных суждений, высказанных экспертами по одному и тому же вопросу, но через относительно небольшой промежуток времени, т. е. оценивается случайная погрешность).

Тестовые методы оценки качества экспертов основываются на предположении, что существует тесная взаимосвязь между способностью эксперта решать специально подобранные тестовые задачи и такими свойствами, характеризующими качество эксперта, как объективность, профессиональная и экспертная компетентность. Большой опыт разработки и применения тестов для оценки качества экспертов накоплен в товароведной экспертизе пищевых продуктов.

Документальные методы оценки устанавливают зависимость между некоторыми документально подтвержденными характеристиками эксперта (числом лет работы по специальности, количеством публикаций, профессиональным статусом, возрастом, состоянием здоровья, владением иностранными языками, участием в научно-технических конференциях, симпозиумах, совещаниях и т. д.) и свойствами, характеризующими его качество как эксперта.

Сложность разработки документальных методов оценки, а также сильная зависимость методологии их определения от специфики задачи, решаемой экспертом, в настоящее время ограничивает сферу применения таких оценок.

Комбинированные методы оценки основаны на некотором обобщении оценок, полученных эвристическими, статистическими, тестовыми и документальными методами. При этом не существует единого правила, с помощью которого можно было бы получить комбинированную оценку качества эксперта для любой области применения экспертного метода.

Количество экспертов, отбираемых в экспертную группу, зависит как от допустимого в конкретных условиях уровня затрат на проведение экспертизы (затрат времени,

материальных средств, труда специалистов), так и от некоторых заранее заданных параметров, характеризующих достигаемые при экспертном опросе результаты (например, от допустимой величины погрешности коллективной экспертной оценки и от доверительной вероятности, с которой эта оценка определена). С учетом перечисленных факторов, нижняя граница численности экспертной группы для большинства сфер применения экспертного метода обычно составляет семь человек, а верхняя граница может достигать численности в несколько сот экспертов. (Более подробно вопрос об определении требуемого числа экспертов рассмотрен в 4.3.)

Одна конкретная экспертиза отличается от другой совокупностью признаков, каждый из которых характеризует процедуры, выполняемые экспертами или техническими работниками. С использованием этих признаков классификация экспертиз (в аспекте методологии проведения экспертного опроса) представляется в следующем виде.

С точки зрения метода формулирования экспертного суждения в практике работы экспертных комиссий в основном используются два способа вынесения суждений экспертов: первый (основной), когда суждение формулируется самой группой (в виде набора индивидуальных экспертных суждений), и второй (встречающийся значительно реже), когда экспертные суждения от имени группы выносят один (лидер), или два члена группы (лидер + сублидер, помощник лидера), последняя комбинация называется еще «методом комитета». Лидера и сублидера могут выбирать сами члены экспертной группы или назначать рабочая комиссия (как имеющих наиболее высокую оценку качества). Экспериментально определено, что точность оценок, выносимых лидером или по методу комитета, обычно ниже той точности, которая достигается при вынесении оценок группой. Поэтому подобный метод оправдан только в ситуациях, когда априори известно, что качество одного-двух членов экспертной группы значительно превосходит качество остальных экспертов.

По характеру контактов между экспертами различаются следующие способы опроса: эксперты выносят свои суждения в отсутствие личных контактов друг с другом, т. е. без коллективного обсуждения, или при наличии таких контактов. При этом

обсуждение, проводимое без дискуссии или с дискуссией, заканчивается открытым или закрытым вынесением экспертных суждений. Что касается способов экспертного опроса, которые характеризуются отсутствием контактов между экспертами, то они делятся на две группы: способы, в которых у эксперта нет информации о экспертных суждениях, данных другими экспертами, и способы, в которых такая информация есть. Причем экспертные суждения, высказанные другими экспертами, могут сообщать с обоснованием или без него. В свою очередь, обоснование может быть анонимное (когда не указывается, кем дано обоснование) и персональное, с указанием фамилии соответствующего эксперта. Вместе с тем подобные обоснования могут касаться всех экспертов или только тех, суждения которых ближе всего к среднему суждению группы (лидера группы) или в наибольшей степени отклоняются от среднего мнения, т. е. обосновывается экспертное суждение так называемого аутсайдера. Выбор той или иной из перечисленных форм контактов между экспертами и процедуры формулирования экспертных суждений зависит от конкретных условий проведения экспертизы. При этом учитываются следующие характеристики методологии экспертного опроса: информативность (интенсивность взаимного обмена информацией между экспертами); психологическое давление (иначе говоря, совокупность условий, способствующих усилению конформизма эксперта, т. е. его стремления во что бы то ни стало подстраивать свое суждение под экспертные суждения остальных членов группы или лидера группы); затраты средств, труда и времени на осуществление той или иной процедуры экспертного опроса.

По технике опроса все экспертные методы делятся на два способа: когда технический работник, проводящий опрос, имеет дело сразу с группой экспертов и когда он контактирует непосредственно с каждым экспертом в отдельности. Применительно к последнему случаю при экспертном опросе используются технические приемы, в основном совпадающие с теми, которые используются в социологии (где они впервые и были предложены): интервью, интервью-анкета, анкетирование, смешанное анкетирование.

Интервью: технический работник выявляет экспертные суждения в ходе свободной (но проводимой по заранее определенной программе) беседы с экспертом. При этом

для создания более непринужденной обстановки интервьюер обычно оформляет протокол беседы после ее окончания, а в ходе ее при необходимости делает только краткие заметки.

Интервью-анкета: задаваемые вопросы носят более конкретный характер, а их последовательность заранее достаточно жестко определена. Технический работник письменно фиксирует экспертные суждения, заполняя в присутствии эксперта предварительно подготовленную анкету.

Анкетирование: эксперт письменно отвечает на вопросы анкеты, руководствуясь прилагаемой к ней пояснительной запиской. В процессе заполнения анкеты он непосредственно не контактирует с проводящим опрос техническим работником (заочное анкетирование).

Смешанное анкетирование: при этом методе технический работник общается с экспертом. Он разъясняет ему оставшиеся непонятными вопросы анкеты, уточняет детали, при необходимости ставит дополнительные вопросы и т. д.

Каждый из перечисленных выше технических приемов отличается от других по степени информационного взаимодействия между экспертом и техническим работником; по степени объективности выносимых экспертных суждений; по трудоемкости проведения экспертного опроса. Поэтому не может быть однозначной рекомендации по применению какого-то одного технического приема во всех ситуациях экспертного опроса.

Если не лимитируется общая длительность проведения опроса, то целесообразно применить интервью-анкету или смешанное анкетирование

Если на длительность опроса накладываются такие ограничения, которые не позволяют применить интервью-анкету, то целесообразно воспользоваться смешанным анкетированием.

Если количество экспертов очень велико или отсутствует возможность собирать экспертов вместе, можно применить анкетирование.

Интервью целесообразно применить только как исключение, в тех крайне редких случаях, когда, например, по условиям решаемой задачи необходимо иметь экспертные оценки, выраженные в количественной форме, а эксперт с трудом оперирует такими оценками при ответе на задаваемые ему вопросы.

Если требуется безусловно обеспечить участие в экспертизе каждого выделенного эксперта, методу заочного анкетирования следует предпочесть методы очного опроса.

Перечисленные основные черты методологии проведения экспертного опроса свойственны экспертному методу, используемому для решения практически любых задач. Наряду с этим имеются и специфические черты, отличающие один экспертный метод от другого в зависимости от характера решаемых с его помощью задач.

Краткое описание этих специфических черт мы даем применительно к той важнейшей сфере использования экспертного метода, которая связана с оценкой качества продукции (и, в частности, товаров).

Особенности применения экспертного метода для решения этого класса задач определяются тем обстоятельством, что подобные задачи есть не что иное, как задачи квалиметрии. В соответствии с теорией квалиметрии до начала разработки методики оценки качества определенного вида продукции необходимо классифицировать оцениваемую продукцию по ее назначению в соответствии с целями и условиями потребления. (Для разработки подобной классификации очень часто оказывается целесообразным также использовать экспертный метод.) Так как потребители различных видов продукции по своим требованиям не составляют однородную группу, то и оценки качества этой продукции как мера удовлетворения их потребности также должны отличаться. Поэтому потребители должны быть разбиты на достаточно однородные по условиям потребления и требованиям группы. Вместе с тем эти группы не должны быть слишком дробными, чтобы резко не увеличивать трудоемкость экспертизы.

После выделения групп потребителей необходимо представить все свойства, характеризующие оцениваемую продукцию, в виде иерархической структуры — дерева свойств. Эта важнейшая процедура всей экспертизы качества осуществляется с обязательным привлечением экспертов, которые должны проверить, правильно ли составлено дерево организатором и специалистом по рассматриваемой проблеме и в случае необходимости внести соответствующие коррективы. Затем для каждого свойства, составляющего дерево, с помощью экспертного метода определяются две основные характеристики — коэффициенты весомости и показатели свойств (подробнее

об этом будет сказано в третьем разделе). При этом приходится решать вопрос о типе шкал, в которых эксперты будут определять эти характеристики. В свою очередь, этот вопрос включает в себя три подвопроса.

1. Каков должен быть оптимальный тип шкалы? В рамках экспертного метода в подавляющем большинстве случаев используются три типа шкал.

Шкала порядка (шкала рангов), с помощью которой можно упорядочить (ранжировать) оцениваемые объекты так, что они будут расположены в определенном порядке возрастания (или убывания) величины какого-то признака, присущего этим объектам. При этом расстояние между объектами в ранжировке не определяется и не учитывается.

Шкала интервалов, которая позволяет не только проанжировать объекты, но и в установленных единицах измерения определить, на сколько один объект по данному признаку больше (или меньше) другого?

Шкала отношений, с помощью которой можно определить, во сколько раз один объект больше (или меньше) другого.

Шкала порядка (рангов) имеет то преимущество перед другими шкалами, что в ряде случаев ее использование связано с меньшей трудоемкостью проведения экспертного опроса. Вместе с тем эта шкала является более «грубой» по сравнению со шкалой интервалов или отношений, в связи с чем ее применение в задачах оценки качества, как правило, ограничено.

Из двух оставшихся шкал более предпочтительной является шкала отношений, так как точность получаемых с ее помощью оценок выше, чем в шкале интервалов, а сфера ее возможного применения шире.

2. Какова должна быть размерность шкалы? Как это было показано в 3.5, размерная шкала обычно менее предпочтительна по сравнению с безразмерной.

3. Каков должен быть размах шкалы? Практика, а также специально проведенные эксперименты показывают, что шкала 0—10 баллов с градацией через 0,5 балла (фактически 20-балльная шкала) вполне достаточна для назначения коэффициентов весомости и решения других задач экспертной оценки качества. В некоторых случаях — когда априори известно, что весомость некоторых показателей качества в десятки раз меньше, чем важнейшего, — в задачах назначения коэффициентов весомости

оказывается целесообразным в интервале 0—1 балл дать дополнительную градацию в 0,1 балла. Очень часто удобно применять и 100 %-ную шкалу, поскольку понятие процента привычно любому эксперту¹.

В практике применения экспертного метода используется и особая 10-балльная шкала, основанная на привычной каждому эксперту 5-балльной системе оценок, применяемой в средней и высшей школе. Эксперты дают оценки, используя такие понятия, как, например, «пять с минусом», «три с плюсом» и т. д. Затем выставленные оценки техническим работником переводятся в 10-балльную шкалу по следующему правилу: 5 = 10 баллов (б); 5— = 9 б; 4+ = 8 б; 4 = 7 б; 4 — = 6 б; 3+ = 5 б; 3 = 4 б; 3— = 3 б; 2+ = 2 б; 2 = 1 б.

Дальнейшие операции, проводимые в рамках экспертного метода оценки качества, являются общими для любых (не только экспертных) методов квалиметрии и будут изложены в третьем разделе при описании алгоритма квалиметрии.

4.2. Систематизация проблем экспертного метода квалиметрии

В литературе по экспертному методу до сравнительно недавнего времени отсутствовало достаточно полное и систематизированное изложение проблем, связанных с его квалиметрическим использованием. В тех же случаях, когда такие проблемы упоминались (в явной или неявной форме), их перечень был очень ограниченным и относящимся только к отдельным аспектам применения экспертного метода. Так, в некоторых работах рассматривается проблематика, относящаяся только к каким-то отдельным разновидностям экспертного метода, например, метода парных сравнений или экспертного метода, используемого в прогнозировании.

В других случаях проблематика классифицируется и анализируется только применительно к какому-то одному аспекту применения экспертного метода, например в связи с «размытым» характером оценок, назначаемых отдельными экспертами, или в связи с тем обстоятельством, что применение экспертных оценок, являющихся

¹ Отметим, что сама технология назначения баллов (или процентов) должна быть такой, чтобы полученные при этом экспертные оценки были выражены в шкале отношений.

Классификация проблем применения в квалиметрии экспертного метода

Комплексные проблемы, связанные с отдельными этапами алгоритма экспертного метода	Подпроблемы, связанные с отдельными процедурами алгоритма экспертного метода	Частные проблемы, связанные с отдельными операциями алгоритма экспертного метода
1 этап. Организация работы	1.1. Формирование экспертной группы	1.1.1. Каковы принципы формирования группы экспертов? 1.1.2. Как определить информированность эксперта? 1.1.3. Как определить объективность эксперта? 1.1.4. Как определить компетентность эксперта? 1.1.5. Как определить показатель качества эксперта? 1.1.6. Как до начала опроса определить необходимое и достаточное число экспертов? 1.1.7. Как в ходе экспертизы обеспечить деловитость и заинтересованность экспертов?
2 этап. Опрос экспертов	2.1. Выявление эталонного множества показателей свойств	2.1.1. Каковы общие принципы, которыми должны руководствоваться эксперты при определении эталонного множества свойств?
	2.2. Определение характеристик шкал, в которых выражаются экспертные оценки	2.1.2. Каковы принципы выбора для каждого свойства наиболее целесообразного из нескольких возможных показателей? 2.2.1. Должна ли шкала быть единой для разных свойств эталонного объекта? 2.2.2. Какая из нескольких шкал (порядка, интервалов, отношений) наиболее целесообразна для использования? 2.2.3. Какой должна быть точность шкалы? 2.2.4. Каков должен быть размах шкалы?
	2.3. Определение характеристик способа проведения опроса экспертов	2.3.1. Каков должен быть характер взаимоотношений между экспертами в ходе опроса (открытое обсуждение или анонимные ответы; конфликтная или бесконфликтная обстановка обсуждения и т. п.)?

Комплексные проблемы, связанные с отдельными этапами алгоритма экспертного метода	Подпроблемы, связанные с отдельными процедурами алгоритма экспертного метода	Частные проблемы, связанные с отдельными операциями алгоритма экспертного метода
3 этап. Обработка результатов экспертного опроса	<p>3.2. Определение коллективной экспертной оценки</p> <p>3.3. Определение точности и надежности коллективной экспертной оценки</p>	<p>3.2.5. Как действовать при возникновении «проблемы еретики»?</p> <p>3.2.6. Как при определении коллективной экспертной оценки учитывать значения показателя экспертной достоверности?</p> <p>3.3.1. Как зависит точность и надежность коллективной экспертной оценки от степени согласованности индивидуальных оценок?</p> <p>3.3.2. Как определить значения показателя уверенности эксперта?</p> <p>3.3.3. Какова точность и надежность коллективной экспертной оценки?</p>
4 этап. Проблемы, общие для всех этапов	<p>4.1. Правомерность использования экспертного метода</p> <p>4.2. Принципиальные основы использования экспертного метода</p> <p>4.3. Удобство использования экспертного метода</p>	<p>4.1.1. Воспроизводимы ли индивидуальные экспертные оценки?</p> <p>4.1.2. Транзитивны ли индивидуальные экспертные оценки?</p> <p>4.1.3. Не слишком ли велика погрешность индивидуальных экспертных оценок?</p> <p>4.2.1. Какова классификация экспертных методов, учитывающая различные аспекты их применения?</p> <p>4.2.2. Какая система (или системы) аксиом должна быть принята как база экспертного метода, чтобы можно было говорить о его принципиальной обоснованности?</p> <p>4.3.1. Какова должна быть система терминов, обеспечивающая однозначность трактовки основных понятий экспертного метода?</p> <p>4.3.2. Каков алгоритм экспертного метода?</p> <p>4.3.3. Как использовать технические средства для повышения эффективности экспертного метода?</p>

частным случаем измерений вообще, порождает такие общие для теории измерений проблемы, как проблемы представления и единственности.

Что же касается большинства работ, в которых в той или иной форме формулируются проблемы экспертного метода, то их авторы чаще всего ограничиваются одной какой-либо проблемой, скажем, доказательством (или опровержением) транзитивности экспертных предпочтений или поиском оптимальной методологии экспертного опроса.

Наконец, в тех (весьма немногочисленных) случаях, когда называются не одна, а несколько проблем, их количество обычно бывает невелико: 9 проблем или даже только 2 проблемы.

Насколько нам известно, первое систематизированное и достаточно полное изложение проблематики квалиметрического использования экспертного метода было сделано в работе [18], материал которой, впоследствии несколько дополненный, послужил основой классификации, приведенной в табл. 9. Другой исходный материал для составления этой классификации — укрупненная блок-схема алгоритма квалиметрии.

Из 39 классифицированных в табл. 9 частных проблем будет рассмотрено возможное решение двух: проблемы 4.2.2. (Аксиоматика экспертного метода) и проблемы 1.1.6. (Численность экспертной группы).

Что касается первой из них, то такой выбор определяется ее особой важностью: фактически, достаточно развитая аксиоматическая база в значительной мере поможет найти решения и для целого ряда других проблем, например 1.1.1.; 1.1.5.; 2.2.3.; 2.3.4.; 2.4.2.; 3.1.1.; 3.1.2.; 3.2.2.; 3.2.3.; 3.2.6.; 3.3.1.; 3.3.2.

А самостоятельное рассмотрение (4.3) проблемы численности экспертной группы оправдывается тем обстоятельством, что количество участвующих в опросе экспертов является одним из главных факторов, влияющих на точность и надежность коллективной экспертной оценки.

4.3. Численность экспертной группы

Важность этой проблемы определяется двумя основными обстоятельствами.

Во-первых, интуитивно представляется очевидным (и подтверждается опытными данными [31, с. 40]), что от количества привлекаемых для опроса экспертов зависит,

при прочих равных условиях, точность и надежность экспертных оценок. А по данным работы [107, с. 20], во многих случаях на повышение точности коллективной экспертной оценки увеличение количества экспертов влияет в большей степени, чем повышение их качества.

Во-вторых, численность экспертной группы непосредственно влияет на затраты C , связанные с проведением экспертизы.

Однако, несмотря на свою значимость, применительно к задачам квалиметрии проблема определения оптимальной численности экспертной группы еще не решена. В литературе по этому вопросу приводятся самые различные данные, касающиеся численности экспертных групп (реально существовавших или только рекомендуемых). Причем в огромном большинстве случаев эти цифры не подкрепляются каким-либо убедительным обоснованием и варьируются от одного до нескольких сот экспертов.

В тех редких случаях, когда в литературных источниках не просто указывается количество экспертов, но и делается попытка дать расчетный метод его определения, рекомендуемые методы не могут быть эффективно использованы в большинстве ситуаций экспертной оценки. Такое положение связано с недостатками этих методов:

1) неконкретность практических рекомендаций (например, не поясняется, как определять некоторые коэффициенты в расчетных формулах);

2) чрезмерно большие (до десятков человеко-часов) затраты на процедуру определения числа экспертов;

3) узость сферы применения метода, вызываемая специфичностью оцениваемого объекта (например, метод пригоден только при экспертной органолептической оценке пищевых продуктов);

4) узость сферы применения метода, вызываемая специфичностью процедуры опроса экспертов (проводимого, например, только методом голосования);

5) узость сферы применения метода, вызываемая специфичностью используемых шкал (например, пригодность только для шкал порядка);

6) неучет доверительной вероятности и доверительного интервала, характеризующих коллективную экспертную оценку (хотя такой учет необходим, поскольку экспертные оценки имеют статистический характер);

7) неучет разнообразия априорной информации об индивидуальных экспертных оценках (например, учиты-

вается только одна и далеко не чаще всего встречающаяся на практике ситуация, когда априори известно, что закон распределения совокупности индивидуальных экспертных оценок нормальный).

Правда, сегодня на основе анализа априорной информации можно учитывать уже не одну, а три ситуации. Однако общее решение этой проблемы (с учетом не трех, а практически всех возможных ситуаций, возникающих при экспертном опросе) в литературе пока не описано. Помещаемый ниже материал и посвящен анализу этого общего случая.

Прежде всего систематизируем факторы, которые необходимо учитывать, когда до начала экспертного опроса определяется численность экспертной группы (табл. 10).

Кратко рассмотрим каждый фактор в порядке его номера.

1. Затраты времени, допустимые для организации, выделяющей экспертов. Эти затраты нередко являются лимитирующим фактором, связанным монотонно убывающей зависимостью с количеством экспертов N , которым могут разрешить участвовать в экспертизе (являющейся, обычно, неосновной, внеплановой работой).

2. Затраты труда экспертов с учетом их квалификации. Этот фактор связан с существованием противоречия: для экспертизы желательны самые квалифицированные специалисты, которых в то же время в силу именно высокой квалификации труднее всего отвлекать от основной работы для участия в экспертизе.

3. Затраты труда экспертов с учетом формы проведения их опроса. Воздействие этого фактора определяется тем обстоятельством, что различные формы и методы проведения экспертного опроса могут существенно различаться по своей трудоемкости (для экспертов).

4. Затраты труда организаторов опроса на выявление индивидуальных экспертных оценок. Ведь, как известно, при некоторых формах экспертного опроса (характеризующихся, например, коллективным обсуждением экспертных оценок) затраты труда организаторов опроса нелинейно возрастают при увеличении числа экспертов N , причем этот нелинейный эффект особенно сильно проявляется при $N > 25$.

5. Затраты труда организаторов опроса на вычисление коллективной экспертной оценки. Этот фактор обычно действует тогда, когда состав рабочей группы мал и отсут-

Факторы, влияющие на численность экспертной группы

Классификация факторов			№ п/п		
При определении количества экспертов учитываются	только требуемые затраты на проведение экспертизы, которые характеризуют	допустимые затраты времени (для организаций, от которых выделяются эксперты)		1	
		допустимые затраты труда	экспертов, если учитывается также	квалификация экспертов	2
				форма проведения опроса	3
		организаторов опроса на	выявление индивидуальных экспертных оценок	4	
			вычисление коллективной экспертной оценки	5	
	только получаемые результаты (минимально допустимый уровень достоверности экспертной оценки) в зависимости от априорной информации, с кандидатами в экспертную подгруппу	не связанной, причем информация выражает априори задаваемую	погрешность коллективной экспертной оценки	6	
			надежность коллективной экспертной оценки	7	
		связанной, причем	информация о самих кандидатах в экспертную подгруппу	8	
			информация о выносимых экспертами оценках	9	
		одновременно и требуемые затраты, и получаемые результаты, причем	зависимость между затратами и результатами априори известна		10
	зависимость между затратами и результатами априори неизвестна		11		

ствует возможность обработки индивидуальных экспертных оценок на ЭВМ (с целью определения некоторых статистических характеристик — моды, эксцесса, коэффициента вариации, дисперсии и т. д.).

6. Задаваемая относительная погрешность коллективной экспертной оценки ϵ . Здесь уместно напомнить, что, при прочих равных условиях, величина ϵ есть монотонно убывающая функция от N .

7. Задаваемая надежность коллективной экспертной оценки γ . Как известно, надежность (доверительная вероятность) γ тоже связана с числом экспертов N монотонной функциональной зависимостью. Но в отличие от ϵ не убывающей, а возрастающей.

8. Информация о самих кандидатах в экспертную группу. Организаторам опроса априори (т. е. до начала опроса) иногда известна некоторая информация о кандидатах в экспертную группу, что может оказать влияние на количество отбираемых из их числа экспертов. Эта информация систематизирована в табл. 11.

9. Информация о выносимых экспертами оценках. Влияние этого фактора связано с тем обстоятельством, что организаторам опроса априори может быть известна не только информация о кандидатах в экспертную группу, но и о тех оценках, которые они станут выносить, став

ТАБЛИЦА 11

Возможные виды априорной информации о кандидатах в экспертную группу

Возможные градации априорной информации (с точки зрения ее полноты)

Характер априорной информации о кандидатах в экспертную группу	Информация о численности N_i^{cp} частной генеральной совокупности специалистов ¹	Какая-либо информация о N_i^{cp} полностью отсутствует Известен нижний предел для величины N_i^{cp} Известна величина N_i^{cp}
	Информация численности N_i кандидатов в экспертную группу	Известно, что численность экспертной группы N_i может быть достаточно большой ($N_i > 30$) Известно, что отношение N_i к N_i^{cp} достаточно мало Известно число кандидатов в экспертную группу N_i , участвовавших в пробном (пилотажном) опросе

¹ Смысл величины N_i^{cp} будет раскрыт в определении 32.

экспертами. Причем эта информация (систематизированная в табл. 12) самым непосредственным образом влияет на численность экспертов.

10. Априори известная зависимость между характеризующими экспертизу затратами и результатами. В некоторых (хотя и довольно редких) ситуациях может быть известна зависимость f числа экспертов N от затрат на проведение экспертизы (например, $C = C_{\text{ср}}$) и от получаемых в ходе экспертизы результатов (например, коллективной экспертной оценки q^3 , обладающей относительной погрешностью не более ε): $N = f(C_{\text{ср}}, \varepsilon)$. Тогда организаторы опроса могут задаться предельными значениями $C_{\text{ср}}^{\text{пр}}$ и $\varepsilon^{\text{пр}}$ и определить требуемое число экспертов N .

11. Априори неизвестная зависимость между характеризующими экспертизу затратами и результатами. Значительно чаще, чем описанная в п. 10, может встретиться ситуация, когда известны функции $N = \varphi_1(C_{\text{ср}})$ и $N = \varphi_2(\varepsilon)$. Тогда, определив для каждой из этих функций веса $G_{\text{ср}}$ и G_ε (такие, что $G_{\text{ср}} + G_\varepsilon = 1,00$), по правилам квалиметрии может быть найдена некоторая сложная функция

$$K = \varphi_3[\varphi_1(C_{\text{ср}}), \varphi_2(\varepsilon)] \leftrightarrow K = f(N),$$

причем K есть средняя взвешенная величина. Оптимизация функции K (например, ее максимизация) с помощью одного из известных методов позволит определить оптимальное значение $N = N^{\text{опт}}$, в котором будут учтены одновременно и затраты ($C_{\text{ср}}$) и результаты (ε).

Из рассмотренных 11 факторов первые 7 отличает следующее. В настоящее время при определении величины N их учет производится не с помощью какой-либо формализованной зависимости, а на основе обращения к здравому смыслу. Например, нет каких-то однозначных рекомендаций по заданию значения ε (фактор 6); нет расчетных способов для определения влияния уровня квалификации эксперта на допустимое время его использования в экспертной группе (фактор 2) и т. д.

В отличие от этого факторы 8—11 имеют общую особенность: могут быть найдены количественные зависимости, определяющие влияние каждого фактора на величину N .

Поскольку ситуации, когда на определение величины N будут влиять факторы 10 и 11, являются относительно редкими, а само это влияние может быть учтено с помощью

Возможные виды априорной информации об экспертных оценках

Характер априорной информации об экспертных оценках	Информация о законе распределения оценок	Индивидуальные экспертные оценки q_{ij}	Закон распределения неизвестен
			Распределение равномерное
			Распределение прямоугольного треугольника
			Распределение Симпсона
			Распределение Стьюдента
	Коллективная экспертная оценка q_i^3	Близкое к нормальному	
		Неблизкое к нормальному	
	Информация о параметрах распределения оценок	Дисперсия σ^2 частной генсовокупности специалистов	$0 \sigma^2$ ничего не известно
			Известно, что σ^2 конечна
			Известна выборочная дисперсия S^2 (по предыдущим опросам)
Известна выборочная дисперсия S^2 по предварительному (пилотажному) опросу			
Математическое ожидание $M(q_{ij})$: известно, что оно конечно			
Размах вариации d_i		Известна длина интервала шкалы S_e	
		Известны крайние значения q_i^{\min} и q_i^{\max}	
Мода $M_0(q_{ij})$: известно количество вершин распределения			
Коэффициент вариации $V = S/q_i^3$: известно прогнозируемое значение V			
Коэффициент асимметрии Пирсона $S^{\text{П}}$: известно, что $S^{\text{П}} < 0,5\gamma_1^*$ (где γ_1^* — коэффициент асимметрии)			

* При соблюдении этого условия распределение может считаться приблизительно унимодальным и симметричным.

обычных методов оптимизации, имеет смысл дальнейшее изложение посвятить рассмотрению того, как можно априори определить требуемую численность экспертной группы N в условиях действия факторов 8 и 9.

Прежде всего обратим внимание на два обстоятельства: а) рассматриваемая задача касается не экспертного метода вообще, а экспертного метода, используемого в квалиметрии; б) задача нахождения требуемой численности экспертной группы есть статистическая задача определения объема выборки из генеральной совокупности (см. главу 5).

Из а и б вытекает, что для решения задачи о численности экспертной группы можно использовать аппарат, применяемый в выборочном методе математической статистики для определения объема выборки. Иначе говоря, использование экспертного метода в квалиметрии есть одна из форм применения выборочного метода¹.

Правда, отдельные зарубежные авторы фактически выступают против применения выборочного метода в социологических или экспертных опросах, но их возражения трудно признать состоятельными, так как они противостоят многовековому опыту человечества.

Прежде чем излагать дальнейший материал, дадим пояснения условным обозначениям статистических характеристик, которые будут в нем использоваться (табл. 13).

Сформулируем рассматриваемую задачу. Требуется определить такое необходимое и достаточное число экспертов, чтобы обеспечивалось выполнение условия

$$p = \{q^3 - \Delta q < q^{nc} < q^3 + \Delta q\} \geq \gamma.$$

Приводимые далее варианты формул иллюстрируют тот интуитивно понятный факт, что чем больше имеется априорной информации об экспертной группе, тем, при прочих равных условиях, может быть меньше численность N этой группы. В связи со сказанным будем рассматривать варианты различных сочетаний градаций априорной информации (приведенных в табл. 11 и 12)² и для

¹ Технология опроса экспертов должна исключать проявление «эффекта Ирвина», при котором человек переоценивает вероятность положительного и недооценивает вероятность отрицательного для него результата.

² В дальнейшем называются «известные условия».

Условные обозначения статистических характеристик

Условные обозначения	Содержательная интерпретация
q^3	Значение коллективной экспертной оценки
q^{nc}	Истинное значение показателя оцениваемого свойства
Δq	Абсолютная погрешность q^3
$\tilde{\Delta} q$	Допустимое значение Δq
γ	Доверительная вероятность (надежность), с которой определено значение q^3
$\tilde{\gamma}$	Допустимое значение γ
σ^2	Генеральная дисперсия оценок, которые потенциально могли бы дать специалисты b_{ij}^{cn} , входящие в частную генеральную совокупность специалистов
σ	Генеральное среднее квадратическое отклонение: $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
S^2	Выборочная дисперсия индивидуальных экспертных оценок, вынесенных экспертами, входящими в экспертную группу
S	Выборочное среднее квадратическое отклонение: $S = \sqrt{S^2}$
N	Численность членов экспертной группы
N_1	Численность экспертной группы в пилотажном (предварительном) опросе, такая, что всегда $N \geq N_1$
N^{cn}	Численность частной генеральной совокупности специалистов
S_{N_1}	Среднее квадратическое отклонение, полученное при пилотажном опросе N_1 экспертов
σ_{q^3}	Генеральное среднее квадратическое отклонение средней арифметической q^3
S_{q^3}	Средняя квадратическая ошибка (выборочное среднее квадратическое отклонение величины q^3)
\tilde{S}_{q^3}	Допустимое значение S_{q^3}
$Mo(q)$	Мода величины q
$M(q)$	Математическое ожидание величины q
S^{π}	Пирсоновская мера асимметрии: $S^{\pi} = \frac{ M(q) - Mo(q) }{\sigma}$
V	Коэффициент вариации: $V = \frac{S}{q^3}$
\tilde{V}	Допустимое значение V
ε	Относительная погрешность $\varepsilon = \frac{\Delta q}{q^{nc}}$
$\tilde{\varepsilon}$	Допустимое значение ε
ε_S	Относительная выборочная средняя квадратическая погрешность: $\varepsilon_S = \Delta q/S^*$

Условные обозначения	Содержательная интерпретация
ε_S	Допустимое значение ε_S
d	Размах шкалы $S_c : d = q_i^{\max} - q_i^{\min}$
t_γ	Квантиль нормального распределения, соответствующий доверительной вероятности γ . Его значение табулировано [87, с. 255]
$t_{\gamma N}$	Квантиль распределения Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности γ и числу степеней свободы $N-1$. Его значение табулировано [72, с. 471].
$F(q)$	Функция распределения индивидуальных экспертных оценок q_j
$F(q^3)$	Функция распределения коллективной экспертной оценки q^3
F_t	Функция t -распределения (распределения Стьюдента)
F_{yc}	Функция такого распределения, которое унимодально и близко к симметричному
F_{yc}	Функция такого распределения, которое унимодально и симметрично
Φ	Функция нормального распределения
$\tilde{\Phi}$	Функция распределения, близкого к нормальному
F_{\square}	Функция равномерного распределения
F_{Δ}	Функция треугольного распределения (распределения Симпсона)
F_{\triangleright}	Функция распределения прямоугольного треугольника
γ_1	Коэффициент асимметрии $\left(\gamma_1 = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}}, \text{ где } \mu_2, \mu_3 - \right.$ второй и третий центральные моменты распределения)

* Можно считать также, что ε_S есть нормированная по S погрешность Δq .

каждого варианта определять требуемое (т. е. необходимое и достаточное) число экспертов.

Вывод приводимых ниже формул дан в работе [27], в которой эти формулы соответствуют практически всем возможным сочетаниям градаций априорной информации (таких сочетаний выявлено 98). Разумеется, в рамках одного параграфа практически невозможно рассмотреть все эти формулы и тем более привести их вывод. Поэтому формулы даются без вывода, излагаются в табличной форме (табл. 14) и учитывают не все сочетания градаций априорной информации, а приблизительно в 5 раз меньшее их количество (21), но именно те сочетания, совокупность

Расчетные формулы для определения необходимой и достаточной численности экспертной группы

№ вариантов	Применительно к табл. 11 и 12		Можно задать допустимые значения	Расчетная формула для определения численности экспертной группы
	Неизвестные условия	Известные условия		
1*	S, F(q) — характер неизвестен	V	$\check{\gamma}, \check{\varepsilon}$	$N = \frac{V^2}{\check{\varepsilon}^2 (1 - \check{\gamma})}$
2		—	$\check{\gamma}, \check{\varepsilon}, \check{V}$	$N = \frac{\check{V}^2}{\check{\varepsilon}^2 (1 - \check{\gamma})}$
3*	То же	d	$\check{\gamma}, \check{\Delta}q$	$N = \frac{0,04d^2}{\check{\Delta}q^2 (1 - \check{\gamma})}$
4*	»	$N^{cp}, F(q^3) = \check{\Phi}$	$\check{\varepsilon}_S$	$\frac{\left(\frac{t_{\gamma}}{\check{\varepsilon}_S}\right)^2}{1 - \frac{1}{N^{cp}} + \frac{1}{N^{cp}} \left(\frac{t_{\gamma}}{\check{\varepsilon}_S}\right)}$
5	»	$N^{cp}/N \geq 10, F(q^3) = \check{\Phi}$	$\check{\varepsilon}, \check{\gamma}, \check{V}$	$N = \left(\frac{t_{\gamma} \check{V}}{\check{\varepsilon}}\right)^2$
6*	S	$F(q) = F_{\check{\gamma}c}, \text{ т. е. } S^{\pi} \leq 0,5\check{\gamma}_i, V$	$\check{\varepsilon}, \check{\gamma}$	$N = \frac{V^2 (0,75 + 0,5 \times \sqrt{1 - \check{\gamma}})^2}{\check{\varepsilon}^2 (1 - \check{\gamma})}$
7	S	$F(q) = F_{\check{\gamma}c}$	$\check{\varepsilon}, \check{\gamma}, \check{V}$	$N = \frac{\check{V}^2 (0,75 + 0,5 \times \sqrt{1 - \check{\gamma}})^2}{\check{\varepsilon}^2 (1 - \check{\gamma})}$
8	»	»	$\check{\gamma}, \check{\varepsilon}_S$	$N = \frac{(0,75 + 0,5 \sqrt{1 - \check{\gamma}})^2}{\check{\varepsilon}_S^2 (1 - \check{\gamma})}$
9	»	$F(q) = F_{\check{\gamma}c}$	$\check{\varepsilon}, \check{\gamma}, \check{V}$	$N = \frac{0,44\check{V}^2}{\check{\varepsilon} (1 - \check{\gamma})}$

№ вариантов	Применительно к табл. 11 и 12		Можно задать допустимые значения	Расчетная формула для определения численности экспертной группы
	Неизвестные условия	Известные условия		
10	S	$F(q) = F_{yc};$ $F(q^3) = \tilde{\Phi},$ т. е. $F(t t =$ $= \frac{\Delta q \sqrt{N}}{S}) =$ $= F_t; N^{cp}$	$\check{\varepsilon}_S$	$N = \frac{\left(\frac{t_{\gamma} N}{\check{\varepsilon}_S}\right)^2}{1 - \frac{1}{N^{cp}} + \frac{1}{N^{cp}}} \times$ $\times \left(\frac{t_{\gamma} N}{\check{\varepsilon}_S}\right)^2$
11	»	$F(q) = F_{yc};$ $F(q^3) = \tilde{\Phi};$ $d; N^{cp}$	$\check{\Delta}q$	$N = \frac{\left(\frac{t_{\gamma} \sqrt{d}}{6,6 \check{\Delta}q}\right)^2}{1 - \frac{1}{N^{cp}} + \frac{1}{N^{cp}}} \times$ $\times \left(\frac{t_{\gamma} \sqrt{d}}{6,6 \check{\Delta}q}\right)^2$
12	»	$F(q) = \tilde{\Phi}; d;$ $N^{cp} > 1000$	\check{S}_q	$N = \frac{0,034d^2}{\check{S}_q^2}$
13	»	»	$\check{\Delta}q$	$N = \left(\frac{t_{\gamma} d}{6,6 \check{\Delta}q}\right)^2$
14	»	$F(q) = F_{\square};$ $F(q^3) = \tilde{\Phi};$ $d; N^{cp}$	$\check{\Delta}q$	$N = \frac{\left(\frac{0,289 d t_{\gamma}}{\check{\Delta}q}\right)^2}{1 - \frac{1}{N^{cp}} + \frac{1}{N^{cp}}} \times$ $\times \left(\frac{0,289 d t_{\gamma}}{\check{\Delta}q}\right)^2$
15	»	$F(q) = F_{\Delta};$ $F(q^3) = \tilde{\Phi};$ $d; N^{cp} > 1000$	$\check{\Delta}q$	$N = \left(\frac{0,204 d}{\check{\Delta}q}\right)^2$

№ вариантов	Применительно к табл. Г1 и Г2		Можно задать допустимые значения	Расчетная формула для определения численности экспертной группы
	Неизвестные условия	Известные условия		
16	$F(q)$ — характер неизвестен	S ; $F(q^3) = \tilde{\Phi}$; $N^{сн}$	$\tilde{\gamma}, \tilde{\Delta}q$	$N = \frac{\left(\frac{t_{\gamma}S}{\tilde{\Delta}q}\right)^2}{1 - \frac{1}{N^{сн}} + \frac{1}{N^{сн}} \times \left(\frac{t_{\gamma}S}{\tilde{\Delta}q}\right)^2}$
17	—	S ; $F(q) = F_{yc}$	$\tilde{\gamma}, \tilde{\Delta}q$	$N = \frac{S^2(0,75 + 0,5 \times \sqrt{1 - \tilde{\gamma}})^2}{\tilde{\Delta}q^2(1 - \tilde{\gamma})}$
18	—	S ; $F(q) = F_{yc}$	$\tilde{\gamma}, \tilde{\Delta}q$	$N = \frac{0,44S^2}{\tilde{\Delta}q^2(1 - \tilde{\gamma})}$
19	—	S ; $F(q) = F_{yc}$; $F(q^3) = \tilde{\Phi}$; $N^{сн} > 1000$	$\tilde{\gamma}, \tilde{\Delta}q$	$N = \left(\frac{t_{\gamma}NS}{\tilde{\Delta}q}\right)^2$
20	—	S_{N_1} ; $F(q) = F_{yc}$; $F(q^3) = \tilde{\Phi}$; $N^{сн}; N_1$	$\tilde{\gamma}, \tilde{\Delta}q$	$N = \frac{\left(\frac{t_{\gamma}N_1S_{N_1}}{\tilde{\Delta}q}\right)^2}{1 - \frac{1}{N^{сн}} + \frac{1}{N^{сн}} \times \left(\frac{t_{\gamma}N_1S_{N_1}}{\tilde{\Delta}q}\right)^2}$

№ вариантов	Применительно к табл. 11 и 12		Можно задать допустимые значения	Расчетная формула для определения численности экспертной группы
	Неизвестные условия	Известные условия		
21	—	$S_{N_1};$ $F(q) = \tilde{\Phi};$ N_1	$\check{\gamma}, \check{\Delta q}$	$N = \frac{0,44S_{N_1}^2}{\check{\Delta q}^2 (1 - \check{\gamma})} \times \left(1 + \frac{2}{N_1}\right)$

Примечания: 1* — Для упрощения записи индекс «i» будет опускаться (например, вместо Δq_i будет писаться просто Δq).

3* — Здесь и в дальнейшем принята доверительная вероятность $\gamma = 0,96$. При необходимости задать другое значение γ должно соответственно меняться и величина $S = f(d)$

4* — Здесь и в дальнейшем условие $F(q^3) = \tilde{\Phi}$ означает, что одновременно выполняются 3 требования:

1) $N \geq 10$; 2) значения показателей экспертной достоверности соизмеримы для каждого эксперта; 3) опрос проводится в один тур без обсуждения, т. е. экспертные оценки q_{ij} независимы (смысл пп. 2 и 3 раскрыт в главе 5).

6* — Формулы вариантов 6—8 имеет смысл применять только при $\check{\gamma} > 0,75$, так как при $\check{\gamma} < 0,75$ расчет по этим формулам дает большие значения N , чем по формулам вариантов 1—2.

которых представляет своеобразную выборку, дающую достаточно полное представление о 98 сочетаниях (и соответствующих формулах).

Табл. 14 отличается следующими особенностями.

1. В графе «Известные условия» приводятся только те градации априорной информации (соответствующие табл. 12), которые отличаются хотя бы в одном из вариантов. Что же касается тех градаций априорной информации, которые являются общими для всех вариантов (например, конечность дисперсии σ^2 ; конечность величины q^3), то такие градации в табл. 14 не указаны.

2. Запись $N^{сп} > 1000$ будет означать, что $N^{сп}$ достаточно велико (хотя в зависимости от принятой точности вычислений может применяться и другое, кроме 1000, число).

3. Условие $N^{сп}/N \geq 10$ фактически эквивалентно условию $N^{сп} > 1000$. Поэтому условие $N^{сп}/N \geq 10$ приве-

дено только в нескольких начальных вариантах, а затем опущено.

4. В тех случаях, когда по ситуации экспертной оценки могут существовать различные сочетания градаций исходной информации и градаций задаваемых (допустимых) значений, следует для каждого варианта сочетаний определить по соответствующим формулам значения N и взять минимальное из них.

5. Примечания к формулам отдельных вариантов (или к группам из нескольких формул) даются под соответствующими номерами: 1*, 2*... в конце табл. 14.

Сравнительно большое количество вариантов, разобранных во второй части параграфа, разумеется, не означает, что все они равновероятны на практике. На самом деле многие из них хотя принципиально и могут встретиться в практике применения экспертного метода, но вероятность такой встречи относительно мала.

5. АКСИОМАТИКА ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДОВ КВАЛИМЕТРИИ

Необходимость в формулировании основ экспертного метода, используемого в задачах квалиметрии, возникла не случайно. Связано это с тем обстоятельством, что многочисленные работы, в которых в той или иной степени излагается аксиоматика процесса получения коллективных экспертных оценок, посвящены главным образом рассмотрению только частных (хотя зачастую и очень важных) вопросов экспертного метода.

Что же касается коренных основ, на которых должны базироваться все процедуры экспертного метода оценки качества, то их рассмотрению в литературе, по нашему мнению, уделяется неоправданно мало внимания. Нередко в этом отношении ограничиваются лишь указанием на то, что экспертные оценки должны удовлетворять требованиям независимости, транзитности и аддитивности [37, с. 76; 51, с. 279].

Но представляется, что выяснение основ экспертного метода невозможно без получения ответов на вопросы.

1. Кого можно отбирать в экспертную группу и как должен осуществляться такой отбор?

2. Чем нужно руководствоваться при определении численности экспертной группы?

3. Правомерно ли основывать коллективную экспертную оценку на усреднении индивидуальных оценок?

4. Как при вычислении коллективной экспертной оценки должна учитываться неравноценность отдельных экспертов?

5. Каково должно быть число градаций в шкалах, предложенных для использования экспертам?

6. Сколько необходимо проводить туров экспертных опросов?

7. Какая статистическая характеристика может служить индикатором изменения погрешности коллективной экспертной оценки?

8. Каковы необходимые условия, позволяющие усреднять индивидуальные экспертные оценки?

Приводимая ниже аксиоматика и призвана дать ответы на эти вопросы. Форма подачи материала отличается следующими особенностями: применяется не формализованный, а содержательный уровень изложения аксиоматической теории; в ссылках на определения или теоремы из главы 2 указывается соответствующий параграф. Сокращения основных терминов приняты такие же, как и в 2.2.

5.1. Показатели и методы определения их значений

Определение 1. Метод измерения (МИ): метод (способ) определения значения показателя q_i ¹. МИ может быть: эвристическим (экспертным или социологическим), экспериментальным (инструментальным или прямого счета), аналитическим (математическое моделирование), документальным или некоторой комбинацией этих четырех методов.

Определение 2. Измерительные средства (ИС): такие однородные объекты $\Omega_1^{\text{од}}$, $\Omega_2^{\text{од}}$, $\Omega_3^{\text{од}}$, ..., которыми в рамках определенного МИ измеряют показатель Q_i .

Аксиома 1. Все показатели Q_i измеримы хотя бы одним из МИ.

¹ Здесь для упрощения упоминается только абсолютный показатель q_i , хотя все относящиеся к нему рассуждения являются справедливыми и для других величин, определяемых экспертным методом, например для коэффициентов весомости G_i и относительных показателей K_i .

Определение 3. Однократное измерение (ОИ): такое измерение (И) показателя Q_i , которое осуществляется одним МИ, одним ИС, один раз.

Множественное измерение (МнИ): такое И показателя Q_i , которое осуществляется одним МИ, одним ИС, t раз ($t = \overline{1, p}$; $p > 1$).

Разное измерение (РИ): такое И показателя Q_i , которое осуществляется одним МИ, j -м количеством ИС ($j = \overline{1, N}$; $N > 1$), один раз.

Множественное разное измерение (МнРИ): такое И показателя Q_i , которое осуществляется одним МИ, j -ми ИС, t раз.

Определение 4. Опытное значение q_{ijt} : значение показателя Q_i , полученное при его измерении (ОИ, МнИ, РИ или МнРИ).

Аксиома 2. Для каждого показателя Q_i его опытные значения q_{ijt} , вообще говоря, различны.

Определение 5. Численность значений L_i : максимально возможное количество неравных q_{ijt} (при данной величине разряда значений показателя δ_{q_i}).

Теорема 1. Численность значений L_i конечна.

Доказательство. Очевидно, что L_i может расти или за счет увеличения размаха шкалы (в которой измеряется Q_i), или за счет уменьшения величины δ_{q_i} . Рассмотрим каждую из этих возможностей:

- 1) рост L_i ограничен снизу, так как по О.17 (2.3) $q_i > 0$;
- 2) рост L_i ограничен сверху, так как по О.17 (2.3) q_i — ограниченное число;
- 3) рост L_i за счет уменьшения δ_{q_i} также ограничен, так как для любых МИ и ИС величина δ_{q_i} в данный момент всегда ограничена снизу. Таким образом, при любом способе увеличения значения L_i оно будет оставаться конечным, ч. т. д.

Определение 6. Множество значений \dot{U}_i : совокупность q_{ijt} , численностью равная L_i .

Теорема 2. Не существует q_{ijt} , не входящих в \dot{U}_i .

Доказательство. Предположим, что существует $(L_i + 1)$ -е значение показателя Q_i , не входящее в \dot{U}_i . Но тогда $\{q_{ijt}\} : |\{q_{ijt}\}| = L_i$ уже не есть множество значений, так как по О.5 и О.6 L_i должно быть максимально большим (для данных q_{ijt}) числом, что при принятом предположении не выполняется (так как $L_i < L_i + 1$). Значит, принятое допущение неверно, ч. т. д.

Определение 7. Истинное значение q_i^{nc} : такой элемент из множества значений \dot{U}_i , который наиболее точно (т. е. с наименьшей погрешностью) отражает объективную действительность (применительно к показателю Q_i).

Теорема 3. Для каждого Q_i существует q_i^{nc} .

Определение 8. Моментный индивидуальный показатель Q_{ijt}^{nn} : показатель i -го свойства, относящийся к j -му индивидууму ($j = \overline{1, N_i}$), в момент t ($t = \overline{1, p}$).

Моментное индивидуальное квантильное значение q_{ijtr}^{nn} : значение из некоторого распределения значений, которое может принимать показатель Q_{ijt}^{nn} в один и тот же момент t ($r = \overline{1, r_i}$).

Определение 9. Субъективная ненормированная вероятность $p'(q_{ijtr}^{nn})$ моментного индивидуального распределенного значения q_{ijtr}^{nn} : выраженная в шкале $0 \div 1,00$ мера уверенности j -го индивидуума в том, что он правильно назначил величину q_{ijtr}^{nn} .

В литературе по экспертному методу (см., например, [116, с. 485; 92, с. 236]) справедливо отмечается, что эксперту легче давать не точечные, единственные оценки, а так называемые размытые оценки, представляющие собой некоторое распределение назначенных ими значений оценки, каждому из которых соответствует субъективная вероятность (т. е. субъективная уверенность эксперта в том, что данное значение оценки правильное).

Поскольку удобнее оперировать нормированными величинами вероятности, следующее определение и посвящено им.

Определение 10. Субъективная вероятность моментного индивидуального квантильного значения $p(q_{ijtr}^{nn})$:

$$p(q_{ijtr}^{nn}) \triangleq \frac{p'(q_{ijtr}^{nn})}{\sum_{r=1}^{r_i} p'(q_{ijtr}^{nn})}$$

Определение 11. Полигон субъективного распределения $\text{Pr}^{\text{суб}}$: график распределения величины q_{ijtr}^{nn} , где по оси абсцисс откладывается q_{ijtr}^{nn} , а по оси ординат — $p(q_{ijtr}^{nn})$.

Определение 12. Моментное индивидуальное значение q_{ijt}^{nn} : $q_{ijt}^{nn} \triangleq M(q_{ijtr}^{nn})$, где M — математическое ожидание.

Теорема 4. Для разных t ($t = \overline{1, p}$), вообще говоря,

$$q_{ijt}^{nn} \neq \text{const.}$$

Доказательство. $q_{ijt_1}^{nn}$ и $q_{ijt_2}^{nn}$ — результаты измерения Q_{ijt} , произведенного t раз с помощью (ИС) j . Значит, по О.3 $q_{ijt_1}^{nn}$ и $q_{ijt_2}^{nn}$ суть значения Q_{ijt} при МнРИ, т. е. по О.4 они опытные значения q_{ijt_1} и q_{ijt_2} , которые по А.2 различны, ч. т. д.

Определение 13. Индивидуальное значение q_{ij}^{nn} :

$$q_{ij}^{nn} \triangleq \frac{1}{p} \sum_{t=1}^p q_{ijt}^{nn}.$$

Моментное значение q_{it}^{nn} : $q_{it} \triangleq \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} q_{ijt}^{nn}$.

Индивидуальный показатель i -го свойства Q_{ij}^{nn} : такой показатель i -го свойства, значение которого равно q_{ij}^{nn} .

Аксиома 3. Для разных j, t, r , вообще говоря,

$$p(q_{ijtr}^{nn}) \neq \text{const} \neq 1 \quad (j = \overline{1, N_i}; t = \overline{1, p}; r = \overline{1, r_i}).$$

Следствие 1. Вероятность, с которой Q_{ij}^{nn} принимает значение q_{ijtr}^{nn} , вообще говоря, не равна 1.

Теорема 5. Q_{ij}^{nn} есть дискретная случайная величина.

Доказательство¹. Из Т.4 $\vdash Q_{ij}^{nn} = \mathring{A} \mid (\mathring{A} \neq \text{const}) \wedge \wedge (Q_{ij}^{nn} \overset{\leftarrow}{\rho}_{\text{ха}} \{q_{ijt}\})$. (а)

Из С.1. из А.3 $\vdash p(Q_{ij}^{nn} = q_{ijtr}^{nn}) \neq 1$. (б)

Из (а), (б) $\vdash Q_{ij}^{nn} = \mathring{A}$ сл. (в)

При доказательстве Т.4 было показано, что каждое q_{ij}^{nn} есть опытное значение, для которых по О.6 $\{q_{ij}^{nn}\} = \dot{U}_i$.

Из Т.1 $\vdash |\dot{U}_i| < a \quad (a > 0)$. (г)

По теории вероятностей величины, удовлетворяющие (в) и (г), прерывные (дискретные) случайные величины, ч. т. д.

Следствие 1. q_{ij}^{nn} — прерывная случайная величина.

Следствие 2. q_{it} — прерывная случайная величина.

Введенные основные понятия, касающиеся различных видов показателей и их значений, позволяют в следующем параграфе рассмотреть важный вопрос о связи и различии таких, например, понятий, как специалист и эксперт, и об основных принципах, регулирующих процесс отбора экспертов из числа специалистов.

¹ Здесь и далее символом \mathring{A} кодируется понятие «величина», а символом $\mathring{A}_{\text{сл}}$ — случайная величина.

5.2. Осведомленные, специалисты, эксперты

В 4.1 уже были даны определения некоторым ключевым для экспертного метода терминам, в том числе и термину «эксперт». В данном же параграфе определение этого термина будет уточнено на основе дедуктивно-аксиоматического подхода, т. е. с использованием ранее введенных определений. В дальнейшем будут также уточнены и другие термины — «экспертный метод», «экспертиза», «экспертный опрос», «экспертная группа» и т. д.

Определение 14. Осведомленные b_{ij}^{oc} : это индивидуумы, располагающие некоторой информацией об измеряемом показателе Q_i .

Определение 15. Множество осведомленных B_{ij}^{oc} : это совокупность осведомленных $B_i^{oc} = \{b_{ij}^{oc}\}$.

Аксиома 4. По каждому измеряемому показателю Q_i всегда существует хотя бы один осведомленный b_{ij}^{oc} .

Теорема 6. Для разных j ($j = \overline{1, N_i}$), вообще говоря, $q_{ij}^{nn} \neq \text{const}$.

Доказательство. $\{q_{ij}^{nn}, j = \overline{1, N_i}\}$ — результаты измерений с помощью j -х ИС. Тогда по О.3 $\{q_{ij}^{nn}\}$ — значения Q_{ij}^{nn} , полученные в РИ. Значит, по О.4 — это опытные значения, которые по А.2, вообще говоря, различны, т. е. не равны const , ч. т. д.

Теорема 7. Q_{ij}^{nn} — случайная прерывная величина, $i = \overline{1, 2, \dots}; j = \overline{1, N_i}$.

Доказательство. По Т.6 Q_{ij}^{nn} — переменная величина, принимающая различные значения q_{ij}^{nn} . Но по С.1 из А.3 $p(Q_{ij}^{nn} = q_{ijr}^{nn}) \neq 1$. Значит, $Q_{ij}^{nn} = \dot{A}_{сл}$. Вместе с тем при доказательстве Т.6 было показано, что q_{ij}^{nn} есть опытное значение, причем по О.6 $\{q_{ij}^{nn}\} = \dot{U}_i$. По Т.1 $(L_i \xrightarrow{\rho} \dot{U}_i) \wedge (L_i < a, a > 0)$. Значит, $\dot{A}_{сл} = Q_{ij}^{nn}$ — прерывная случайная величина, ч. т. д.

Следствие 1. q_{ij}^{nn} — случайная прерывная величина.

Определение 16. Множество индивидуальных значений U_i^{oc} : множество таких q_{ij}^{nn} , каждое из которых соответствует осведомленному из множества осведомленных (т. е. $U_i^{oc} \triangleq \{q_{ij}^{nn}\}$).

Определение 17. Абсолютная индивидуальная погрешность Δq_{ij}^{nn} : модуль разности $|q_i^{nc} - q_{ij}^{nn}|$. Моментная

абсолютная индивидуальная погрешность Δq_{ijt}^{nn} : модуль разности $|q_i^{nc} - q_{ijt}^{nn}|$.

Иногда вместо термина «погрешность» применяют близкий термин «ошибка» [80, с. 25].

Определение 18. Относительная индивидуальная погрешность ε_{ij}^{nn} : $\varepsilon_{ij}^{nn} = \frac{\Delta q_{ijt}^{nn}}{q_i^{nc}}$.

Теорема 8. Для разных j величины ε_{ij}^{nn} , вообще говоря, различны.

Доказательство. Из С.1 из Т.3 $\vdash (\forall i) q_i^{nc} = \text{const}$. Из Т.6 следует, что для разных j q_{ijt}^{nn} различно, т. е. q_{ijt}^{nn} — переменная величина. Значит, по О.17 Δq_{ijt}^{nn} — переменная величина, а по О.18 ε_{ij}^{nn} — тоже переменная величина, т. е. ε_{ij}^{nn} различно для разных j , ч. т. д.

Определение 19. Множество относительных индивидуальных погрешностей $U_i^{oc-\varepsilon}$: совокупность относительных индивидуальных погрешностей $U_i^{oc-\varepsilon} \triangleq \{\varepsilon_{ij}^{nn}, j = \overline{1, N_i}\}$, которая находится во взаимно-однозначном соответствии с множеством осведомленных B_i^{oc} .

Теорема 9. На множестве $U_i^{oc-\varepsilon}$ между ε_{ij}^{nn} существуют отношения «>», «<», «=».

Доказательство¹. Из Т. 8 $\vdash \exists \rho : \rho \simeq (\text{«}=\text{»})$, так как различие величины ε_{ij}^{nn} существует не строго во всех случаях, а только «вообще говоря» (т. е. допускаются исключения, когда существует только отношение типа «=»). Возможность существования $\rho \simeq (\text{«} > \text{»}) \vee (\text{«} < \text{»})$ тоже вытекает из Т.8, так как из двух различных величин ε_{ij}^{nn} и $\varepsilon_{ij'}^{nn}$ в соответствии с общепринятой трактовкой понятия «величина» одна всегда больше, чем другая, ч. т. д.

Теорема 10. Все осведомленные $B_i^{oc} = \{b_{ij}^{oc}, j = \overline{1, N_i}, i = 1, 2, \dots\}$ могут быть нестрого проранжированы в порядке возрастания их относительной индивидуальной погрешности ε_{ij}^{nn} .

Доказательство. По А.4 $B_i^{oc} \neq \emptyset, |B_i^{oc}| = 2$. Тогда по Т.9 один из них имеет меньшую ε_{ij}^{nn} , чем другой. Значит, он может быть поставлен в ранжировке первым, а другой — вторым. По методу математической индукции справедливость этого вывода может быть

¹ Вероятно, эту теорему можно было бы трактовать и как следствие из Т. 4 и О. 19 (глава 2). Но здесь она приводится для облегчения понимания дальнейшего материала.

распространена на любое, сверх 2, количество b_{ij}^{oc} (а также на частный случай, когда $|B_i^{oc}| = 1$), ч. т. д.¹

Определение 20. Критическая относительная погрешность $\epsilon_i^{кр}$: такая максимальная величина ϵ_{ij}^{nn} , что при $\epsilon_{ij}^{nn} < \epsilon_i^{кр}$ считается, что q_{ij}^{nn} достаточно достоверно отражает q_i^{nc} .

Определение 21. Специалист $b_{ij}^{сп}$: осведомленный b_{ij}^{oc} , для которого выполняется условие $\epsilon_{ij}^{nn} < \epsilon_i^{кр}$.

На практике осведомленного считают специалистом обычно лишь на основе эвристических соображений контактирующих с ним других специалистов. При этом выполнение условия $\epsilon_{ij}^{nn} < \epsilon_i^{кр}$, разумеется, специально не проверяется, но обязательно подразумевается. Однако нет каких-либо принципиальных препятствий для проверки этого условия, например, с помощью тестов.

Аксиома 5. По каждому измеряемому показателю Q_i существует хотя бы один специалист $b_{ij}^{сп}$.

Определение 22. Экспертный метод (ЭМ): метод измерения, который позволяет находить значения q_{it} , используя знания и интуицию специалиста и не обязательно проведя эксперименты или расчеты.

Теорема 11. Любой показатель Q_i может быть измерен экспертным методом.

Доказательство. Из О.21 $\vdash \forall b_{ij}^{сп} \exists \epsilon_{ij}^{nn} | \epsilon_{ij}^{nn} < \epsilon_i^{кр}$. (а)

Из (а), О.17 и О.18 $\vdash \forall b_{ij}^{сп} \exists q_{ijt}^{nn}$. (б)

По О.12 q_{ijt}^{nn} есть значение, принимаемое Q_{ijt}^{nn} . (в)

По О.17 (2.3) нахождение q_{ijt}^{nn} есть измерение Q_{ijt}^{nn} . (г)

Из (б), (в), (г) $\vdash \forall Q_{ijt}^{nn}$ существует измерение (И), такое, что И выполняется специалистом. (д)

По А.5 $(\forall i) \exists b_{ij}^{сп} | \{b_{ij}^{сп}\} \neq \emptyset$. (е)

Из (д), (е) и О.22 вытекает, что привлечение $b_{ij}^{сп}$ для определения q_{ijt}^{nn} является примером использования ЭМ. (ж)

Но по О.17 (2.3) нахождение q_{ijt}^{nn} есть измерение Q_{ijt}^{nn} . (з)

Из (ж), (з) $\vdash \forall Q_i \exists И | \overline{Ир_{ха}}$ ЭМ, ч. т. д.

Определение 23. Экспертиза \mathcal{E}_3 : процесс измерения показателя экспертным методом.

¹ Не трудно распространить этот вывод и на случай, учитывающий равенство относительных погрешностей.

Теорема 12. Каждый специалист b_{ij}^{cp} обладает свойствами¹.

Доказательство. Из O.21 $\vdash (\forall j) b_{ij}^{cp} \simeq b_{ij}^{oc}$. (а)

Из O.14 $\vdash (\forall j) (b_{ij}^{oc}) \simeq L_{ij}^{nn}$. (б)

Из (а), (б) $\vdash (\forall j) b_{ij}^{cp} \simeq L_{ij}^{nn}$. (в)

Из (в) и O.8 (2.2) $\vdash (\forall j) b_{ij}^{cp} = \Omega_j$. (г)

Из Т.3 (2.2) $\vdash \{x_{ij} | x_{ij} \rho_{об} \Omega_j\} \neq \emptyset$. (д)

Из (г), (д) $\vdash (\forall j) b_{ij}^{cp} \xrightarrow{\rho_{об}} X_j (X_j \neq \emptyset)$, ч. т. д.

Определение 24. Информированность α'_i : свойство специалиста в ходе экспертизы располагать информацией, необходимой для измерения показателя Q_{it} .

Показатель информированности $Q_{\alpha'_{ij}}$: показатель такого свойства, которое является информированностью.

Определение 25. Уверенность α''_i : свойство специалиста в ходе экспертизы назначать значения q_{ijtr}^{nn} с малой величиной дисперсии $D(q_{ijtr}^{nn})$.

Показатель уверенности $Q_{\alpha''_{ij}}$: такая функция $Q_{\alpha''_{ij}} = f\{D(q_{ijtr}^{nn})\}$, что f_2 — монотонно убывающая функция.

Определение 26. Компетентность α_i : свойство специалиста в ходе экспертизы обладать информированностью α'_i и уверенностью α''_i .

Показатель компетентности $Q_{\alpha_{ij}}$: такая функция $Q_{\alpha_{ij}} \triangleq f_3(Q_{\alpha'_{ij}}, Q_{\alpha''_{ij}})$, что f_3 монотонно возрастает по каждому аргументу.

Определение 27. Объективность β_i : свойство специалиста в ходе экспертизы выражать свое истинное мнение о q_{ijtr}^{nn} . Показатель объективности $Q_{\beta_{ij}}$: показатель такого свойства, которое является объективностью.

Определение 28. Деловитость γ : свойство специалиста в ходе экспертизы успевать выполнять порученную ему работу.

Показатель деловитости Q_{γ_j} : показатель такого свойства, которое является деловитостью.

Определение 29. Заинтересованность δ : свойство специалиста хотеть участвовать в экспертизе.

¹ Подразумевается, что потребность в проведении экспертизы существует.

Показатель заинтересованности Q_{δ_j} ! показатель такого свойства, которое является заинтересованностью.

Теорема 13. Для каждого специалиста $b_j^{сн}$ могут быть найдены значения показателей его свойств $q_{\alpha'_{ij}}, q_{\alpha''_{ij}},$

$$q_{\alpha_{ij}}, q_{\beta_{ij}}, q_{\gamma_j}, q_{\delta_j}.$$

Доказательство. Из О.24÷О.29 и Т.12 $\vdash \forall b_{ij}^{сн} \exists (\alpha'_i, \alpha''_i, \alpha_i, \beta_i, \gamma, \delta).$ (а)

Из (а) и О.16 (2.2) $\vdash \forall b_{ij}^{сн} \exists Q_j^{сн} | Q_j^{сн} = \{Q_{\alpha'_{ij}}, Q_{\alpha''_{ij}}, \dots, Q_{\delta_j}\}.$ (б)

Из А.1 $\vdash \forall Q_i \exists \text{МИ}.$ (в)

Из (б), (в) $\vdash \forall (Q | Q \in Q_j^{сн}) \exists \text{МИ, ч. т. д.}$

Определение 30. Критические значения показателей свойств специалиста $q_{\alpha'_i}^{кр}, q_{\alpha''_i}^{кр}, q_{\alpha_i}^{кр}, q_{\beta_i}^{кр}, q_{\gamma}^{кр}, q_{\delta}^{кр}$: это такие минимальные значения $Q_{\alpha'_{ij}}, Q_{\alpha''_{ij}}, Q_{\alpha_{ij}}, Q_{\beta_{ij}}, Q_{\gamma_j}, Q_{\delta_j}$, что при $q_{\alpha'_{ij}} > q_{\alpha'_i}^{кр}; q_{\alpha''_{ij}} > q_{\alpha''_i}^{кр}; q_{\alpha_{ij}} > q_{\alpha_i}^{кр}; q_{\beta_{ij}} > q_{\beta_i}^{кр}; q_{\gamma_j} > q_{\gamma}^{кр}; q_{\delta_j} > q_{\delta}^{кр}$ специалист считается по i -му оцениваемому показателю пригодным для участия в экспертизе.

Определение 31. Потенциальный эксперт b_{ij}^n : специалист, для всех свойств $\alpha'_i, \beta_i, \gamma, \delta$ которого выполняются условия: $q_{\alpha'_{ij}} > q_{\alpha'_i}^{кр}; q_{\beta_{ij}} > q_{\beta_i}^{кр}; q_{\gamma_j} > q_{\gamma}^{кр}; q_{\delta_j} > q_{\delta}^{кр}.$

Определение 32. Частная генеральная совокупность потенциальных экспертов B_i^0 : множество всех потенциальных экспертов (по i -му измеряемому показателю Q_i), т. е. $B_i^0 \triangleq \{b_{ij}^n\}, j = \overline{1, N_i^0}.$

Аксиома 6. По каждому измеряемому показателю Q_i имеется хотя бы один потенциальный эксперт.

Определение 33. Эксперт b_{ij} : потенциальный эксперт b_{ij}^n , отобранный для участия в экспертизе.

Определение 34. Экспертная подгруппа B_i : множество всех экспертов, т. е. $B_i \triangleq \{b_{ij}\}, j = \overline{1, N_i}; N_i \leq N_i^0.$

Таким образом, суть этого параграфа может быть кратко выражена утверждениями:

1) из множества индивидуумов нужно выделить подмножество осведомленных, из которого должно быть выделено подмножество специалистов;

2) в свою очередь, из множества специалистов требуется выделить подмножество потенциальных экспертов, отбор которых (в нужном количестве) превращает потенциальных экспертов в экспертов и позволяет сформировать экспертную подгруппу (являющуюся подмножеством множества потенциальных экспертов).

Принципы формирования экспертной подгруппы будут рассмотрены в 5.4. Но прежде попытаемся выяснить, правомерно ли проводимое на практике усреднение индивидуальных экспертных оценок, которое не имеет под собой достаточно строгого теоретического обоснования?

5.3. Индивидуальные и коллективные экспертные оценки

Для того чтобы установить взаимосвязь между коллективной и индивидуальной экспертной оценками (иначе говоря, установить допустимые математические операции, с помощью которых на основе индивидуальных оценок вычисляется коллективная экспертная оценка), необходимо прежде всего проанализировать ключевой для этой проблемы вопрос о погрешностях экспертных оценок.

Определение 35. Применительно к потенциальному эксперту или эксперту считается:

Индивидуальная экспертная оценка $q_{ij} \triangleq q_{ij}^{nn}$. Абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки $\Delta q_{ij} \triangleq \Delta q_{ij}^{nn}$.

Относительная погрешность $\varepsilon_{ij} \triangleq \varepsilon_{ij}^{nn}$. Моментный индивидуальный показатель экспертной оценки $Q_{ijt} \triangleq Q_{ijt}^{nn}$. Моментная индивидуальная распределенная экспертная оценка $q_{ijtr} \triangleq q_{ijtr}^{nn}$. Субъективная ненормированная вероятность моментной индивидуальной распределенной экспертной оценки $p'(q_{ijtr}) \triangleq p'(q_{ijtr}^{nn})$. Субъективная вероятность моментной индивидуальной распределенной экспертной оценки $p(q_{ijtr}) \triangleq p(q_{ijtr}^{nn})$. Полигон субъективного распределения экспертной оценки $\Pi_g \triangleq \Pi_g^{суб}$. Моментная индивидуальная экспертная оценка $q_{ijt} \triangleq q_{ijt}^{nn}$. Моментная генеральная экспертная оценка

$$q_{it}^0 \triangleq \frac{1}{N_i^0} \sum_{j=1}^{N_i^0} q_{ijt} \simeq M(q_{ijt}), \quad j = \overline{1, N_i^0}, \quad t = \overline{1, p}.$$

Моментная абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки $\Delta q_{ijt} \triangleq \Delta q_{ijt}^{ин}$.

Определение 36. Абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки по компетентности $\Delta q_{ij}^{(1)}$: доля (составляющая) Δq_{ij} , вызванная недостаточной компетентностью эксперта. Абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки по объективности $\Delta q_{ij}^{(2)}$: доля Δq_{ij} , вызванная недостаточной объективностью эксперта.

Определение 37. Экспертный опрос (ЭО): выявление в ходе экспертизы полигона субъективного распределения экспертной оценки.

Аксиома 7. $\Delta q_{ij} = \Delta q_{ij}^{(1)} \pm \Delta q_{ij}^{(2)}$. Отметим, что здесь (и в дальнейшем) погрешности, вызванные аномальными (грубыми) ошибками, не рассматриваются и не учитываются.

Определение 38. Относительная погрешность индивидуальной экспертной оценки по компетентности $\varepsilon_{ij}^{(1)}$: $\varepsilon_{ij}^{(1)} = \frac{\Delta q_{ij}^{(1)}}{q_i^{ис}}$. Относительная погрешность индивидуальной

экспертной оценки по объективности $\varepsilon_{ij}^{(2)}$: $\varepsilon_{ij}^{(2)} = \frac{\Delta q_{ij}^{(2)}}{q_i^{ис}}$.

Определение 39. Критическая относительная погрешность экспертной оценки по компетентности $\varepsilon_i^{кр(1)}$: такая максимальная величина $\varepsilon_{ij}^{(1)}$, что при выполнении условия $\varepsilon_{ij}^{(1)} < \varepsilon_i^{кр(1)}$ эксперт считается достаточно компетентным в отношении i -го показателя. Критическая относительная погрешность экспертной оценки по объективности $\varepsilon_i^{кр(2)}$: такая максимальная величина $\varepsilon_{ij}^{(2)}$, что при выполнении условия $\varepsilon_{ij}^{(2)} < \varepsilon_i^{кр(2)}$ эксперт считается достаточно объективным в отношении i -го показателя*.

Определение 40. Случайная абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки $\Delta q_{ijt}^{сл}$: доля (составляющая) Δq_{ijt} , вызванная случайной ошибкой эксперта. Моментная случайная абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки $\Delta q_{ijt}^{сл}$: доля Δq_{ijt} , вызванная случайной погрешностью эксперта. Систематическая абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки $\Delta q_{ijt}^{сн}$: доля Δq_{ijt} , вызванная систематической погрешностью

* Определения 38 и 39 необходимы не сами по себе, а для того, чтобы ввести определения 62 и 63.

эксперта. Моментная систематическая абсолютная погрешность индивидуальной экспертной оценки Δq_{ijt}^{cn} : доля Δq_{ijt} , вызванная систематической погрешностью эксперта.

Аксиома 8. $\Delta q_{ijt} = \Delta q_{ijt}^{cn} \pm q_{ijt}^{cn}$, причем для некоторых j возможно $\Delta q_{ijt}^{cn} = 0$.

Следствие 1. $\Delta q_{ij} = \Delta q_{ij}^{cn} \pm \Delta q_{ij}^{cn}$, причем для некоторых j возможно $\Delta q_{ij}^{cn} = 0$.

Определение 41. Показатель моментной систематической абсолютной погрешности индивидуальной экспертной оценки ΔQ_{ijt}^{cn} : показатель того свойства, значением показателя которого является величина Δq_{ijt}^{cn} .

Аксиома 9. Для всей совокупности экспертов b_{ij} , входящих в экспертную подгруппу $B_i = (j = \overline{1, N_i})$, справедливо условие: $p(\Delta Q_{ijt}^{cn} = \Delta q_{ijt}^{cn}) = p(\Delta Q_{ijt}^{cn} = -\Delta q_{ijt}^{cn}) \neq 1$.

Аксиома 10. Для всей совокупности экспертов b_{ij} , входящих в экспертную подгруппу $B_i (j = \overline{1, N_i})$, справедливо условие: $p(\Delta Q_{ijt}^{cn} = \Delta q_{ijt}^{cn}) > p(\Delta Q_{ijt}^{cn} = \Delta q_{ijt}^{cn} + \alpha)$, $\alpha > 0$.

Отметим, что аксиомы 9 и 10 являются интерпретацией (применительно к использованию экспертного метода оценки качества) двух известных аксиом, на которые опирается теория случайных погрешностей.

Следствие 1. Для всей совокупности экспертов b_{ij} , входящих в экспертную подгруппу B_i , при $j = \overline{1, N_i}$ и $N_i \rightarrow \infty$, ΔQ_{ijt}^{cn} есть случайная величина с математическим ожиданием $M(\Delta Q_{ijt}^{cn}) \rightarrow 0$.

Следствие 2. Для всей совокупности экспертов b_{ij} , входящих в экспертную подгруппу B_i , при $j = \overline{1, N_i}$ и $N_i \rightarrow \infty$, Δq_{ijt}^{cn} есть случайная величина с математическим ожиданием $M(\Delta q_{ijt}^{cn}) \rightarrow 0$.

Следствие 3. Для всей совокупности экспертов b_{ij} , входящих в экспертную подгруппу B_i , при $j = \overline{1, N_i}$ и $N_i \rightarrow \infty$ Δq_{ij}^{cn} есть случайная величина с математическим ожиданием $M(\Delta q_{ij}^{cn}) \rightarrow 0$.

Определение 42. Генеральная совокупность моментных индивидуальных экспертных оценок по i -му показателю свойства U_i^0 :

$$U_i^0 \triangleq \{q_{ijt}, j = \overline{1, N_i}, t = \overline{1, p}\}.$$

Определение 43. Выборочная совокупность моментных индивидуальных экспертных оценок по i -му показателю свойства U_i :

$$U_i \triangleq \{q_{ijt}, j = \overline{1, N_i}, N_i < N_i^0, t = \overline{1, p}\}.$$

Лемма 1. $U_i \subset U_i^0$.

Доказательство. Вытекает из О.42 и О.43.

Лемма 2. Попадание q_{ijt} из U_i^0 в U_i происходит случайным образом, $i = 1, 2, \dots$

Доказательство. В терминах математической статистики при-
сущую каждому эксперту b_{ij} (или потенциальному эксперту b_{ij}^n) со-
вокупность $r_{ij} = \{q_{ijt}, j = \text{const}, t = \overline{1, p}\}$ можно трактовать как одну
из непересекающихся серий, на которые разбиты U_i^0 и U_i , т. е.

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(U_i^0 = \bigcup_{j=1}^{N_i^0} r_{ij} \right) \wedge \left(U_i^0 = \bigcap_{j=1}^{N_i^0} r_{ij} = \emptyset \right) \\ \left(U_i = \bigcup_{j=1}^{N_i} r_{ij} \right) \wedge \left(U_i = \bigcap_{j=1}^{N_i} r_{ij} = \emptyset \right), \end{array} \right.$$

причем часть серий r_{ij} отбирается из U_i^0 в U_i .

Каждую серию r_{ij} можно рассматривать как t -мерную $\dot{A}_{\text{св}}(t = \overline{1, p})$,
имеющую p значений, причем обычно $p \gg 1$. Вместе с тем в практике
проведения экспертиз из всего потенциально возможного для каждой
 $\dot{A}_{\text{св}} \simeq r_{ij}$ числа p , как правило, реализуется $p_1 \ll 4$ значений (наиболь-
шее часто $p_1 = 1-2$). Значит $p_1 \ll p$. Таким образом, независимо от
того, случайным или неслучайным образом был отобран эксперт b_{ij}
из B_i^0 в B_i (т. е. отобрана $\dot{A}_{\text{св}} \simeq r_{ij}$), любое из p_1 ее значений
 q_{ijt} ($t = \overline{1, p_1}$), проявляющееся в ходе экспертного опроса (т. е. попа-
дающее в выборку U_i), будет случайным, так как априори невозможно
указать, какие именно из всех p случайных величин q_{ijt} назовет экс-
перт b_{ij} при экспертном опросе, ч. т. д.

Аксиома 11. Случайные величины q_{ijt} независимы в со-
вокупности.

Следствие 1. Случайные величины q_{ij} независимы
в совокупности.

Теорема 14. Множество моментных индивидуальных
экспертных оценок $U_i = \{q_{ijt}, j = \overline{1, N_i}\}$ есть случайная
серийная выборка из бесконечной генеральной совокуп-
ности U_i^0 .

Доказательство. 1. По Л.1 $U_t \subset U_i^0$. Отсюда следует, что U_t есть выборка из U_i^0 . 2. По Л.2 q_{ijt} случайным образом попадает из U_i^0 в U_t . Значит, с учетом п. 1 U_t есть случайная выборка из U_i^0 .

3. По А. 11 $p \left(\prod_{t=1}^p (q_{ijt} \in U_t) \right) = \prod_{t=1}^p p (q_{ijt} \in U_t)$. Отсюда с учетом п. 1,2 следует, что U_t — случайная выборка из U_i^0 , состоящая из независимых элементов.

$$4. |r_{ij} = \{q_{ijt} | q_{ijt} \xleftarrow{\text{ха}} b_{ij} : b_{ij} \in B_i^0, j = \text{const}, t = \overline{1, p}\}.$$

$$\text{Из О.32, О.33 } \vdash B_i^0 = \bigcup_{j=1}^{N_i^0} b_{ij}. \quad (\text{а})$$

$$\text{Кроме того, очевидно } B_i^0 = \bigcap_{j=1}^{N_i^0} b_{ij} = \emptyset. \quad (\text{б})$$

$$\text{Из (а), (б) и О.42 } \vdash \left(U_i^0 = \bigcup_{j=1}^{N_i^0} q_{ij} \right) \wedge \left(U_i^0 = \bigcap_{j=1}^{N_i^0} q_{ij} = \emptyset \right). \quad (\text{в})$$

$$\text{Аналогично легко показать, что } \left[\left(B_i = \bigcup_{j=1}^{N_i} b_{ij} \right) \wedge \left(B_i = \bigcap_{j=1}^{N_i} b_{ij} = \emptyset \right) \right] \rightarrow \left[\left(U_i = \bigcup_{j=1}^{N_i} q_{ij} \right) \wedge \left(U_i = \bigcap_{j=1}^{N_i} q_{ij} = \emptyset \right) \right]. \quad (\text{г})$$

Из (в), (г) и (а) следует, что каждый элемент r_{ij} можно трактовать как не пересекающуюся серию, на которые разбиты U_i^0 и U_t . С учетом пп. 1—3 из этого следует, что U_t есть случайная серийная выборка из U_i^0 (превращающаяся в случайную неповторную выборку при $(\forall i) p = 1$). 5. В каждом $r_{ij} = \{q_{ijt}, t = \overline{1, p}\} \subset U_i^0$ величину p принципиально можно увеличивать как угодно долго (т. е. проводить сколько угодно повторных t -х опросов j -го эксперта b_{ij}). Поэтому по принятой в математической статистике терминологии r_{ij} можно условно считать бесконечным. Значит, бесконечным может считаться и U_i^0 . С учетом пп. 1—4 из этого следует, что U_t есть случайная серийная выборка из бесконечной генеральной совокупности U_i^0 , ч. т. д.

Следствие 1. Задача нахождения требуемой численности N_i экспертной подгруппы есть статистическая задача определения объема выборки из генеральной совокупности.

Отметим принципиально важное значение теоремы 14 и особенно следствия 1 из нее. Ведь именно на основе этого следствия оказалось возможным найти достаточно общий подход к априорному определению требуемой численности экспертной подгруппы (см. 4.3).

Определение 44. Коллективная экспертная оценка (или просто экспертная оценка) q^3 : средняя арифметическая всех индивидуальных экспертных оценок q_{ij} ($j = \overline{1, N_i}$) в пределах экспертной подгруппы B_i^* .

Полученный материал позволяет рассмотреть вопрос о принципах формирования экспертной подгруппы.

5.4. Формирование экспертной подгруппы

Определение 45. Воздействие: влияние, оказываемое одним объектом на другой.

Определение 46. Ограничивающий объект $\Omega^{ог}$: объект, оказывающий данное воздействие.

Аксиома 12. Для каждого объекта существует по крайней мере один ограничивающий объект.

Определение 47. Ситуация экспертной оценки (СЭ): это совокупность ограничивающих экспертизу объектов.

Теорема 15. Для любой экспертизы всегда существует ситуация экспертной оценки (СЭ).

Доказательство. Из О.23 следует, что экспертиза — это процесс. (а)

Из О.8 (2.2) следует, что процесс есть объект. (б)

Из (а), (б) $\vdash \exists \Omega_i \rightarrow \exists \{\Omega_i^{ог}\} \mid \{\Omega_i^{ог}\} \neq \emptyset$ (по А.12) $\rightarrow \exists (СЭ)_i$ (по О.47), ч. т. д.

Определение 48. Абсолютная погрешность оценки Δq_i : $\Delta q_i \triangleq |q_i^3 - q_i^{nc}|$, $i = 1, 2, \dots$

Определение 49. Относительная погрешность оценки ε_i : $\varepsilon_i = \frac{\Delta q_i}{\Delta q_i^{nc}}$, $i = 1, 2, \dots$

Определение 50. Допустимая относительная погрешность оценки $\varepsilon_i^{доп}$: задаваемая по ситуации экспертной оценки максимально допустимая величина относительной погрешности любой экспертной оценки.

Теорема 16. Пусть σ_q — среднее квадратическое отклонение экспертной оценки q_i^3 , а $\delta_{q_i^3}$ — величина разряда значения оцениваемого экспертным методом показателя свойства. Тогда необходимо соблюдать условие: $\delta_{q_i^3} \leq \leq 0,5\sigma_q$.

* Вероятно, можно построить и более общую (но и более сложную) аксиоматику, основанную не на средней арифметической, а на более общей функции свертки.

Доказательство. Как известно [59, с. 72], при $\delta_{q_i} \ll 0,5\sigma_q$ относительная погрешность вычисления σ_q (вызванная слишком большой величиной разряда δ_{q_i}), не превышает 1%. Поэтому целесообразно при обработке экспертных оценок соблюдать условие $\delta_{q_i} \ll 0,5\sigma_q$, ч. т. д.

Определение 51. Надежность оценки $p(q_i^3)$: доверительная вероятность, с которой определяется q_i^3 при условии, что $\varepsilon_i \leq \varepsilon_i^{\text{доп}}$.

Определение 52. Требуемая надежность оценки $p^{\text{ТР}}(q_i^3)$: задаваемая по ситуации экспертной оценки минимально допустимая величина надежности любой экспертной оценки q_i^3 .

Определение 53. Показатель затраты средств $C_{\text{СР}}$: показатель расхода средств на проведение экспертизы.

Определение 54. Допустимая затрата средств $C_{\text{СР}}^{\text{доп}}$: максимально допустимое по ситуации экспертной оценки значение показателя затраты средств $C_{\text{СР}}$.

Определение 55. Показатель затраты труда $C_{\text{ТР}}$: показатель расхода труда на проведение экспертизы.

Определение 56. Допустимые затраты труда $C_{\text{ТР}}^{\text{доп}}$: максимально допустимое по ситуации экспертной оценки значение показателя затраты труда $C_{\text{ТР}}$.

Определение 57. Показатель затраты времени $C_{\text{ВР}}$: показатель расхода времени на проведение экспертизы.

Определение 58. Допустимые затраты времени $C_{\text{ВР}}^{\text{доп}}$: максимально допустимые по ситуации экспертной оценки значения показателя затраты времени $C_{\text{ВР}}$.

Определение 59. Объем экспертизы n : количество показателей Q_i , которые должны измеряться в ходе экспертизы.

Определение 60. Генеральная совокупность экспертов B^0 : множество, включающее в свой состав по всему объему экспертизы n все частные генеральные совокупности потенциальных экспертов B_i^0 , причем, вообще говоря, один эксперт может входить больше, чем в одну частную генеральную совокупность B_i^0 .

Определение 61. Экспертная группа B : множество, включающее в свой состав по всему объему экспертизы все экспертные подгруппы B_i , причем, вообще говоря, один эксперт может входить больше, чем в одну экспертную подгруппу.

Обратим внимание на следующее обстоятельство. Ранее (например, в 4.3.) для простоты употреблялся термин «экспертная группа», хотя фактически речь шла об экспертной подгруппе. Экспертная подгруппа совпадает с экспертной группой тогда, когда, например, по всем группам свойств, входящих в дерево, используются одни и те же эксперты. В противном же случае для разных групп свойств могут формироваться разные экспертные подгруппы, совокупность которых в рамках данной экспертизы и образует экспертную группу.

Теорема 17. Пусть N — численность экспертной группы. Тогда $N \leq \sum_{i=1}^n N_i$, $i = 1, 2, \dots$

Доказательство.

Из 0.61 $\vdash \exists B_i \mid \bigcap_{i=1}^n B_i \neq \emptyset \Rightarrow (\exists b_{ij} \mid b_{ij} \in B_{i'} \wedge b_{ij} \in B_{i''}, i, i', i'' = \overline{1, n}; i' \neq i'') \Rightarrow N < \sum_{i=1}^n N_i$. (а)

В противном случае $\exists B_i \mid \bigcap_{i=1}^n B_i \neq \emptyset \Rightarrow \neg \exists b_{ij} \mid b_{ij} \subset B_{i'} \wedge b_{ij} \in B_{i''} \Rightarrow N = \sum_{i=1}^n N_i$, $j = \overline{1, N_i}$. (б)

Из (а), (б) $\vdash N \leq \sum_{i=1}^n N_i$, ч. т. д.

Аксиома 13. Численность членов экспертной группы N и экспертных подгрупп N_i зависит от величин $\varepsilon^{тр}$, $\rho^{тр}(q_i^3)$, $C_{ср}^{доп}$, $C_{тр}^{доп}$, $C_{вр}^{доп}$, n .

Определение 62. Показатель компетентности $Q_{\alpha_{ij}}$: такая функция $Q_{\alpha_{ij}} = f_1(\varepsilon_{ij}^{(1)})$, что:

- 1) для любых j при $\varepsilon_{i1}^{(1)} > \varepsilon_{i2}^{(1)}$ $q_{\alpha_{i1}} < q_{\alpha_{i2}}$;
- 2) при $\varepsilon_{ij}^{(1)} < \varepsilon_i^{кр(1)}$ $Q_{\alpha_{ij}} > q_{\alpha_i}^{кр}$;
- 3) при $\varepsilon_{ij}^{(1)} \geq \varepsilon_i^{кр(1)}$ $Q_{\alpha_{ij}} = q_{\alpha_i}^{кр}$;
- 4) при $\varepsilon_{ij}^{(1)} = 0$ $Q_{\alpha_{ij}} = \max = 1$;
- 5) в интервале $0 \div \varepsilon_i^{кр(1)}$ функция f_1 линейная.

Определение 63. Показатель объективности $Q_{\beta_{ij}}$: такая функция $Q_{\beta_{ij}} = f_2(\varepsilon_{ij}^{(2)})$, что:

- 1) для любых j при $\varepsilon_{i1}^{(2)} > \varepsilon_{i2}^{(2)}$ $q_{\beta_{i1}} < q_{\beta_{i2}}$;

- 2) при $\varepsilon_{ij}^{(2)} < \varepsilon_i^{кр(2)}$ $Q_{\beta_{ij}} > q_{\beta_i}^{кр}$;
- 3) при $\varepsilon_{ij}^{(2)} \geq \varepsilon_i^{кр(2)}$ $Q_{\beta_{ij}} = q_{\beta_i}^{кр}$;
- 4) при $\varepsilon_{ij}^{(2)} = 0$ $Q_{\beta_{ij}} = \max = 1$;

5) в интервале $0 \div \varepsilon_i^{кр(2)}$ функция f_2 линейная.

Определения 62 и 63 являются конкретизацией определений 26 и 27.

Определение 64. Показатель экспертной достоверности $Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$: такая функция $Q_{(\alpha\beta)_{ij}} \triangleq f_3(Q_{\alpha_{ij}}, Q_{\beta_{ij}})$, что:

1) $Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$ монотонно возрастает по каждому аргументу;

2) $0 \leq Q_{(\alpha\beta)_{ij}} \leq c = \text{const}$.

Определение 65. Показатель качества эксперта $Q_{\varepsilon_{ij}}$: такая функция $Q_{\varepsilon_{ij}} \triangleq f(Q_{\alpha_{ij}}, Q_{\beta_{ij}}, Q_{\gamma_j}, Q_{\delta_j})$, что f монотонно возрастает по каждому аргументу.

Определение 66. Кандидаты в экспертную подгруппу B'_i : совокупность потенциальных экспертов $B'_i = \{b_{ij}^n, j = \overline{1, N'_i}, N'_i \geq N_i\}$, отобранных из частной генеральной совокупности потенциальных экспертов B_i^0 экспертным или каким-либо другим методом.

Определение 67. Оценка качества потенциальных экспертов (ОЭ): процесс измерения $Q_{\varepsilon_{ij}}$ для всех N'_i кандидатов в экспертную подгруппу.

Определение 68. Ранжировка потенциальных экспертов (РЭ): монотонно убывающая по значению $Q_{\varepsilon_{ij}}$ последовательность всех N'_i кандидатов в экспертную подгруппу B'_i .

Определение 69. Отбор экспертов: процесс отбора из N'_i кандидатов в экспертную подгруппу первых N_i членов ранжировки потенциальных экспертов (РЭ). (Существуют такие ситуации экспертной оценки, что приходится сразу осуществлять отбор экспертов из совокупности специалистов, минуя стадию отбора потенциальных экспертов.)

Выше было показано, что коллективная экспертная оценка определяется на основе усреднения индивидуальных оценок. Однако представляется разумным считать, что при определении коллективной оценки нужно каким-то образом учитывать различия в значениях показателей некоторых свойств, характеризующие эксперта, например его компетентность и объективность.

5.5. Переход от индивидуальных к коллективной экспертной оценке

Теорема 18. Существует такое постоянное, не зависящее от N_i^0 число $d > 0$, что математическое ожидание $M(q_{ijt}^2) < d$.

Доказательство. Из О.17 (2.3) $\vdash (\forall i) q_i = \dot{A} \mid (\dot{A} > 0) \wedge \wedge (\dot{A} < c \mid c = \text{const})$. (а)

Из (а), О.8 и О.12 $\vdash \{q_{ijt}^{hh}\} \subset \{q_i\}_i \rightarrow \{\{q_{ijt}\}\} \subset \{q_i\}_i$ по О.35] $\rightarrow (\forall i) (\forall j) (\forall t) q_{ijt} = \dot{A} \mid (\dot{A} > 0) \wedge (\dot{A} < c \mid c = \text{const}) \rightarrow (\forall i, j, t) q_{ijt}^2 = \dot{A} \mid (\dot{A} > 0) \wedge (\dot{A} < d \mid d = \text{const})$. (б)

Из О.35 и С.1 из Т.7 $\vdash q_{ijt} = \dot{A}_{\text{сл}}$. (в)
Из (б), (в) $\vdash M(q_{ijt}^2) < d, (d > 0 \wedge d = \text{const})$, ч. т. д.

Теорема 19. Пусть $q_{it} = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} q_{ijt}}{N_i}$. Тогда q_{it} есть состоятельная несмещенная оценка $q_i^{hc}, i = 1, 2, \dots; j = \overline{1, N_i}; t = \overline{1, p}$.

Доказательство. По А.11 q_{ijt} независимы в совокупности U , а значит, и попарно независимы. По Т.18 $M(q_{ijt}^2) < d (d = \text{const})$. Тогда в соответствии с теоремой Чебышева имеем

$$p \left\{ -\varepsilon < \frac{\sum_{j=1}^{N_i} q_{ijt}}{N_i} - \frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(q_{ijt})}{N_i} < +\varepsilon \right\} > 1 - \eta,$$

где N_i — достаточно большое число; ε и η — наперед заданные произвольно малые положительные числа.

Из О.17, О.35 $\vdash \Delta q_{ijt} = q_i^{hc} \pm q_{ijt} \rightarrow q_{ijt} = q_i^{hc} \pm \Delta q_{ijt} \Leftrightarrow q_i^{hc} \pm \pm \Delta q_{ijt}^{сл} \pm \Delta q_{ijt}^{ch}$ (по А.8). (а)

Из С.1 из Т.7 $\vdash q_{ijt} \simeq \dot{A}_{\text{сл}}$. (б)

Из (а), (б) $\vdash M(q_{ijt}) = q_i^{hc} \pm M(\Delta q_{ijt}^{сл}) \pm M(\Delta q_{ijt}^{ch})$ (по известной теореме о свойствах математического ожидания). (в)

Возьмем среднюю арифметическую для обеих частей (в):

$$\frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(q_{ijt})}{N_i} = q_i^{hc} \pm \frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(\Delta q_{ijt}^{сл})}{N_i} \pm \frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(\Delta q_{ijt}^{ch})}{N_i}. \quad (г)$$

Рассмотрим второй член в (г):

Из О.40 $\vdash \Delta q_{ijt}^{сл} \simeq \dot{A}_{\text{сл}} \mid M(\dot{A}_{\text{сл}}) \rightarrow 0$ при достаточно большом N_i .

Значит, и $\sum_{j=1}^{N_i} M(\Delta q_{ijt}^{ch}) \rightarrow 0$ при $N_i \rightarrow \infty$. (д)

Рассмотрим третий член в (г):

Из О.40 $\vdash \Delta q_{ijt}^{cn} = \text{const}$ для каждого отдельного эксперта b_{ij} . Значит,

$(\forall b_{ij} | j = \text{const}) M(\Delta q_{ijt}^{cn}) = \Delta q_{ijt}^{cn} = \text{const}$.

Но по С.2 из А.10 $M(\Delta q_{ijt}^{cn}) \rightarrow 0$ при $j = \overline{1, N_i}, N_i \rightarrow \infty$. Значит, и

$$\frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(\Delta q_{ijt}^{cn})}{N_i} \rightarrow 0 \text{ при } N_i \rightarrow \infty. \quad (\text{е})$$

$$\text{Из (г), (д), (е)} \vdash \left(\frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(q_{ijt})}{N_i} \rightarrow q_i^{nc} \text{ при } N_i \rightarrow \infty \right) \rightarrow \frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(q_{ijt})}{N_i} \approx \approx q_{it} \approx q_i^{nc} \text{ (по О.35)}. \quad (\text{ж})$$

При достаточно большом N_i по теореме Чебышева имеем

$$\frac{\sum_{j=1}^{N_i} q_{ijt}}{N_i} \approx \frac{\sum_{j=1}^{N_i} M(q_{ijt})}{N_i}. \quad (\text{з})$$

$$\text{Из (ж), (з)} \vdash \frac{\sum_{j=1}^{N_i} q_{ijt}}{N_i} \approx q_i^{nc} \approx q_{it} \approx q_{it}^0 \text{ при достаточно большом } N_i,$$

т. е. q_{it} есть состоятельная и несмещенная оценка q_i^{nc} , ч. т. д.

Следствие 1. $q_i^0 = q_{it} \approx q_i^{nc}, i = \overline{1, n}; t = \overline{1, p}$.

Следствие 2. q_{it} есть наилучшая несмещенная (в смысле Маркова) оценка q_i^{nc} .

Доказательство. Как известно, q_{it} есть наилучшая несмещенная оценка q_{it}^0 , а значит, и q_i^{nc} , поскольку по Т.19 $q_{it}^0 \approx q_i^{nc}$.

Лемма 3. Если $y = f(x)$ и $z = \varphi(y)$ — монотонные функции, то функция $z = \varphi[f(x)] = F(x)$ будет:

1) монотонно возрастающей, если f и φ одновременно обе или возрастающие, или убывающие функции;

2) монотонно убывающей, если одна из двух функций f и φ убывающая, а другая — возрастающая.

Доказательство. Так же, как и в главе 2, закодируем возрастающую функцию символом $f \uparrow$, а убывающую — символом $f \downarrow$.

1. $\uparrow f \approx f \uparrow \wedge \varphi \approx f \uparrow$. Пусть аргумент x растет. Тогда в интервале определения будет расти и y . Но, принимая y за аргумент, получаем, что монотонно возрастать в интервале определения будет и z . Значит, $z = F(x) | F \approx f \uparrow$, ч. т. д.

2. $\uparrow f \approx f \uparrow \wedge \varphi \approx f \downarrow$. Пусть x возрастает. Значит, растет и y . Приняв y за аргумент и учитывая, что $\varphi \approx f \downarrow$, заключаем, что с возрастанием y (а значит, и с возрастанием x) функция z убывает. Значит $z \approx f \downarrow$, ч. т. д.

Аналогичным образом несложно доказать лемму применительно к двум остальным случаям, когда $f \asymp f \downarrow \wedge \Phi \asymp f \downarrow$ и $f \asymp f \downarrow \wedge \Phi \asymp f \uparrow$.

Лемма 4. $M(q_{ij}) \simeq q_i^{\text{nc}}$, $j = \overline{1, N_i}$; $i = \overline{1, n}$.

Доказательство. По С.1 из Т.7 и О.35 $q_{ij} \asymp \hat{A}_{\text{сл}}$ (дискретная), причем по О.17 и О.35 $q_{ij} = q_i^{\text{nc}} \pm \Delta q_{ij}$. (а)

Возьмем математическое ожидание от обеих частей равенства в (а): $M(q_{ij}) = q_i^{\text{nc}} \pm M(\Delta q_{ij})$, $j = \overline{1, N_i}$. (б)

Из (б) и С.1 из А.8 $\vdash M(q_{ij}) = q_i^{\text{nc}} \pm M(\Delta q_{ij}^{\text{сл}}) \pm M(\Delta q_{ij}^{\text{сн}})$. (в)

Но по О.40 $M(\Delta q_{ij}^{\text{сл}}) \rightarrow 0$ при $j = \overline{1, N_i}$ и $N_i \rightarrow \infty$. (г)

А по С.1 из А.10 $M(\Delta q_{ij}^{\text{сн}}) \rightarrow 0$ при $j = \overline{1, N_i}$ и $N_i \rightarrow \infty$. (д)

Из (в), (г), (д) $\vdash (M(q_{ij}) \rightarrow q_i^{\text{nc}} \text{ при } j = \overline{1, N_i} \text{ и } N_i \rightarrow \infty) \rightarrow M(q_{ij}) \approx q_i^{\text{nc}}$, ч. т. д.

Теорема 20. Пусть ε_i удовлетворяет определению 49, а $D(q_{ij})$ — дисперсия. Тогда $\varepsilon_i = \Phi_1[D(q_{ij})] \mid \Phi_1 \asymp f \uparrow$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, N_i}$.

Доказательство. Из О.18, О.35 $\vdash \varepsilon_{ij} = \frac{|q_{ij} - q_i^{\text{nc}}|}{q_i^{\text{nc}}} \rightarrow$

$$\rightarrow \varepsilon_{ij} q_i^{\text{nc}} = |q_{ij} - q_i^{\text{nc}}| \rightarrow \varepsilon_{ij}^2 (q_i^{\text{nc}})^2 = |q_{ij} - q_i^{\text{nc}}|^2. \quad (\text{а})$$

Из Л.4 $\vdash q_i^{\text{nc}} \approx M(q_{ij})$. (б)

Из (а), (б) $\vdash \varepsilon_{ij}^2 (q_i^{\text{nc}})^2 \approx |q_{ij} - M(q_{ij})|^2 \rightarrow M[\varepsilon_{ij}^2 (q_i^{\text{nc}})^2] \approx M|q_{ij} - M(q_{ij})|^2 = D(q_{ij}) \rightarrow (q_i^{\text{nc}})^2 M(\varepsilon_{ij})^2 \approx D(q_{ij}) \rightarrow M(\varepsilon_{ij})^2 \approx D(q_{ij}) / (q_i^{\text{nc}})^2$. (в)

Но, как известно, $M(\varepsilon_{ij}) \approx \frac{\sum_{j=1}^{N_i} \varepsilon_{ij}}{N_i}$. (г)

Из (в), (г) $\vdash \left(\frac{\sum_{j=1}^{N_i} \varepsilon_{ij}}{N_i} \right)^2 \approx \frac{D(q_{ij})}{(q_i^{\text{nc}})^2}$. (д)

Но $\varepsilon_{ij} = \frac{|q_{ij} - q_i^{\text{nc}}|}{q_i^{\text{nc}}} = \left| \frac{q_{ij}}{q_i^{\text{nc}}} - 1 \right|$. (е)

Усредним обе части уравнения в (е) по j :

$$\frac{\sum_{j=1}^{N_i} \varepsilon_{ij}}{N_i} = \left| \frac{\sum_{j=1}^{N_i} q_{ij}}{N_i q_i^{\text{nc}}} - 1 \right|. \quad (\text{ж})$$

Но по О.44 $\frac{\sum_{i=1}^{N_i} q_{ij}}{N_i} = q_i^{\circ}$ (з)

Из (ж), (з) $\left| \frac{\sum_{i=1}^{N_i} q_{ij}}{N_i q_i^{nc}} - 1 \right| = \frac{|q_i^{\circ} - q_i^{nc}|}{q_i^{nc}} = \varepsilon_i$ (по О.49). (и)

Из (ж), (и) $\frac{\sum_{i=1}^{N_i} \varepsilon_{ij}}{N_i} = \varepsilon_i$. (к)

Из (г), (к) $M(\varepsilon_{ij}) = M(\varepsilon_i) \approx \varepsilon_i$. (л)

Из (в), (л) $\varepsilon_i^2 \approx \frac{D(q_{ij})}{(q_i^{nc})^2} \rightarrow \varepsilon_i \approx \frac{1}{q_i^{nc}} \sqrt{D(q_{ij})} \rightarrow \varepsilon_i \approx \Phi_1[D(q_{ij})] | \Phi_1 \simeq$

$\simeq f \uparrow$, ч. т. д.

Теорема 21. Пусть ε_i удовлетворяет определению 49. Тогда $\varepsilon_i = \Phi_2[D(q_i^{\circ})] | \Phi_2 \simeq f \uparrow$, $i = \overline{1, n}$.

Доказательство. По О.44 $q_i^{\circ} = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} q_{ij}}{N_i} \rightarrow D(q_i^{\circ}) =$
 $= D\left(\frac{\sum_{i=1}^{N_i} q_{ij}}{N_i}\right) \rightarrow D(q_i^{\circ}) = \frac{1}{N_i^2} D\left(\sum_{i=1}^{N_i} q_{ij}\right) \rightarrow \sum_{i=1}^{N_i} D(q_{ij}) = N_i^2 D(q_i^{\circ}) \rightarrow$
 $\rightarrow \sum_{i=1}^{N_i} D(q_{ij}) = f[D(q_i^{\circ})] | f \simeq f \uparrow \rightarrow D(q_{ij}) = \Phi_3[D(q_i^{\circ})]$, где Φ_3 —
 функция, обратная f и, значит, $\Phi_3 \simeq f \uparrow$. Тогда с учетом Т.20 имеем
 $\varepsilon_i = \Phi_1[\Phi_3(D(q_i^{\circ}))] = \Phi_2[D(q_i^{\circ})] | \Phi_2 = \Phi_1 \circ \Phi_3$, где \circ — суперпозиция функций.
 Так как $(\Phi_1 \simeq f \uparrow) \wedge (\Phi_3 \simeq f \uparrow) \rightarrow (\Phi_2 \simeq f \uparrow$ по Л.3) $\rightarrow \varepsilon_i =$
 $= \Phi_2[D(q_i^{\circ})] | \Phi_2 \simeq f \uparrow$, ч. т. д.

Теоремы 20 и 21 позволяют обосновать расчетные формулы, с помощью которых при вычислении коллективной экспертной оценки можно учесть показатели достоверности отдельных экспертов.

Теорема 22. Пусть $Q_{(\alpha\beta)ij}$ удовлетворяет определению 64. Тогда $D(q_{ij}) = f(Q_{(\alpha\beta)ij}) | f \simeq f \downarrow$.

Доказательство. Из 0.62 $\vdash Q_{\alpha_{ij}} = f_1(\varepsilon_{ij}^{(1)}) | f_1 \simeq f \downarrow$. (а)

$$\text{Из 0.38 } \vdash \varepsilon_{ij}^{(1)} = \frac{\Delta q_{ij}^{(1)}}{q_i^{\text{nc}}}. \quad (\text{б})$$

По С.1 из Т.3 $q_i^{\text{nc}} = \text{const}$. (в)

Из (б), (в) $\vdash \varepsilon_{ij}^{(1)} = f_2(\Delta q_{ij}^{(1)}) | f_2 \simeq f \uparrow$. (г)

Из (а), (г) $\vdash Q_{\alpha_{ij}} = f_1[f_2(\Delta q_{ij}^{(1)})] = f_3(\Delta q_{ij}^{(1)}) | f_3 = f_1 \circ f_2$. (д)

Из (д), (Л.3) $\vdash f_3 \simeq f \downarrow$. (е)

Из (д) $\vdash \Delta q_{ij}^{(1)} = \Phi_1(Q_{\alpha_{ij}}) | \Phi_1 \simeq f \downarrow$. (ж)

причем Φ_1 — функция, обратная f_3 .

Аналогично легко показать, что

$$\Delta q_{ij}^{(2)} = \Phi_2(Q_{\beta_{ij}}) | \Phi_2 \simeq f \downarrow. \quad (\text{з})$$

Из 0.17, 0.35 $\vdash q_{ij} = q_i^{\text{nc}} \pm \Delta q_{ij} \rightarrow [q_{ij} = q_i^{\text{nc}} \pm \Delta q_{ij}^{(1)} \pm \Delta q_{ij}^{(2)}$ (по

А.7)] $\rightarrow q_{ij} - q_i^{\text{nc}} = \pm (\Delta q_{ij}^{(1)} + \Delta q_{ij}^{(2)})$. (и)

По Л.4 $q_i^{\text{nc}} \approx M(q_{ij})$. (к)

Из (и), (к) $\vdash q_{ij} - M(q_{ij}) \approx \pm (\Delta q_{ij}^{(1)} + \Delta q_{ij}^{(2)})$. (л)

Возведем обе части уравнения (л) в квадрат и возьмем математическое ожидание: $M[q_{ij} - M(q_{ij})]^2 = D(q_{ij}) = M(\Delta q_{ij}^{(1)} + \Delta q_{ij}^{(2)})^2 \rightarrow$

$\rightarrow D(q_{ij}) = M[\Phi_1(Q_{\alpha_{ij}}) + \Phi_2(Q_{\beta_{ij}})]^2$, по (ж) и (з). (м)

Из 0.64 $\vdash Q_{(\alpha\beta)_{ij}} = \Phi_3(Q_{\alpha_{ij}}, Q_{\beta_{ij}}) | \Phi_3 \simeq f \uparrow$ по каждому аргументу. Тогда понятно, что $\exists [Q_{\alpha_{ij}} = \Phi_1^{(1)}(Q_{(\alpha\beta)_{ij}}) \wedge \exists Q_{\beta_{ij}} =$

$= \Phi_2^{(1)}(Q_{(\alpha\beta)_{ij}})] | (\Phi_1^{(1)} \wedge \Phi_2^{(1)})$ — функции, обратные Φ_3 . Значит,

$\Phi_1^{(1)} \simeq f \uparrow \wedge \Phi_2^{(1)} \simeq f \uparrow$ (по Л.3).

Из (м), (н) $\vdash D(q_{ij}) = M[\Phi_1(\Phi_1^{(1)}(Q_{(\alpha\beta)_{ij}})) + \Phi_2(\Phi_2^{(1)}(Q_{(\alpha\beta)_{ij}}))]^2 =$

$= M[f(Q_{(\alpha\beta)_{ij}})]^2$. (о)

Так как $(\Phi_1^{(1)}, \Phi_2^{(1)} \simeq f \uparrow \wedge \Phi_1, \Phi_2 \simeq f \downarrow) \rightarrow \Phi_1^{(2)}, \Phi_2^{(2)} \simeq f \downarrow$ по аргументу $Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$ (по Л.3). (п)

Из (о), (п) $\vdash f \simeq f \downarrow$. (р)

Но $(\forall b_{ij}) Q_{(\alpha\beta)_{ij}} = \text{const}$. (с)

Из (о), (р), (с) $\vdash D(q_{ij}) = M[f(Q_{(\alpha\beta)_{ij}})]^2 = [f_1(Q_{(\alpha\beta)_{ij}})]^2 = f(Q_{(\alpha\beta)_{ij}})$.

(т)

Из $f_1 \simeq f \downarrow \rightarrow f \simeq f \downarrow$. (у)

Из (т), (у) $\vdash D(q_{ij}) = f(Q_{(\alpha\beta)_{ij}}) | f \simeq f \downarrow$, ч. т. д.

Следствие 1. ε_i есть монотонно убывающая функция от $Q_{(\alpha\beta)ij}$.

Доказательство. Непосредственно следует из Т.20 и Т.22.

Теорема 23. Пусть $g_{ij} = f [Q_{(\alpha\beta)ij}]$ — некоторый коэффициент весомости, такой, что $q_i^{\circ} = \sum_{j=1}^{N_i} q_{ij} g_{ij}$. Тогда существует такой вектор $\bar{G} = (g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{iN_i})$, который обеспечивает выполнение условия $\varepsilon_i \rightarrow \min$, $i = \bar{1}, n$, $j = \bar{1}, N_i$.

Доказательство. Величины $\{q_{ij}\}$ можно рассматривать как неравноточные результаты наблюдений одного и того же показателя Q_i , т. е. можно считать, что в соответствии с С.1 из А.11 q_{ij} — независимые величины, для которых, по Л.4, $M(q_{ij}) = \text{const}$ ($j = \bar{1}, N_i$) и $D(q_{ij}) = \sigma_{ij}^2$, причем $\sigma_{ik} \neq \sigma_{il}$ ($j = 1, \dots, k, \dots, l, \dots, N_i; k \neq l$). Как известно, для таких величин справедливо [59]:

$$D(q_i^{\circ}) = \min \text{ при } q_i^{\circ} = \sum_{j=1}^{N_i} q_{ij} g_{ij}, \quad (1)$$

$$\text{где } g_{ij} = \frac{g'_{ij}}{\sum_{j=1}^{N_i} g'_{ij}} \quad (2)$$

$$\text{и } g'_{ij} = \frac{K}{D(q_{ij})}, \text{ причем } K = \text{const}. \quad (3)$$

С учетом Т.21 это означает $\varepsilon_i = \min$ при выполнении условий (1)–(3).

Покажем, что g_{ij} не зависит от K . Выразив g_{ij} через K и $D(q_{ij})$ и сократив K в числителе и знаменателе, получим

$$g_{ij} = \frac{1}{D(q_{ij}) \sum_{j=1}^{N_i} \frac{1}{D(q_{ij})}}. \quad (3a)$$

Значит, можно принять $K = 1$ и тогда

$$g'_{ij} = \frac{1}{D(q_{ij})}.$$

По Т.22 $D(q_{ij}) = f [Q_{(\alpha\beta)ij}] f \simeq f \downarrow$. Определим выражение для f .

По О.38 $\varepsilon_{ij}^{(1)} = \frac{\Delta q_{ij}^{(1)}}{q_i^{\text{нс}}}$ при $q_i^{\text{нс}} = \text{const}$. Или $\varepsilon_{ij}^{(1)} = f_2(\Delta q_{ij}^{(1)})$, где f_2 —

линейная функция. Тогда $\varepsilon_{ij}^{(1)} = b_1 \Delta q_{ij}^{(1)}$, где $b_1 = \frac{1}{q_i^{\text{нс}}} > 0$. Но

по О.62 $Q_{\alpha_{ij}} = f_1(\varepsilon_{ij}^{(1)})$, причем в интервале изменения аргумента $0 \leq \varepsilon_i^{\text{кр}} \leq (1)$ функция f_1 линейная вида $Q_{\alpha_{ij}} = 1 - a_1 \varepsilon_{ij}^{(1)}$, $a_1 = \text{const}$, $a_1 > 0$. Тогда $Q_{\alpha_{ij}} = 1 - c_1 \Delta q_{ij}^{(1)}$, где $C_1 = a_1 b_1 > 0$. Решая уравнение относительно $\Delta q_{ij}^{(1)}$, получаем $\Delta q_{ij}^{(1)} = c - c Q_{\alpha_{ij}}$, где $c = \frac{1}{c_1} > 0$. (4)

Аналогично легко показать, что $\Delta q_{ij}^{(2)} = d - d Q_{\beta_{ij}}$, где $d > 0$. (5)

По О.64 $Q_{(\alpha\beta)_{ij}} = f(Q_{\alpha_{ij}}, Q_{\beta_{ij}}) \mid f \sim f \uparrow$.
Примем $Q_{(\alpha\beta)_{ij}} = g_{\alpha_i} Q_{\alpha_{ij}} + g_{\beta_i} Q_{\beta_{ij}}$, (5a)

причем $g_{\alpha_i} + g_{\beta_i} = 1$ и $0 < g_{\alpha_i} < 1$; $0 < g_{\beta_i} < 1$.

Откуда $Q_{\alpha_{ij}} = \frac{Q_{(\alpha\beta)_{ij}} - Q_{\beta_{ij}} g_{\beta_i}}{g_{\alpha_i}}$, (6)

$$Q_{\beta_{ij}} = \frac{Q_{(\alpha\beta)_{ij}} - Q_{\alpha_{ij}} g_{\alpha_i}}{g_{\beta_i}}. \quad (7)$$

По промежуточному выводу из Т.22

$$D(q_{ij}) = M[\Delta q_{ij}^{(1)} + \Delta q_{ij}^{(2)}]^2. \quad (8)$$

Обозначим $\Delta q_{ij}^{(1)} + \Delta q_{ij}^{(2)} = w$. С учетом (4)–(7) и проводя необходимые преобразования, имеем

$$w = c(1 - Q_{\alpha_{ij}}) + d(1 - Q_{\beta_{ij}}).$$

С учетом (8) $D(q_{ij}) = M(w)^2 = M[c(1 - Q_{\alpha_{ij}}) + d(1 - Q_{\beta_{ij}})]^2$ и

с учетом (3a) $q'_{ij} = \frac{1}{[c(1 - Q_{\alpha_{ij}}) + d(1 - Q_{\beta_{ij}})]^2}$, так как для каждого j -го эксперта $Q_{\alpha_{ij}}$ и $Q_{\beta_{ij}} = \text{const}$ и $c, d = \text{const}$.

Поскольку $D(q_{ij})$ не зависит от g_{α_i} и g_{β_i} , целесообразно в первом приближении принять $g_{\alpha_i} = g_{\beta_i} = 0,5$. Тогда по (5a) $Q_{(\alpha\beta)_{ij}} = 0,5Q_{\alpha_{ij}} + 0,5Q_{\beta_{ij}} \rightarrow Q_{\alpha_{ij}} + Q_{\beta_{ij}} = 2Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$. Рассмотрим частный случай: $c = d$. Тогда $w = [c(1 - Q_{\alpha_{ij}}) + c(1 - Q_{\beta_{ij}})] = 2c[1 - Q_{(\alpha\beta)_{ij}}]$. С учетом (8) получаем

$$D(q_{ij}) = M(w)^2 = w^2 = 4c^2(1 - Q_{(\alpha\beta)_{ij}})^2,$$

так как для каждого эксперта $w = \text{const}$.

Откуда $q^1_{ij} = \frac{1}{K_1(1 - Q_{(\alpha\beta)_{ij}})^2}$,

где $K_1 = 4c^2 = \text{const}$.

Покажем, что g_{ij} не зависит от K_1 . Выразим g_{ij} через g'_{ij} , сократив K_1 в числителе и знаменателе:

$$g_{ij} = \frac{1}{(1 - Q_{(\alpha\beta)_{ij}})^2 \sum_{j=1}^{N_i} \frac{1}{(1 - Q_{(\alpha\beta)_{ij}})^2}}. \quad (9)$$

Значит, могут быть найдены такие $g_{ij} = f[Q_{(\alpha\beta)ij}]$, что $\varepsilon_i = \min$ при

$$q_i^{\circ} = \sum_{j=1}^{N_i} q_{ij} g_{ij}, \text{ ч. т. д.}$$

Расчетная формула (9) позволяет вычислять коллективную экспертную оценку с учетом показателя достоверности эксперта $Q_{(\alpha\beta)ij}$.

В последнем параграфе этой главы рассмотрим вопрос о тех принципах, на которые нужно опираться, решая задачу об определении требуемого количества туров экспертного опроса.

5.6. Количество туров опроса

Определение 70. Максимальная информированность $\alpha_i^{\prime-\max}$: такая информированность, которая необходима для того, чтобы эксперт назначал $q_{ijt} = q_i^{\text{нс}}$.

Определение 71. Максимальное значение показателя информированности $q_{\alpha_i^{\prime-\max}}$: значение, принимаемое показателем $Q_{\alpha_i^{(j)}}$ при $\alpha_i^{(j)} = \alpha_i^{\prime-\max}$.

Определение 72. Дефицит информированности эксперта $\Delta q_{\alpha_{ij}^{\prime}}$:

$$\Delta q_{\alpha_{ij}^{\prime}} \triangleq q_{\alpha_i^{\prime-\max}} - q_{\alpha_{ij}^{\prime}}, \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, N_i}.$$

Аксиома 14. Для разных j -х экспертов, вообще говоря, значение показателя информированности $q_{\alpha_{ij}^{\prime}}$ не является постоянной величиной.

Следствие 1. Не все j -е эксперты, вообще говоря, имеют максимальную информированность.

Следствие 2. Для разных j -х экспертов, вообще говоря, дефицит информированности не является постоянной величиной.

Определение 73. Процедура опроса (ПО): процесс опроса экспертов, удовлетворяющий определенному алгоритму.

Определение 74. Информизирующее воздействие (ИВ): такое воздействие на эксперта процедуры опроса, которое приводит к увеличению значения показателя информированности за счет повышения информированности α_{ij}^{\prime} .

Определение 75. Конформизм $K\phi$: свойство эксперта

изменять свою величину q_{ijt} из-за желания не отличаться от остальных членов экспертной подгруппы.

Определение 76. Конформирующее воздействие (КВ): такое воздействие на эксперта процедуры опроса, которое приводит к уменьшению значения показателя объективности $q_{\beta_{ij}}$ за счет конформизма.

Определение 77. Обмен информацией (ОИ): такое свойство процедуры опроса, которое заключается в доведении до эксперта информации о величинах q_{ijt} (назначенных другими экспертами) и обосновании этих величин.

Аксиома 15. Обмен информацией может оказать на некоторых экспертов конформирующее воздействие.

Аксиома 16. Обмен информацией в разных процедурах опроса различен.

Следствие 1. Конформирующее воздействие разных процедур опроса различно.

Определение 78. Тур опроса (ТО): однократное проведение экспертного опроса, сопровождаемое обменом информацией.

Определение 79. Моментное значение показателя информированности эксперта $q_{\alpha'_{ijt}}$: значение показателя информированности $Q_{\alpha'_{ij}}$ после t -го тура опроса.

Определение 80. Моментное значение показателя объективности эксперта $q_{\beta_{ijt}}$: значение показателя объективности $Q_{\beta_{ij}}$ после t -го тура опроса.

Определение 81. Моментное значение показателя достоверности эксперта $q_{(\alpha\beta)_{ijt}}$: значение показателя $Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$ после t -го тура опроса.

Определение 82. Моментный дефицит информированности эксперта $\Delta q_{\alpha'_{ijt} - \max}$: дефицит информированности эксперта после t -го тура опроса.

Определение 83. Эффект тура опроса по информированности $\Delta q_{\alpha'_{ijt}}$: $\Delta q_{\alpha'_{ijt}} \triangleq q_{\alpha'_{ij(t+1)}} - q_{\alpha'_{ijt}}$.

Определение 84. Эффект тура опроса по достоверности $\Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}}$: $\Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}} \triangleq q_{(\alpha\beta)_{ij(t+1)}} - q_{(\alpha\beta)_{ijt}}$.

Теорема 24. Обмен информацией во время опроса, вообще говоря, изменяет величину относительной погрешности коллективной экспертной оценки ϵ_1 .

Доказательство. По О.77 ОИ есть то свойство ПО, которое повышает α'_i . Значит, по О.24 и О.74 ОИ оказывает ИВ, т. е.

увеличивает значение $Q_{\alpha'_{ij}}$. Но по О.26 увеличение $Q_{\alpha'_{ij}}$ увеличивает и $Q_{\alpha_{ij}}$, что по О.64 увеличивает $Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$ и по С.1 из Т.22 уменьшает (т. е. изменяет) ϵ_i .

По А.15 ОИ может оказать КВ, т. е. по О.76 привести к понижению величины $Q_{\beta_{ij}}$, а значит, по О.27 и О.64 и величины $Q_{\alpha\beta_{ij}}$, что в соответствии с С.1 из Т.22 уменьшает (изменяет) ϵ_i . Поскольку ИВ и КВ оказывают на ϵ_i противоположное влияние, указать априори, будет ϵ_i увеличиваться или уменьшаться, нельзя, а можно только утверждать, что ϵ_i , вообще говоря, меняется, ч. т. д.

Следствие 1. Пусть $Q_{\beta_{ij}}$ — неубывающая функция.

Тогда $Q_{\alpha\beta_{ij}} = f(Q_{\alpha_{ij}})$, где f — монотонная неубывающая функция.

Следствие 2. Процедуры опроса по степени влияния на величину ϵ_i , вообще говоря, различны.

Следствие 3. Если не учитывать затраты средств, труда и времени, то нужно выбирать такую процедуру опроса, при которой обмен информацией приводит к повышению значения $Q_{(\alpha\beta)_{ij}}$, т. е. к понижению относительной погрешности ϵ_i .

Следствие 4. $q_{\alpha'_{ijt}} \leq q_{\alpha_{ij}(t+\eta)}$ и $q_{\beta_{ijt}} \neq q_{\beta_{ij}(t+\eta)}$, $\eta > 0$.

Аксиома 17. Для любого эксперта $q_{\alpha'_{ij}} \leq q_{\alpha'_{i-\max}}$.

Следствие 1. $\Delta q_{\alpha'_{i-\max}} \geq 0$, $i = \overline{1, n}$.

Теорема 25. $\Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = f(t)$, где f — монотонная функция (МФ).

Доказательство. Обозначим монотонные невозрастающую и неубывающую функции символами $f \uparrow$ и $f \downarrow$. По О.84 $\Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = q_{(\alpha\beta)_{ij}(t+1)} - q_{(\alpha\beta)_{ijt}}$. Но по О.64 $q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = \Phi_3(q_{\alpha_{ij}}, q_{\beta_{ij}}) \Leftrightarrow \Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = \Phi_3(q_{\alpha_{ijt}}, q_{\beta_{ijt}})$.

Однако по С.4 из Т.24 $q_{\alpha'_{ijt}} = f_1(t)$ и $q_{\beta_{ijt}} = f_2(t)$, где $f_1, f_2 \simeq f \downarrow$. Тогда $q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = \Phi_3[f_1(t), f_2(t)] = \Phi_4(t)$, где $\Phi_4 \simeq f \downarrow$. Или $\Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = \Phi_4(t + \eta) - \Phi_4(t) \Leftrightarrow \Delta q_{(\alpha\beta)_{ijt}} = f(t) | f$ монотонная, ч. т. д.

Теорема 26. $\Delta q_{\alpha'_{ijt}} \rightarrow 0$ при $t \rightarrow t_m$, $t_m \leq \eta$.

Доказательство. Пусть перед ЭО (т. е. в момент $t = 0$) $q_{\alpha'_{ijt}} = q_{\alpha'_{ij0}}$, а после $ТО_1$ стало $q_{\alpha'_{ij1}}$. По О.78 во время $(ТО)_1$ произошел ОИ. Принимая разумное предположение, что ПО выбрана правильно, на основании С.3 из Т.24 заключаем, что значение $Q_{\alpha'_{ijt}}$ повысилось. Пусть это повышение составит $\Delta q_{\alpha'_{ij1}} = q_{\alpha'_{ij1}} - q_{\alpha'_{ij0}}$. Аналогично

после $(\text{TO})_2$ и $(\text{TO})_3$ имеем: $\Delta q_{\alpha'_{ij2}} = q_{\alpha'_{ij2}} - q_{\alpha'_{ij1}}$ и $\Delta q_{\alpha'_{ij3}} = q_{\alpha'_{ij3}} - q_{\alpha'_{ij2}}$ и т. д.

Рассмотрим числовой ряд:

$$\Delta q_{\alpha'_{ij1}}, \Delta q_{\alpha'_{ij2}}, \Delta q_{\alpha'_{ij3}}, \dots, \Delta q_{\alpha'_{ij t}} \dots \quad (\text{a})$$

Докажем, что ряд (а) сходящийся.

Возьмем частичные суммы S ряда:

$$S_1 = \Delta q_{\alpha'_{ij1}} = q_{\alpha'_{ij1}} - q_{\alpha'_{ij0}}; \quad S_2 = \Delta q_{\alpha'_{ij1}} + \Delta q_{\alpha'_{ij2}} = q_{\alpha'_{ij2}} - q_{\alpha'_{ij0}}; \\ S_3 = q_{\alpha'_{ij3}} - q_{\alpha'_{ij0}}. \quad S_t = q_{\alpha'_{ijt}} - q_{\alpha'_{ij0}} \quad (t = \overline{1, p}). \quad (\text{б})$$

Рассмотрим ряд $S_1, S_2, S_3, \dots, S_t \dots$

$$\text{Покажем, что } \exists \left(\lim S_t = S \mid S = q_{\alpha'_i}^* - \max - q_{\alpha'_{ij0}}^* \right) \quad (\text{б}_1)$$

В самом деле, из А.17 $\vdash (\forall t) q_{\alpha'_{ijt}} \leq q_{\alpha'_i}^* - \max$. (в)

Из (б), (в) $\vdash S_t \leq q_{\alpha'_i}^* - \max - q_{\alpha'_{ij0}}^* \rightarrow \lim S_t = S = q_{\alpha'_i}^* - \max - q_{\alpha'_{ij0}}^* [(\forall t) (q_{\alpha'_i}^* - \max = \text{const} \wedge q_{\alpha'_{ij0}}^* = \text{const})]$. (г)

Как известно, выполнение условия (б₁) гарантирует сходимость ряда (а).

Тогда из (г) следует, что ряд (а) сходящийся. (д)

Из (д) вытекает, что предел последовательности (а) существует.

Очевидно, могут быть только два случая:

- 1) $\lim \Delta q_{\alpha'_{ijt}} > 0, t \rightarrow p$
- 2) $\lim \Delta q_{\alpha'_{ijt}} = 0, t \rightarrow p$.

Рассмотрим случай 1.

Пусть $\lim \Delta q_{\alpha'_{ijt}} = c \ (c > 0, c = \text{const})$. (е)

Заметим, что по О.83 $\Delta q_{\alpha'_{ijt}} = q_{\alpha'_{ij(t+1)}} - q_{\alpha'_{ijt}}$. (ж)

Предположим, что для $t = 0$ $\Delta q_{\alpha'_{ij0}}^* - \max = q_{\alpha'_i}^* - \max - q_{\alpha'_{ij0}}^* = c_0 \ (c_0 = \text{const})$. (з)

Покажем, что $\exists (t : t = t_m \mid t_m c > c_0)$. (и)

Предположим, что прибавка информированности после $(\text{TO})_t$ составит не $\Delta q_{\alpha'_{ij1}}$, а $\lim \Delta q_{\alpha'_{ijt}} = c \ (c \leq \Delta q_{\alpha'_{ij1}})$. Тогда $q_{\alpha'_{ij1}} = q_{\alpha'_{ij0}} + c$. После

$$(\text{TO})_2 \quad q_{\alpha'_{ij2}} = q_{\alpha'_{ij0}} + 2c.$$

Аналогично $q_{\alpha'_{ijt_m}} = q_{\alpha'_{ij0}} + t_m c$. (к)

Для $t = t_m$ из (з), О.72, О.82 $\vdash q_{\alpha'_i}^* - \max = c_0 + q_{\alpha'_{ij0}}^*$. (л)

Вычтем (л) из (к): $q_{\alpha'_{ijt_m}}^* - q_{\alpha'_i}^* - \max = t_m \left[\lim (q_{\alpha'_{ij(t+1)}}^* - q_{\alpha'_{ijt}}^*) \right] - q_{\alpha'_i}^* - \max + q_{\alpha'_{ij0}}^*$. (м)

Из С.4 из Т.24 $\vdash q_{\alpha'_{ij(t+1)}} \geq q_{\alpha'_{ijt}} \rightarrow c = \lim (q_{\alpha'_{ij(t+1)}} - q_{\alpha'_{ijt}}) \simeq \dot{A}_1 \mid \dot{A}_{1\text{Руд}} \text{ О.19 (2.2)}$. (н)

Из О.71 следует, что $q_{\alpha'_i}^* - \max$ является величиной (обозначим ее \dot{A}_2),

а это значит, что \hat{A}_2 удовлетворяет известной аксиоме Евдокса—Архимеда (этой аксиоме удовлетворяет любая величина). (о)

Из (н), (о) $\vdash \exists t_m | t_m \hat{A}_1 > \hat{A}_2 \rightarrow t_m c - q_{\alpha_i}' - \max + q_{\alpha_{ij}'} > 0 \rightarrow t_m c - c_0 > 0 \rightarrow t_m c > c_0$. (п)

Из (з) $\vdash q_{\alpha_i}' - \max = c_0 + q_{\alpha_{ij}'}'$. (р)

Прибавим к обеим частям неравенства (п) по $q_{\alpha_{ij}'}'$. Тогда $q_{\alpha_{ij}'}' + t_m c > c_0 + q_{\alpha_{ij}'}' \leftrightarrow q_{\alpha_{ij}t_m}' > q_{\alpha_i}' - \max$ (по (з), (к), (с)).

Но (с) противоречит О.71 и А.17. Значит, случай 1, когда $\lim \Delta q_{\alpha_{ij}t}' > 0$, невозможен. И возможен только случай 2, когда $\lim \Delta q_{\alpha_{ij}t}' = 0$ (при $t = t_m$) $\leftrightarrow \Delta q_{\alpha_{ij}t_m}' = 0$, ч. т. д.

Следствие 1. $q_{\alpha_{ij}t}' = f(t)$, где f — монотонная убывающая функция.

Следствие 2. $\Delta q_{\alpha_{ij}t}' = \varphi(t)$, где φ — монотонная возрастающая функция.

Определение 85. Функция расстояния между двумя экспертами после t -го тура опроса $D_{ijj't}$:

$$D_{ijj't} \triangleq D(q_{ijt}, q_{ij't}) | D(q_{ijt}, q_{ij't}) \rho_{уд} \{a, b, \dots, \partial\};$$

а) $D(q_{ijt}, q_{ij't})$ — вещественнозначная функция;

б) $(\forall j, j' | q_{ijt}, q_{ij't} \in E_p) [D(q_{ijt}, q_{ij't}) \geq 0]$,

где E_p — p -мерное евклидово пространство;

в) $D(q_{ijt}, q_{ij't}) = 0 \Leftrightarrow q_{ijt} = q_{ij't}$;

г) $D(q_{ijt}, q_{ij't}) = D(q_{ij't}, q_{ijt})$;

д) $D(q_{ijt}, q_{ij't}) \leq D(q_{ijt}, q_{ikt}) + D(q_{ikt}, q_{ij't})$, причём $q_{ijt}, q_{ikt}, q_{ij't}$ — любые 3 вектора из E_p .

Расстояние между двумя экспертами после t -го тура опроса $d_{ijj't}^*$:

$$d_{ijj't}^* \triangleq q_i | q_i \rho_{xa} \overrightarrow{Q_i}; Q_i = D(q_{ijj't}), \\ i = \overline{1, n}; j, j' = \overline{1, N_i}; j \neq j'; t = \overline{1, p}.$$

Определение 86. Общее расстояние между экспертами в подгруппе после t -го тура опроса V_{at} :

$$V_{at} \triangleq \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{j'=1}^{N_i} d_{ijj't}^*.$$

* Определения 85—88 построены как интерпретации (применительно к тематике данного параграфа) понятий, введенных в монографии [42, с. 16].

Определение 87. Среднее расстояние между экспертами в подгруппе после t -го тура опроса V_{dt} :

$$V_{dt} \triangleq \frac{2V'_{dt}}{N_t^2 - N_t}.$$

Определение 88. Согласованность экспертов в подгруппе после t -го тура опроса V_{it} : это такая вещественнозначная функция $V_{it} = V(q_{ijt}, q_{ij't})$, которая удовлетворяет условиям:

- а) $0 \leq V_{it} \leq 1$ для $q_{ijt} = q_{ij't}$;
- б) $V_{it} = V(q_{ijt}, q_{ijt}) = 1$;
- в) $V(q_{ijt}, q_{ij't}) = V(q_{ij't}, q_{ijt})$.

Определение 89. Эффект тура опроса по согласованности ΔV_{it} : $\Delta V_{it} \triangleq V_{i(t+1)} - V_{it}$, $i = \overline{1, n}$; $t = \overline{1, p}$.

Аксиома 18. $\Delta q_{ijt} = f(\Delta q'_{ijt})$, где f — монотонная неубывающая функция.

Теорема 27. $\Delta V_{it} = \Phi_5(\Delta q_{(\alpha\beta)ijt})$, где Φ_5 — монотонная неубывающая функция (мнуф).

Доказательство. Из С.2 из Т.26 $\vdash \Delta q'_{ijt} = \Phi(t) | \Phi \succ \sim f \uparrow$. (а)

Из А.18 $\vdash \Delta q_{ijt} = f(\Delta q'_{ijt}) | f \succ \sim f \uparrow$. (б)

Из (а), (б) $\vdash \Delta q_{ijt} = f[\Phi(t)] = f_1(t) | f_1 \succ \sim f \downarrow$. (в)

Из О.85, (в) $\vdash d_{ijjt} = f_2(t) | f_2 \succ \sim f \uparrow$. (г)

Из (г), О.86, О.87 $\vdash V'_{dt} = f(t) | f \succ \sim f \uparrow \rightarrow V_{dt} = \Phi(t) | \Phi \succ \sim f \uparrow$. (д)

$\rightarrow V_{it} = f'(t) | f' \succ \sim f \downarrow$.

Из С.1 из Т.26 $\vdash q'_{ijt} = f_3(t) | f_3 \succ \sim f \downarrow$. (е)

Так как по (д) и V_{it} зависит от t , можно утверждать с учетом (е): $V_{it} = \Phi_2(q'_{ijt}) | \Phi_2 \succ \sim f \downarrow$. (ж)

Из (ж), О.79 $\vdash \Delta V_{it} = \Phi_2(q'_{ij(t+1)}) - \Phi_2(q'_{ijt}) \rightarrow \Delta V_{it} = \Phi_3(\Delta q'_{ijt})$. (з)

Из Т.25 $\vdash \Delta q_{(\alpha\beta)ijt} = f(t) | f \succ \sim (f \uparrow \vee f \downarrow)$. (и)

Из (и), (а) $\vdash \Delta q'_{ijt} = \Phi_4(\Delta q_{(\alpha\beta)ijt}) | \Phi_4 \succ \sim (f \uparrow \vee f \downarrow)$. (к)

Из (з), (к) $\vdash \Delta V_{it} = \Phi_3[\Phi_4(\Delta q_{(\alpha\beta)ijt})] = \Phi_5(\Delta q_{(\alpha\beta)ijt}) | \Phi_5 \succ \sim f \downarrow$, ч. т. д.

Следствие 1. $\epsilon_1 = f(\Delta V_{it})$, где f — монотонная невозрастающая функция — мнвф (при Q_{\betaijt} — мнуф).

Следствие 2. $\Delta V_{it} = \Phi(t)$, где Φ — мнвф.

Следствие 3. О величине $\Delta q_{(\alpha\beta)ijt}$ можно судить по величине ΔV_{it} .

Определение 90. Эффективность тура опроса Эт:

$\text{Эт} \triangleq \frac{\Delta V_{it}}{C_{\text{доп}}}$, где $C_{\text{доп}} = C_{\text{ср}}^{\text{доп}}$, или $C_{\text{тр}}^{\text{доп}}$, или $C_{\text{вр}}^{\text{доп}}$ (или и то и другое в зависимости от ситуации экспертной оценки).

Определение 91. Критическое значение эффективности тура опроса $\text{Эт}^{\text{кр}}$: такая максимальная величина $\text{Эт}^{\text{кр}}$, что $\text{Эт} < \text{Эт}^{\text{кр}}$ считается недопустимой по СЭ.

Теорема 28. $\text{Эт} = f(t)$, где f — монотонная невозрастающая функция.

Доказательство. По О.90 $\text{Эт} = \frac{\Delta V_{it}}{C_{\text{доп}}}$ (а)

По О.54—О.58 $C_{\text{доп}} = \text{const}$. (б)

По С.2 из Т.27 $\Delta V_{it} = \varphi(t) | \varphi \sim f \uparrow$. (в)

Из (а), (б), (в) $\vdash \text{Эт} = f(t) | f \sim f \uparrow$, ч. т. д.

Следствие 1. Необходимо проводить такое максимальное число t_m туров опроса, чтобы обеспечивалось условие $\text{Эт} \geq \text{Эт}^{\text{кр}}$.

Определение 92. Критическое значение согласованности экспертов в подгруппе $V^{\text{кр}}$: такое максимальное значение $V_{it} = V^{\text{кр}}$, что при $V_{it} < V^{\text{кр}}$ согласованность может считаться получившейся случайно.

Теорема 29. При $V_{it} < V^{\text{кр}}$ выборочная совокупность $U_i = \{q_{ijt}\}$ статистически недостоверна.

Доказательство. По О.92, если $V_{it} < V^{\text{кр}}$, V_{it} может считаться получившейся случайно. Иначе говоря, подобная согласованность могла получиться, если вместо b_{ij} выступали просто b_{ij}^{oc} или даже неосведомленные L_j^n . Понятно, что в этом случае оценки $\{q_{ijt}\}$ уже не могут считаться экспертными, а, значит, полученные на их основе $q_i^{\text{э}}$ не будут статистически достоверно отражать мнение экспертов, ч. т. д.

Следствие 1. При $V_{it} < V^{\text{кр}}$ $q_i^{\text{э}}$ вычислять нельзя.

Следствие 2. При $V_{it} < V^{\text{кр}}$ из $V_i = \{q_{ijt}\}$ должно быть исключено столько q_{ijt} , сколько необходимо и достаточно для выполнения условия $V_{it} \geq V^{\text{кр}}$ *.

Аксиоматика экспертного метода, рассмотренная в данном параграфе, разумеется, не должна рассматриваться как абсолютно полная, завершенная. Напротив, она должна трактоваться только как начальная попытка на пути к такому завершению.

* Идея С. 2 базируется на рекомендации [71, с. 44].

Практические вопросы квалиметрии будут рассмотрены в двух аспектах.

Во-первых, как нужно действовать, чтобы разработать методику оценки качества конкретного вида товара или определить значение показателя качества конкретного образца товара при наличии уже готовой методики?

И, во-вторых, где в практике производства и потребления наиболее эффективно могут быть использованы те оценки качества товаров, методология получения которых была описана выше.

6. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

При изложении материала этой главы будут использоваться некоторые новые термины.

ЛПР (лицо, принимающее решение) — ответственное лицо, которое дает задание на разработку методики оценки и в практической деятельности которого будут использоваться оценки качества, полученные с помощью такой методики.

ЛРО (лицо, разрабатывающее оценку) — работник, которому ЛПР поручает непосредственную разработку методики оценки качества или определение значений показателя качества конкретных объектов (в случае если имеется готовая методика).

РГ (рабочая группа) — группа, состоящая из научных и (или) инженерно-технических работников (а также из обслуживающего персонала) и под руководством ЛРО осуществляющая проведение необходимых исследовательских, вычислительных, оформительских, графических и машинописных работ.

ЭГ (экспертная группа) — группа квалифицированных специалистов, отобранная в соответствии с принципами, изложенными в 5.2 и 5.4, и опрашиваемая РГ.

В исключительных случаях (связанных, например, с дефицитом времени, отсутствием специалистов, принципиальной новизной или малой сложностью оцениваемого объекта и т. д.) рабочая группа не создается, а все ее функции выполняет единолично ЛРО.

По указанным причинам может оказаться целесообразным не создавать отдельную ЭГ, а использовать в качестве экспертов отдельных членов РГ.

Точная оценка качества — оценка качества, для определения значения которой используются все известные приемы и операции квалиметрии, позволяющие уменьшить погрешность и увеличить надежность оценки.

Упрощенная оценка — оценка качества, для определения значения которой по ряду причин (например, из-за дефицита времени, сил или средств на определение оценки, пониженных требований к ее точности и т. д.) оказывается невозможным или нецелесообразным применять точный метод. Эта оценка характеризуется, во-первых, максимально допустимой погрешностью (т. е. такой погрешностью, превышение которой не позволяет использовать оценку качества в сколько-нибудь ответственных расчетах), и, во-вторых, значительно меньшей (по сравнению с точной оценкой) трудоемкостью ее определения.

Приближенная оценка — оценка, которая по присущей ей погрешности и трудоемкости определения ее значения является промежуточной между точной и упрощенной оценками.

Точный (приближенный, упрощенный) метод — метод определения точной (приближенной, упрощенной) оценки.

6.1. Укрупненная блок-схема алгоритма квалиметрической оценки

Анализ довольно многочисленной (несколько десятков) совокупности отечественных и зарубежных методик оценки качества позволил выявить среди них общие, существенные особенности, присущие подавляющему числу таких методик. В свою очередь, логическое упорядочение этих особенностей, а также учет основных понятий, обоснованных в аксиоматике квалиметрии (см. главу 2), дали возможность сформулировать общий алгоритм квали-

метрии. Нужно отметить, что первое предложение по обоснованию подобного алгоритма было сделано в работе [25]. В дальнейшем этот алгоритм проверялся на значительном числе объектов, совершенствовался по результатам такой проверки и на сегодняшний день он может считаться достаточно отработанным и эффективным. Его укрупненная блок-схема приведена на рис. 5. Блок-схема состоит из трех этапов, подразделенных на процедуры. В свою очередь, каждая процедура состоит из отдельных операций, общее число которых применительно к этому алгоритму равно 440. Однако, учитывая ограниченный объем данной книги, приводимая укрупненная блок-схема алгоритма детализирована не до отдельных операций, а только до отдельных процедур.

Рассмотрим отдельные процедуры алгоритма с точки зрения определения условий их выполнения.

1.1. К этой процедуре пояснения, по-видимому, не требуются.

1.2. Данная процедура ввиду своей относительной важности будет самостоятельно рассмотрена в 6.2.

1.3. Сведения, поясняющие процедуру 1.3, содержатся в нормативных документах [58].

1.4. Формирование экспертной группы целесообразно осуществлять с учетом рекомендаций, содержащихся в [58, с. 9], учитывая при этом и материалы 5.2, 5.4 и 4.3.

2.1. Для выявления эталонного множества свойств $n_j^{эТ}$ необходимо:

а) выделить r -е типичные условия потребления объекта;

б) сформировать достаточно представительную выборку $U_{\text{доc}}$ из объектов, эквисатисных данному, оцениваемому;

в) с помощью дерева свойств, построенного для каждого эквисатисного объекта по правилам, изложенным в 3.2, определить для этих объектов перечни $n_j^{эТ}$;

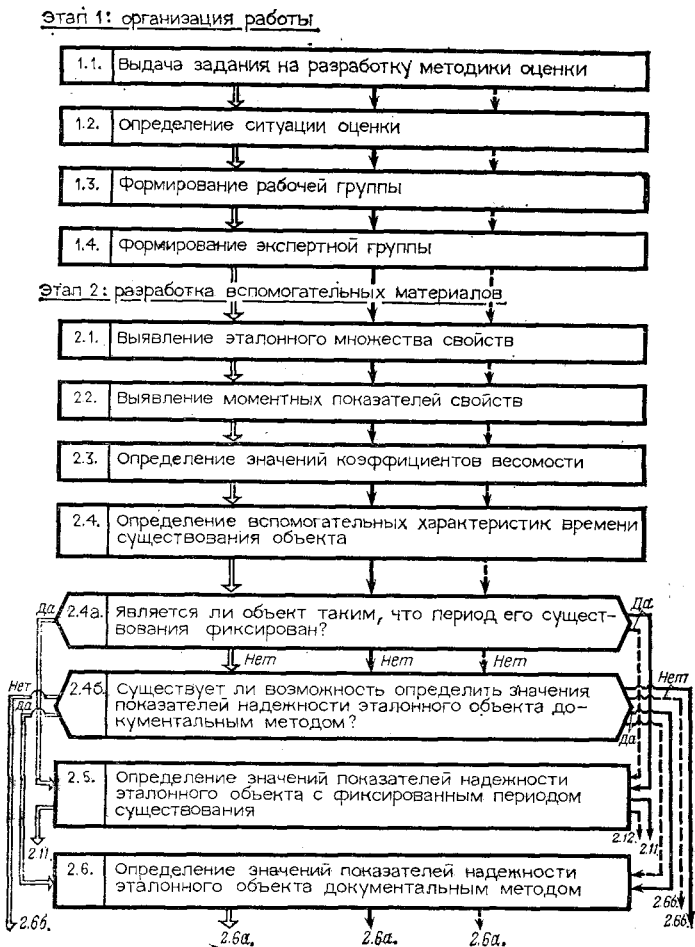
г) осуществить операцию объединения:

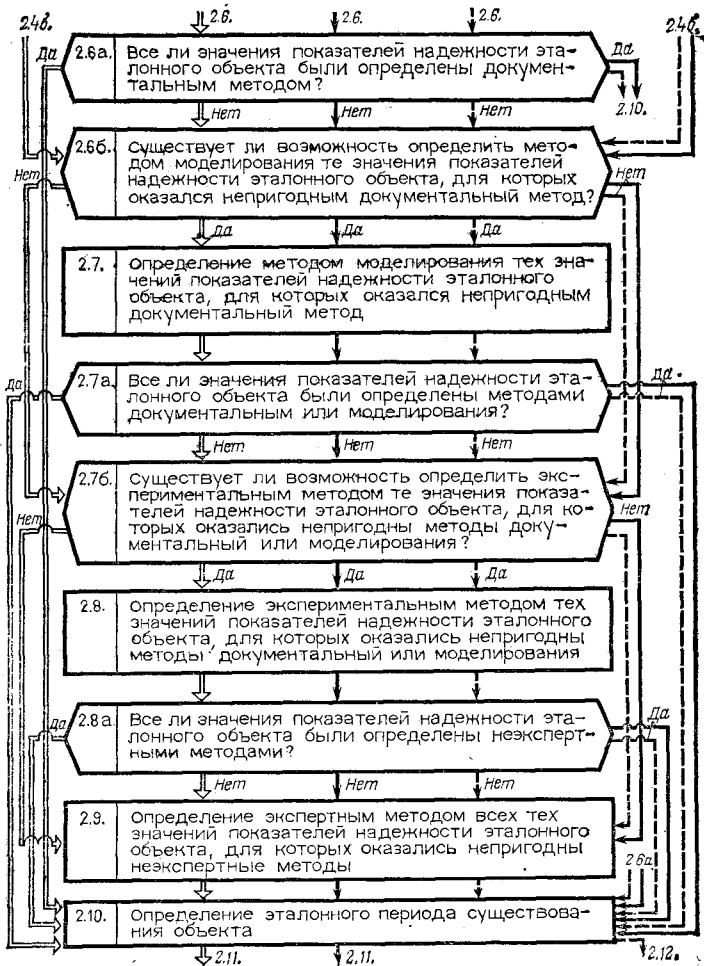
$$n_j^{эТ} = \bigcup_{j'=1}^U n_{j'}.$$

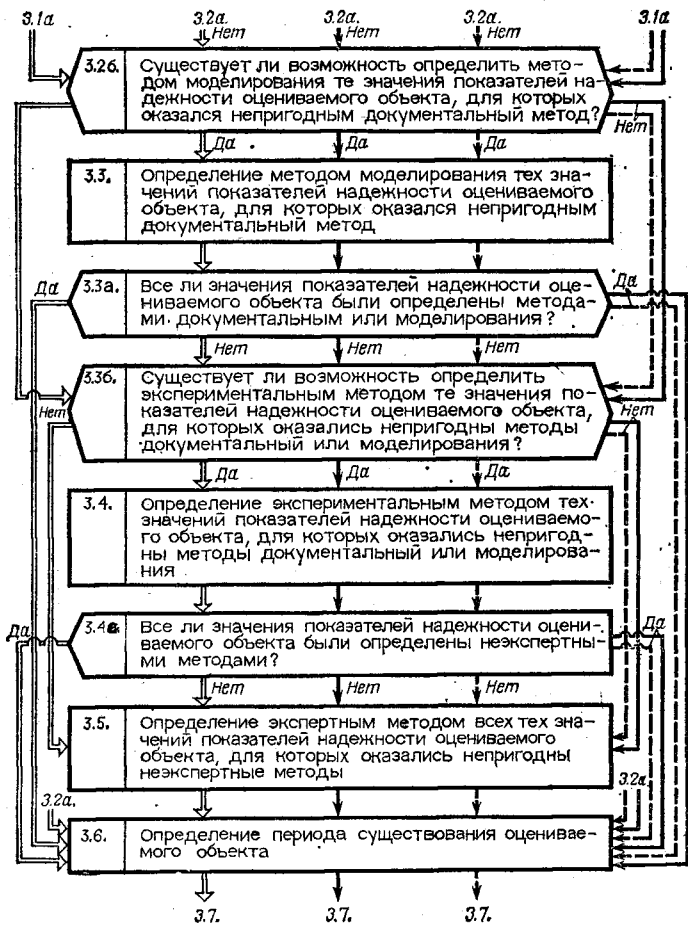
2.2 Для каждого свойства, входящего в $n_j^{эТ}$, ЛРО назначает моментный показатель Q_{it} , учитывая при этом величину разряда δ_{a_i} (в соответствии с 0.73 главы 2).

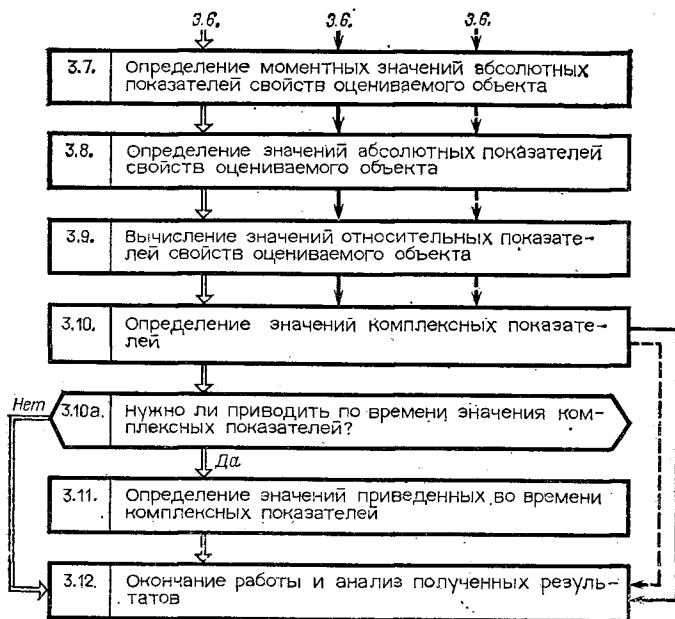
2.3. Коэффициенты весомости G_i могут быть вычислены аналитическими методами (см. 3.5) или в случае невоз-

Рис. 5. Укрупненная блок-схема алгоритма квалиметрии









Методы определения оценки:

- ══> точный
- > приближенный
- - -> упрощенный

возможности или нецелесообразности использования для этой цели аналитических методов (что выявляется в ходе выполнения процедуры 1.2. «Определение ситуации оценки») определены экспертным методом¹.

2.4. В ходе этой процедуры определяются: во-первых, с помощью ЛРО величина разряда периода времени δ_t (см. О.74 из главы 2) и, во-вторых, экспертным методом весовая функция по параметру времени $\zeta(t)$.

2.5. Эта процедура касается только таких объектов, для которых период их существования $T^{су}$ или период $T^{ис}$ фиксированы (как, например, для бумажного полотенца однократного применения). Здесь ЛРО (при необходимости

¹ Здесь и в дальнейшем при упоминании экспертного метода имеется в виду, что технология его использования опирается на «Методику применения экспертных методов для оценки качества продукции» [58], а также на материал 4.3 и главу 5.

после консультаций у ЛПР) определяет значения показателей долговечности ($T^{су.эт}$) и сохраняемости ($T^{хр.эт}$).

2.6. В ходе данной процедуры для определения эталонных значений $T^{су.эт}$ и $T^{хр.эт}$, а также максимального $T^{пр.мак}$ и минимального $T^{пр.мин}$ периодов простоя в потреблении объекта используется так называемый документальный метод. Суть его заключается в том, что:

а) ЛПР вместе с ЛРО задает требуемое значение доверительной вероятности $\gamma^{ТР}$, с которой определяются величины $T^{су}$, $T^{хр}$ и $T^{пр}$;

б) РГ формирует массив документальных данных о величинах $T^{су}$, $T^{хр}$ и $T^{пр}$, объем которого соответствует $\Phi^{ТР}$;

в) в соответствии с определениями 0.56—0.62, приведенными в 2.4, РГ вычисляет значения показателей надежности (используя массив документальных данных).

2.7. Если в ходе процедуры 2.6. невозможно определить значения показателей надежности документальным методом, то ЛРО должен попытаться использовать для этой цели метод моделирования. При этом подразумевается, что у ЛРО уже имеется в наличии такая математическая модель функционирования объекта, что закладывая в нее различные сочетания некоторых исходных, характеризующих оцениваемый объект параметров, можно получить (обычно с помощью ЭВМ) с требуемой надежностью $\gamma^{ТР}$ значения $T^{хр.эт}$, $T^{ис.эт}$, $T^{пр.мак}$ и $T^{пр.мин}$.

2.8. Если невозможно использовать методы документальный и моделирования, то целесообразно попытаться определить значения показателей надежности экспериментальным способом, например, на основе ускоренных натурных испытаний достаточной представительной выборки объектов, эквивалентных оцениваемому объекту. Испытания проводит РГ, а объем выборки определяет ЛРО.

2.9. Если и экспериментальный метод применять нецелесообразно (или просто нельзя), то нужно определить значения показателей надежности экспертным методом.

2.10. При выполнении этой процедуры следует руководствоваться информацией, содержащейся в О.65 в 2.4.

2.11. Эта процедура касается только точного и приближенного методов и выполняется в основном ЛРО. Заключается она в выделении из множества свойств объекта подмножества зависимых от среды свойств; в определении для каждого свойства его параметра Ψ_{ijmt} , а также величины разряда значения параметра среды свойства δ_{im} .

При этом нужно основываться на определениях, изложенных в 2.3.

2.12. Здесь могут существовать три ситуации:

а) для всех свойств, показатели которых не имеют физических единиц измерения, РГ назначает $q_i^{э\tau} = 1$ и $q_i^{б\rho} = 0$;

б) для тех свойств, показатели которых могут измеряться физическими методами измерения, необходимо испытать возможность определения неэкспертным методом ¹ эталонных $q_{irt}^{э\tau}$ и браковочных $q_{irt}^{б\rho}$ моментных значений показателей в r -х типичных условиях потребления;

в) для всех остальных свойств значения $q_{irt}^{э\tau}$ и $q_{irt}^{б\rho}$ определяются РГ экспертным методом.

2.13. Эта процедура касается только точного метода. Она носит главным образом вычислительный характер и выполняется в основном РГ.

2.14. Порядок выполнения этой процедуры в значительной мере аналогичен тому, который был рассмотрен в п. 2.12.

2.15. В данную процедуру включаются следующие основные операции:

а) определение эталонных (α) и браковочных (β) функций эффекта (выполняет ЛРО);

б) определение экспертным методом весовых функций по параметрам среды ζ (ψ_{im});

в) вычисление (силами РГ) значений $q_i^{э\tau}$ и $q_i^{б\rho}$ путем суммирования (при дискретной функции эффекта) или интегрирования (при непрерывной функции эффекта).

Расчетные формулы, используемые при выполнении процедуры 2.15, описаны в 2.5.

3.1. Здесь ЛРО должен выполнить следующие операции:

а) из всего множества свойств объекта выделить подмножество стохастических свойств (по О.70 из 2.5);

б) определить (по нормативным документам) или задать для каждого стохастического свойства требуемую вероятность $\gamma^{т\rho}$, с которой должны определяться значения показателей этих свойств.

3.2.—3.6. Эти процедуры по существу идентичны процедурам 2.6—2.10.

¹ Здесь и в дальнейшем термин «неэкспертный метод» будет обозначаться совокупность из трех методов: документального, моделирования и экспериментального, кратко описанных в пп. 2.6—2.8.

Различие заключается лишь в том, что в процедурах 2.6.—2.10. определяются значения показателей надежности эталонного объекта, а в процедурах 3.2.—3.6 — те же показатели, но применительно к данному конкретному оцениваемому объекту.

3.7. Данная процедура выполняется аналогично процедурам 2.12. и 2.14., но применительно к свойствам, характеризующим конкретный оцениваемый объект. При этом прежде всего используются неэкспертные методы (документальный, моделирования или экспериментальный), а при отсутствии такой возможности — экспертный метод.

3.8. Аналогично процедуре 2.15, определение значений абсолютных показателей свойств при точном и приближенном методах производится с помощью операции интегрирования (при непрерывной функции эффекта) или суммирования (при дискретной функции эффекта).

3.9. Значения относительного показателя вычисляются РГ для всех свойств на основании данных, полученных в ходе выполнения процедур 2.15. и 3.8. При этом используется формула, обоснованная в Т. 7 в 2.6.

3.10. Значения комплексных показателей вычисляются РГ по формуле, введенной Т. 9 в 2.6.

3.11. Эту процедуру выполняют только при точном методе. Причем ЛРО предварительно определяет, нужно ли вычислять значение приведенного по времени показателя. И если нужно, каков должен быть период приведения $t_{пр. в}$?

Значения приведенного показателя вычисляются так же, как и значения комплексного показателя. Разница заключается лишь в том, что, снова обращаясь к процедуре 3.6., ЛРО определяет скорректированные значения: $t_1 = t_{пр. в}$ и $t_{\omega} = T^{cy} + t_{пр. в}$. Затем повторяются все последующие (начиная с 3.7) процедуры алгоритма.

Таков порядок определения оценок качества, предусмотренный алгоритмом квалиметрии.

В следующем параграфе рассмотрим подробнее одну из важнейших процедур этого алгоритма — процедуру 1.2. «Определение ситуации оценки».

6.2. Определение ситуации оценки

Выполнением данной процедуры по существу обуславливается вся последующая стратегия разработки методики оценки качества. Сущность процедуры 1.2. заключается

в том, что ЛРО, получив от ЛПР задание на проведение квалиметрической оценки, уточняет все связанные с этим заданием неясные вопросы. При этом всю недостающую информацию он получает от ЛПР. Подобное уточнение необходимо прежде всего для того, чтобы у ЛРО была достаточно полная информация о свойствах, подлежащих включению в разрабатываемое в ходе выполнения последующей процедуры дерево свойств.

Вопросы, подлежащие уточнению в ходе операции «Определение ситуации оценки», систематизированы в табл. 15. Коротко рассмотрим суть каждого в порядке их номеров.

1. Наиболее полная и всесторонняя оценка качества обеспечивается тогда, когда учитываются все свойства оцениваемого объекта, проявляющиеся на всех этапах его жизненного цикла (при хранении, транспортировке, монтаже, демонтаже, непосредственном использовании, ликвидации).

Однако ЛПР, исходя из оправдываемых конкретной обстановкой особых соображений, которые могут быть и неизвестны (а иногда и непонятны) ЛРО, имеет право пренебречь тем или иным этапом жизненного цикла объекта. Но при этом обязательно необходимо, чтобы во введении к разрабатываемой ЛРО методике оценки был отмечен факт подобного исключения одного или нескольких этапов (чтобы будущие потребители этой методики имели представление об исходных посылах, на которых такая методика основывается)¹.

2. Для многих видов объектов при оценке качества должна учитываться возможность их модернизации в процессе эксплуатации в связи с изменением характера потребностей у потребителей этих объектов. Например, подобная возможность модернизации является желательной для некоторых видов женской верхней одежды, эстетические свойства которой в сильной степени зависят от изменения моды.

3,4. Должен ли ЛРО при определении срока существования объекта $T_{сy}$ ориентироваться на учет физического или морального износа или на одновременный учет обоих

¹ Поскольку отражение во введении к методике исходных посылок необходимо не только применительно к разобранному вопросу, но и в отношении большинства других содержащихся в табл. 15 вопросов, в дальнейшем для экономии места не будем специально оговаривать обязательность отражения во введении и других исходных посылок.

видов износа? Нередко сам ЛРО не может решить этот вопрос и должен обратиться за разъяснениями к ЛПР.

5.6. Учет патентной чистоты и патентной защищенности главным образом необходим тогда, когда оцениваемый объект может быть экспортным товаром. Естественно, что ЛРО не всегда обладает необходимыми сведениями (будет или нет поставляться объект на экспорт и если будет — то в какие страны?). Такие недостающие сведения имеются у ЛПР.

7. Предположим, анализируется качество портативного радиоприемника. Естественно, что при оценке такого, например, свойства, как «электропитание радиоприемника» существенно разные требования (а значит, и эталонные значения $q^{эп}$) должны учитываться в зависимости от того, где будет эксплуатироваться приемник — в городе (тогда питание может быть и от батарей, и от сети, и от аккумуляторов), или в необжитой местности, например, во время длительного туристского похода (когда использование сетевого питания или аккумуляторов исключено).

8. Для некоторых видов продукции (например, для медицинских рентгеновских аппаратов) фактически существует несколько самостоятельных групп потребителей: обследуемый пациент, врач и персонал, осуществляющий техническое обслуживание и ремонт аппаратуры. Причем требования, предъявляемые к рентгеновскому аппарату каждой из этих групп, во многом не совпадают. ЛРО обязан выяснить: на какую (или какие) группу потребителей он должен ориентироваться при квалиметрическом анализе.

9. Но даже внутри каждой группы потребителей могут существовать подгруппы, отличающиеся социально-демографическими характеристиками и в связи с этим предъявляющие к оцениваемому объекту неодинаковые требования.

Отметим, что вопросы 8 и 9 фактически направлены на то, чтобы изучить типологические особенности возможного потребителя оцениваемого объекта. Ибо вне потребителя (субъекта оценки) не имеет смысла само понятие оценки объекта. Этим и объясняется появление многочисленных работ, посвященных классификации потребителей, а также большие средства, затрачиваемые на опросы потребителей для выявления их потребностей. Так, еще в 1970 г. во Франции на анкетные опросы потребителей была затрачена весьма значительная сумма — 70 млн. франков. Аналогичные затраты оказались еще большими: в ФРГ — в 2 раза, в Великобритании — в 3 раза и в США — в 50 раз.

Вопросы, решаемые в ходе процедуры 1.2. «Определение ситуации оценки»

<p>временные параметры, характеризующие:</p>	<p>этап жизненного цикла объекта (хранение, транспортировка, монтаж, демонтаж, непосредственное использование, ликвидация?)</p>	<p>1</p>
<p>Нужно ли учитывать особенности процесса потребления объекта, которые отражаются:</p>	<p>необходимость иметь возможность модернизировать объект в будущем?</p>	<p>2</p>
<p>пространственные параметры, характеризующие:</p>	<p>требуемый срок существования объекта, принимаемая во внимание:</p>	<p>3</p>
<p>разнообразие сфер его возможного потребления, на которое влияют:</p>	<p>патентно-правовые свойства:</p>	<p>4</p>
<p>Каковы особенности процесса использования оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>Каковы особенности процесса разработки методики оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>5</p>
<p>Каковы особенности процесса использования оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>Каковы особенности процесса разработки методики оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>6</p>
<p>Каковы особенности процесса использования оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>Каковы особенности процесса разработки методики оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>7</p>
<p>Каковы особенности процесса использования оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>Каковы особенности процесса разработки методики оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>8</p>
<p>Каковы особенности процесса использования оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>Каковы особенности процесса разработки методики оценки? — см. таблицу далее</p>	<p>9</p>

Вопросы, проясняющие ситуацию оценки

Нужно ли учитывать те особенности процесса потребления объекта, которые отражают пространственные параметры, характеризующие разнообразие сфер его возможного потребления, на которое влияют

социально-демографические факторы? — см. начало таблицы									
технологические факторы? — см. таблицу далее									
характер окружающей среды	суша	космос (ближний или дальний)?		10					
		воздушное пространство?		11					
	вода	на поверхности земли:		12	по дорогам (1-й, 2-й, 3-й и т. д. категорий)?				
		под поверхностью воды на различных (больших, средних, малых) глубинах?		13	по бездорожью (по лесу, камням, степи, болоту, снегу и т. д.)?				
природно-климатические факторы:	воздействие окружающей среды в условиях	на поверхности воды, принимаемая во внимание		14	под различными (больших, средних, малых) глубинах?				
		на поверхности воды, принимаемая во внимание		15	скорость течения?				
	обычных, привычная во внимание характеристики среды	физические (температуру, влажность, барометрическое давление, радиацию, магнитное поле и т. д.)?		16	высоту волны?				
		химические (содержание химически активных газов или жидкостей)?		17					
	необычных, когда человек с причиной воздействия	механические (наличие пыли, грязи, плотность и скорость движения окружающей среды)?		18					
		биологические (наличие растений, грызунов, насекомых и т. д., могущих причинить ущерб объекту)?		19					
		не связан (землетрясения, цунами, ураганы, оползни, наводнения и т. д.)?		20					
		связан, являясь причиной		21	пожаров?				
		связан, являясь причиной		22	аварий?				
				23					

Разнообразные формы потребления, на которое влияют:	социально-демографические факторы? — см. начало таблицы	
	природно-климатические факторы? — см. таблицу ранее	
Воздействие объекта на окружающую среду:	технологические факторы:	24 место объекта в типоразмерной классификации (например, для двигателя — мощность, для зрелищного сооружения — количество зрителей)?
		25 отрасли применения в народном хозяйстве (промышленность, строительство и т. д.)?
		26 эстетичность?
		27 эргономичность?
	на живую природу:	28 безопасность?
		29 на флору (деревья, кустарники, траву и т. д.)?
		30 на фауну (млекопитающих, насекомых, птиц, рыб и т. д.)?
		31 на естественную среду (воздух, воду, ландшафт и т. д.)?
		32 на искусственную среду (машины, сооружения и т. д.)?
		33 на естественную среду? на искусственную среду?
	34 на естественную среду? на искусственную среду?	

<p>Каковы особенности процесса использования результатов оценки, на которые влияют</p>	<p>характеристики критерия оценки:</p>	<p>точность критерия:</p>	<p>35 точная, приближенная или упрощенная должна быть оценка объекта?</p> <p>36 каково требуемое гамма-процентное значение показателей?</p> <p>37 функциональная (нужно ли сравнивать разнородные объекты)?</p> <p>38 формальная (нужна ли единая шкала оценки)?</p> <p>39 временная (нужно ли сравнивать оценки в разные периоды времени)?</p>
	<p>характеристики условий использования критерия оценки:</p>	<p>каков уровень социальной иерархии, интересы которого выражает критерий?</p> <p>40 в какой шкале (рангов, отношений и т. д.) должна выражаться оценка?</p> <p>41 каково максимально допустимое время проведения оценки?</p> <p>42 как часто (одно- или многократно) будет использоваться методика оценки?</p> <p>43 будет оцениваться конкретный объект или группа однородных объектов?</p> <p>44 какова технология (ручная или машинная) вычисления оценки?</p> <p>45 нужны ли дифференцированные оценки объекта (по узлам, операциям и т. д.)?</p> <p>46</p>	<p>47 оценках качества объектов, аналогичных оцениваемому?</p> <p>48 вспомогательных материалах, необходимых для вычисления оценки?</p> <p>49 труда?</p> <p>50 времени?</p>
<p>Каковы особенности процесса разработки методики оценки и, в частности,</p>	<p>имеется ли у ЛРО априорная информация об:</p> <p>каковы допустимые в конкретной ситуации затраты (на разработку методики оценки):</p>		

10, 11. Известно, что многие предметы бытового назначения, используемые космонавтами (туалетные принадлежности, упаковка продуктов питания и т. д.), должны обладать свойствами, учитывающими специфические условия, существующие в космосе. В меньшей степени специфическими свойствами должны обладать и объекты, эксплуатация которых предусмотрена в воздухе. Следовательно, возможность использования объекта в воздухе или космосе должна быть ясна ЛРО с самого начала работы над методикой.

12—16. Для объектов, которые предназначены для передвижения по суше, должна быть четко оговорена возможность их использования по дорогам разного класса и по бездорожью; а для передвижения в водной среде — глубины их нахождения под водой, преодолеваемые скорость течения и высота волн.

17—20. ЛПР должен дать ЛРО четкие инструкции по поводу тех воздействующих на объект в обычных условиях физических, химических, механических и биологических факторов внешней среды, которые предусмотрены пп. 17—20 табл. 15.

Если же какие-то реально воздействующие на объект факторы ЛПР по особым причинам не считает необходимым принимать во внимание при квалиметрическом анализе объекта, то все эти факторы должны быть оговорены во введении к методике.

21—23. Сказанное выше относится и к тем факторам внешней среды, которые проявляются в необычных условиях, в связи с неблагоприятными для объекта природными явлениями или ошибочными действиями человека.

24. Для многих объектов (например, транспортных средств, бытовых холодильников, наборов мебели и т. д.) существуют типоразмерные классификации, учет которых совершенно необходим при квалиметрическом анализе. Связано это с тем обстоятельством, что при выявлении эталонного числа свойств $n^{ЭТ}$ при определении эталонных $q^{ЭТ}$ и браковочных $q^{БР}$ значений важно учитывать типологическую характеристику оцениваемого объекта. Например, понятно, что весомость такого свойства холодильника, как «наружные габаритные размеры», будет больше у холодильника, предназначенного для размещения в легковой автомашине, по сравнению с комнатным напольным семейным холодильником.

25. Как известно, некоторые виды продукции (относящиеся, например, к измерительной и сантехнической аппаратуре) имеют общепромышленное (а, вероятно, правильное было бы сказать — общетехническое) назначение. Другие же виды используются в более узкой сфере.

Понятно, что это обстоятельство должно быть принято во внимание ЛРО для того, чтобы правильно определить множество r типичных условий потребления объекта, а также правильно построить дерево свойств.

26—34. Многие объекты в процессе их использования оказывают вредное влияние на окружающую их живую природу (людей, флору, фауну) и на неживую природу (естественную среду — воздух, воду, ландшафт и т. д. и искусственную среду — машины, сооружения и т. д.).

Поэтому каждый случай неучета какого-либо из числа реально существующих такого рода воздействий должен специально оговариваться во введении к методике оценки.

Приведем только один, но хорошо известный пример, относящийся к ошибочному неучету этих воздействий. Еще сравнительно недавно во всех странах мира основным средством борьбы с вредными насекомыми были выбраны препараты типа ДДТ. Этот выбор был, бесспорно, правильным, если учитывать только основное назначение таких препаратов — уничтожение насекомых-вредителей, и не учитывать его другие свойства — экологичность и безопасность. С учетом же этих свойств ДДТ серьезно уступает по качеству многим другим, экологически более чистым веществам, в связи с чем его использование в последние годы почти повсеместно запрещено.

35. Естественно, что ЛРО, как правило, не может самостоятельно решить: какой должна быть оценка качества — точной, приближенной или упрощенной? Здесь необходимо использовать дополнительную информацию, за получением которой ЛРО нужно обратиться к ЛПР.

36. Аналогично предыдущему пункту ЛРО должен получить необходимую информацию, чтобы задаться требуемым гамма-процентным значением $\gamma^{\text{тр}}$ для показателей стохастических свойств.

37—39. По соображениям, известным ЛПР (и часто неизвестным ЛРО), может оказаться необходимым обеспечить сопоставимость критерия оценки качества данного объекта с аналогичными критериями других объектов.

Эта сопоставимость бывает трех видов.

Функциональная сопоставимость, позволяющая сравнивать оценки качества разнородных объектов (например, телевизоров и стиральных машин). В этом случае должна быть обеспечена максимальная идентичность методик, по которым оцениваются разнородные объекты, т. е. одинаковыми должны быть и шкалы оценки, и принципы получения значений показателей.

Формальная сопоставимость, в соответствии с которой одинаковыми (по размаху) должны быть только шкалы оценки, а принципы определения значений показателей могут несколько различаться у разных объектов.

Временная сопоставимость, связанная с необходимостью оперировать приведенными во времени показателями качества.

Таким образом, ЛРО должен выяснить у ЛПР:
а) нужна ли сопоставимость критерия оценки качества?
б) если нужна, то какой характер должна она иметь?

40. У большинства оцениваемых объектов существуют такие свойства, применительно к которым вопрос об их включении (или невключении) в дерево свойств решается в зависимости от того, на каком уровне социальной иерархии находится гипотетический потребитель объекта, от имени и в интересах которого и определяется оценка качества. Например, если при оценке качества мотовелосипеда взять самый низкий уровень социальной иерархии, при которой в роли потребителя выступает конкретный владелец мотовелосипеда, то многие свойства в дерево свойств можно не включать, потому что они непосредственно не влияют на удовлетворение какой-либо конкретной потребности этого потребителя (допустим, свойства «патентная чистота» и «патентная защищенность», «экологичность» и т. д.).

Вместе с тем если взять более высокий уровень иерархии, при котором в роли «совокупного потребителя» выступает уже не отдельный индивидуум, а вся сфера потребления, то эти свойства, безусловно, должны учитываться при оценке качества и включаться в дерево свойств.

Значит, ЛПР должен задать ЛРО уровень социальной иерархии, применительно к которому и определяется оценка качества.

41. Как известно, оценки качества, выраженные в шкале отношений, позволяют определять, во сколько раз качество одного объекта выше (или ниже) качества другого.

В то же время другие шкалы обеспечивают меньший объем информации, касающейся соотношения оценок качества. Так, шкала рангов дает возможность только определить, качество какого из сопоставляемых объектов является выше, но не позволяет ответить на вопрос: во сколько (или на сколько) выше?

Поэтому ЛПР должен задать характер тех задач, которые будут решаться с помощью оценки качества. А ЛРО, исходя из характера задачи, определяет, какая шкала (отношений, интервалов или рангов) должна закладываться в основу разрабатываемой методики оценки.

42. В зависимости от ограничений, накладываемых ЛПР на допустимые затраты времени для определения оценки качества объекта, ЛРО выбирает метод оценки: точный, требующий наибольших затрат времени; приближенный или упрощенный (связанный с минимальным временем).

43. Если оцениваемый объект по своему характеру уникальный и методика оценки будет использована только один раз (например, ввиду отсутствия других эквивалентных объектов), то нет смысла в рамках этой методики создавать расчетные номограммы, а тем более машинные программы, облегчающие вычисление значения показателя качества, достаточно ограничиться расчетными формулами.

В случае же, если методика предназначена для многократного применения, и номограммы, и программы для ЭВМ очень желательны. Поэтому ЛРО вместе с ЛПР должно решить вопрос о кратности использования методики оценки.

44. Технология определения значения показателей стохастических свойств существенно зависит от того, определяется оценка качества конкретного объекта (например, радиолы «Урал-114», заводской номер 11235) или группы однородных объектов (например, вообще радиол модели «Урал-114»). ЛРО должно знать четкий ответ на этот вопрос.

45. В зависимости от конкретных условий (которые задает и разъясняет ЛПР), разрабатываемая методика оценки качества может быть ориентирована на ручной счет или же на использование ЭВМ. Поскольку деятельность ЛРО в обоих случаях будет иметь очень значительные особенности, он должен выяснить у ЛПР, на какой вид технологии вычисления значения показателей качества (ручной

или машинный) он должен ориентироваться при создании методики оценки?

46. ЛРО обязан выяснить у ЛПР, должна ли разрабатываемая методика обеспечить возможность оценки не только качества объекта, но и отдельных узлов, агрегатов, деталей, характеризующих этот объект?

47. Крайне редко, но принципиально вполне может встретиться ситуация, при которой ЛПР дает ЛРО задание разработать методику оценки качества какого-то конкретного вида продукции, не зная о том, что в другом учреждении такая методика создана и с ее помощью определены искомые значения показателей качества.

Поэтому во избежание ненужных затрат труда ЛРО, прежде чем начать разрабатывать методику, должен убедиться, что подобная методика не создана кем-либо ранее.

48. Более часто, чем ситуация, описанная в п. 47, может встретиться другая ситуация, при которой значения показателей качества объектов, аналогичных оцениваемому, еще не определены, но зато есть некоторые вспомогательные материалы, необходимые для вычисления оценки качества, например полный перечень свойств объекта, которые необходимо учитывать, или значения коэффициентов весомости отдельных свойств, или эталонные и браковочные значения показателей, и т. д.

Таким образом, еще до начала непосредственной работы над методикой ЛРО должен тщательно выяснить, не имеются ли какие-либо готовые вспомогательные материалы, которые он мог бы использовать в рамках создаваемой им методики?

49, 50. Наконец, выбор между точным, приближенным и упрощенным способом оценки в большой степени зависит от того, какие лимиты времени и трудоемкости отпустил ЛПР в распоряжение ЛРО?

Таковы те вопросы, получение ответов на которые и составляет суть процедуры «Определение ситуации оценки».

7. НЕКОТОРЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ ОЦЕНОК

Ниже будут рассмотрены наиболее важные области, в которых применение оценок качества (полученных по описанному в предыдущих параграфах алгоритму) может дать большой эффект. Одна из этих областей, рассматривае-

мая в 7.1, связана со сферой производства, а другая (анализ ее дается в 7.2) — со сферой потребления. Разумеется двумя этими примерами отнюдь не исчерпываются все возможные направления практического применения квалиметрических оценок в народном хозяйстве. Не менее важное значение имеют и такие аспекты возможного применения оценок качества, как, например, стимулирование технического прогресса и определение сроков морального износа продукции [26].

7.1. Использование квалиметрических оценок в разработке систем управления качеством продукции

В последние годы на многих предприятиях для систематического выполнения работ по повышению качества продукции широкое распространение получили саратовская система бездефектной работы, горьковская система КАНАРСПИ, ярославская система НОРМ, львовская система управления качеством и др.

Реальная полезность таких мероприятий бесспорна. Однако и теоретический анализ, и практическое опробование подобных мероприятий свидетельствуют, что в большинстве случаев не полностью достигается потенциально возможный эффект, который с точки зрения теории могли бы дать системы управления качеством продукции. Дело в том, что при разработке этих мероприятий нередко не учитываются некоторые важные положения, обоснованные в квалиметрии, в теории систем и в теории управления.

Итак, актуальной остается задача повышения успешности функционирования мероприятий по улучшению качества продукции.

С точки зрения теории организации управления для обеспечения успешности функционирования любой работы, необходимо, чтобы все участники этой работы могли и хотели ее делать. В свою очередь, чтобы мочь, необходимо знать, что делать, уметь и успевать это делать. А для того, чтобы работник хотел выполнять какую-то работу, нужно, чтобы его работа была оценена (т. е. определено, насколько хорошо она выполнена) и стимулирована к хорошему выполнению. Таким образом, применительно к работе по совершенствованию мероприятий с целью улучшения качества про-

дукции условия ее успешного выполнения могут быть представлены так, как это показано в табл. 16.

ТАБЛИЦА 16

Условия успешного выполнения мероприятий по улучшению качества продукции

Работники, совершенствующие мероприятия по улучшению качества продукции, добиваются успеха, если они	могут успешно работать	знают, как совершенствовать мероприятия умеют совершенствовать мероприятия успевают совершенствовать мероприятия
	хотят успешно работать	их работа оценивается их работа стимулируется

Рассмотрим необходимые и достаточные условия успешной работы в том порядке, как они перечислены в последнем столбце табл. 16.

Знать, как совершенствовать мероприятия по улучшению качества продукции. Для этого целесообразно рассмотреть подобные мероприятия в четырех основных аспектах.

1. Что должно являться объектом таких мероприятий?

2. Когда (на каком этапе производства) должны проводиться эти мероприятия?

3. Зачем должны проводиться мероприятия?

4. Как должны проводиться мероприятия?

Разберем каждый из этих аспектов более подробно.

1. Что должно являться объектом мероприятий по улучшению качества? Считается, что объект всех упомянутых выше мероприятий один и тот же — качество выпускаемой продукции. Но, в действительности, это далеко не всегда так: зачастую, говоря о качестве, на самом деле имеют в виду четыре совершенно различных понятия, отличающиеся друг от друга степенью своей сложности и фактически в совокупности представляющие четыре градации понятия «качества». Эти четыре градации удобно расположить в ряд в соответствии с порядком их возрастания по сложности (табл. 17).

Легко заметить, что каждое более сложное понятие, приведенное в табл. 17, несет в себе больше информации

Различные понятия, на практике объединяемые общим термином «качество»

Степень сложности понятия (с точки зрения количества учитываемых в нем свойств продукции)	Примеры приложения этих понятий к конкретной продукции (автомобильному двигателю)
Отдельное свойство	Чистота обработки внутренней поверхности цилиндра
Комплекс из нескольких отдельных свойств	Ресурс двигателя
Комплекс всех свойств, характеризующих функциональность и эстетичность продукции (но без учета ее экономичности)	Качество двигателя
Комплекс всех свойств, характеризующих качество и экономичность продукции	Интегральное качество двигателя

по сравнению с предыдущим, менее сложным понятием. Понятно также, что чем более сложное такое понятие выбирается объектом мероприятий по улучшению качества продукции¹, тем больший эффект может быть получен. В самом деле, улучшить качество продукции в целом гораздо важнее и предпочтительнее, чем улучшать только одно из многих свойств, в совокупности составляющих качество, а еще более целесообразным является улучшение даже не качества, а интегрального качества продукции. К сожалению, на практике крайне редко объектом мероприятий выбирают качество (тем более интегральное качество) продукции, улучшают чаще всего отдельные свойства или, в лучшем случае, комплекс свойств. Правда, такое улучшение отдельных свойств (или их комплекса) может привести и к улучшению качества и интегрального качества, если при этом все остальные свойства продукции по крайней мере не ухудшаются. Но на практике так бывает далеко не всегда, и, например, улучшение надежности может сопровождаться ухудшением весогабаритных характеристик, а улучшение эстетических показателей нередко сопровождается ухудшением показателей экономических. И совсем не всегда ясно, как при

¹ В дальнейшем для простоты вместо «мероприятия по улучшению качества продукции» будет употребляться просто термин «мероприятия».

подобных изменениях (когда одни свойства улучшаются, а другие — ухудшаются) будет изменяться качество или интегральное качество — будет ли оно тоже улучшаться, или ухудшаться, или оставаться без изменения?

Итак, на основе изложенного выше может быть дана **первая рекомендация** по разработке мероприятий: для получения наибольшего эффекта объектом мероприятий нужно принимать не отдельное свойство или комплекс свойств и даже не качество продукции, а ее интегральное качество.

2. Когда (на каком этапе производства) должны проводиться мероприятия по улучшению качества? Как известно, качество ¹ готовой продукции определяется тремя факторами, которые условно можно считать проявляющимися на трех этапах производства (табл. 18).

ТАБЛИЦА 18

Факторы, влияющие на качество готовой продукции

Характеристика готовой продукции	Факторы, определяющие качество готовой продукции	Этапы производства, на которых проявляются факторы, определяющие качество продукции
Качество готовой продукции	Качество проекта Качество материалов ¹ Качество работы по изготовлению продукции	Этап проектирования Этап производства материалов Этап непосредственного изготовления продукции

¹ Здесь и далее для простоты будет употребляться термин «материалы», но им будут обозначаться не только собственно материалы, полуфабрикаты, но и комплектующие детали, изделия, оборудование — в общем, все то, что составляет материальную основу готовой продукции.

В связи со сказанным возможны три градации мероприятий (по этапам, на которых они проводятся): на одном из трех этапов, на двух из трех этапов, на всех трех этапах (т. е. на всех стадиях производства готовой продукции). На практике в подавляющем большинстве случаев мероприятия касаются только одного какого-то этапа (чаще всего этапа непосредственного изготовления продукции, т. е. объектом мероприятий принимается качество работы

¹ Все приводимые здесь рассуждения справедливы не только по отношению к качеству, но и к интегральному качеству.

по изготовлению продукции). Реже подобные мероприятия охватывают два этапа (качество материалов и качество работы) и только чрезвычайно редко эти мероприятия касаются всех трех этапов производства продукции. (Хотя, как нетрудно заметить, наиболее эффективными являются как раз такие мероприятия, которые относятся именно ко всем трем этапам одновременно.)

Легко понять также, что обоснованные выше (см. табл. 17) четыре градации понятия «качество» (свойство, комплекс свойств, качество и интегральное качество) применимы не только по отношению к готовой продукции, но и к каждому из трех факторов, действующих на различных этапах производства (к проекту, материалам и работе). Иначе говоря, вполне правомерно считать, что существует, например, отдельное свойство проекта; или комплекс свойств материалов; или интегральное качество работы.

С учетом сказанного **вторая рекомендация** по разработке мероприятий сводится к следующему: наибольший эффект может быть получен тогда, когда мероприятия проводятся применительно к интегральному качеству готовой продукции, с учетом интегрального качества проекта, материалов и работы.

3. Зачем проводятся мероприятия? Любой из четырех возможных объектов мероприятия (свойство, комплекс свойств, качество, интегральное качество) на любом из трех этапов производства (проектирование, производство материалов, изготовление продукции) может подвергаться одному из двух возможных воздействий — повышению или управлению. Разница между этими двумя видами воздействий состоит в том, что при управлении происходит повышение в заданных размерах и в заданные сроки. Частным случаем управления является обеспечение, когда качество не повышается и не понижается; а стабилизируется на заданном уровне.

Совершенно очевидно, что наибольший эффект народное хозяйство получает не просто от повышения качества (или интегрального качества) продукции, а от повышения его в заданных размерах и в заданные сроки, т. е. от управления им. Поэтому **третья рекомендация** по разработке мероприятий может быть выражена так: наибольший эффект может быть получен тогда, когда проводятся мероприятия по управлению интегральным качеством готовой продукции (с учетом интегрального качества проектов, материалов и работы).

Эта, третья рекомендация является наиболее всеобъемлющей и включает в себя первую и вторую рекомендации как частные случаи.

4. Как проводятся мероприятия? Для обеспечения успешного выполнения любой работы необходимо, чтобы те, кто ее выполняет, знали, что делать, умели и успевали это делать; чтобы их работа оценивалась и стимулировалась (табл. 16). Эти 5 принципов успешной работы должны быть применены не только по отношению к тем, кто разрабатывает мероприятия по управлению качеством продукции, но и прежде всего в отношении тех, кто участвует в создании продукции на каждом из трех этапов производства (проектирование, изготовление материалов, изготовление продукции). Иначе говоря, на любом этапе производства применительно к соответствующим работникам должны быть обеспечены условия «мочь» и «хотеть».

Рассмотрим, что необходимо для обеспечения этих условий на примере этапа проектирования.

В сегодняшней практике работы проектных организаций в большинстве случаев успешное выполнение работы (т. е. повышение качества проектов) зависит не от условия «мочь», а от условия «хотеть». Проанализируем те предпосылки, при наличии которых применительно к проектировщикам обеспечивается условие «хотеть» (стремление высококачественно проектировать). Прежде всего раскроем смысл содержащегося в табл. 19 условия «Возможность оценивать проекты («мочь»), для чего систематизируем обеспечивающие выполнение этого условия факторы (табл. 20).

Так же, как и в табл. 19, все систематизированные в табл. 20 факторы связаны с условиями «мочь» или «хотеть». Сущность этих условий ясна и, по-видимому, не требует специальных пояснений.

Что же касается других элементов, от которых зависит условие «Стремление высококачественно проектировать» (табл. 19), то очевидно, что главное здесь — наличие стимулов, побуждающих проектировщиков постоянно стремиться поддерживать нужный уровень качества проектов.

Рассмотрим этот вопрос более подробно. В современных условиях материальные стимулы представляются наиболее универсальными по сфере применения и очень эффективными по достигаемым результатам. И не случайно; генеральный секретарь ЦК КПСС товарищ Л. И. Брежнев

Условия успешной работы проектировщиков ¹

Для успешной работы проектировщиков необходимы	Возможность высококачественно проектировать («мочь»)	Наличие четко сформулированных заданий на проектирование и исходных данных («знать»)	Заказчик может дать задание и исходные данные («мочь»)
			Заказчик стремится дать задание и исходные данные («хотеть»)
	Достаточная квалификация проектировщиков («уметь»)		Возможность обеспечить достаточную квалификацию проектировщиков («мочь»)
			Стремление обеспечить достаточную квалификацию проектировщиков («хотеть»)
	Достаточные силы и средства для выполнения работы в срок («успевать»)		Достаточное число проектировщиков
			Достаточное материально-техническое обеспечение работы проектировщиков (помещения, инструменты, приспособления и т. д.)
Стремление высококачественно проектировать («хотеть»)	Работа проектировщиков оценивается («оценка»)		Возможность оценивать проекты («мочь»)
			Стремление оценивать проекты («хотеть»)
	Работа проектировщиков стимулируется («стимулы»)		Возможность стимулирования работы проектировщиков («мочь»)
		Стремление стимулировать работу проектировщиков («хотеть»)	

¹ Здесь и в дальнейшем термином «проектировщики» обозначаются все те работники (собственно проектировщики, конструкторы, исследователи и т. д.), трудом которых создается техническая документация на изготовление продукции — ее проект.

Основные условия, обеспечивающие возможность оценивать проекты

Возможность оценивать проекты («мочь»)		<p>Органы информации (например, ЦИТИ, а также отделы информации головных институтов) систематизируют данные о параметрах мирового уровня проектов («мочь»)</p>	<p>Систематизация параметров мирового уровня — составная часть плана работы соответствующих органов информации («хотеть»)</p>
Наличие данных о параметрах проектов («знать»)		<p>Параметры проектов, соответствующие лучшему мировому уровню</p>	<p>Наличие инструкций по численной оценке отдельных параметров, характеризующих качество проектов («мочь»)</p>
Наличие практических методик оценки ка-		<p>Параметры оцениваемого проекта</p>	<p>Численные оценки параметров проектов в обязательном порядке становятся составной частью технической документации («хотеть»)</p>
		<p>Возможность иметь методики («мочь»)</p>	<p>Знать общие принципы разработки методик («знать»)</p>
		<p>Наличие практических методик оценки ка-</p>	<p>Уметь разрабатывать методики («уметь»)</p>

<p>чества проектов («уметь»)</p>	<p>Стремление иметь методики («хотеть»)</p>	<p>Иметь достаточное число разработчиков методик («успевать»)</p> <p>Контроль за выполнением заданий по подготовке методик («оценивать»)</p> <p>Санкции за невыполнение заданий по подготовке методик («стимулировать»)</p>
<p>Достаточно малая трудоемкость определения оценок качества проектов («успевать»)</p>	<p>Органы информации могут своевременно выдавать нужную информацию («мочь»)</p> <p>Органы информации стремятся своевременно выдавать нужную информацию («хотеть»)</p>	<p>Знание периодичности выдачи информации и ее потребителей («знать»)</p> <p>Отработанная технология выдачи информации («уметь»)</p> <p>Применение средств механизации и автоматизации выдачи информации («успевать»)</p> <p>Контроль за соблюдением сроков выдачи информации («оценивать»)</p> <p>Санкции за несоблюдение сроков выдачи информации («стимулировать»)</p>

в докладе на XXV съезде КПСС подчеркивал важность материальных, экономических стимулов: «Другое направление работы — более умелое использование экономических стимулов и рычагов: хозяйственного расчета, прибыли, цены, премии».

Поэтому при сохранении моральных стимулов стимулы материальные все-таки должны быть главным рычагом в обеспечении достижения заданной величины уровня качества проектов.

Какой же должна быть система экономического стимулирования? И прежде всего — что она должна стимулировать?

Как известно, любая продукция необходимо и достаточно характеризуется тремя наиболее общими показателями: количеством D , качеством K и затратами на ее производство и потребление C . Если использовать обоснованное в главе 2 понятие «интегральное качество» K_{Σ} , связанное с показателями D , K и C некоторой функциональной зависимостью $K_{\Sigma} = f(D, K, C)$, то можно утверждать, что показатель интегрального качества K_{Σ} позволяет сопоставлять получаемые обществом результаты (D и K) с понесенными обществом затратами (C), т. е. представляет собой показатель эффективности общественного производства.

Таким образом, качество проектов целесообразно оценивать с помощью показателя интегрального качества K_{Σ} .

Что же касается уровня интегрального качества проекта y , то согласно теории квалиметрии он должен определяться из соотношения

$$y = \frac{K}{K^{\text{эт}}},$$

где K — показатель интегрального качества рассматриваемого проекта;

$K^{\text{эт}}$ — принятая за эталон величина показателя интегрального качества на данный момент лучших в мире проектов изделий аналогичного типа¹.

Величина y может быть меньше или равна 1. В связи с непрерывным ростом величины $K^{\text{эт}}$ численное значение y для каждого данного оцениваемого проекта с течением времени неизбежно понижается.

¹ Разумеется, исчисление величины $K^{\text{эт}}$ достаточно сложная задача, так как если эталон взят по зарубежному образцу, то для него зачастую трудно получить информацию о значениях отдельных показателей Q_i .

Ограниченность ресурсов, имеющихся в каждый определенный момент в распоряжении общества, не позволяет одновременно по всем создаваемым проектам иметь уровень интегрального качества $u = 1$.

Поэтому целесообразно принять следующий порядок: в начале каждой пятилетки директивные органы устанавливают для каждой отрасли (или подотрасли) промышленности (а возможно, и для каждого вида продукции) величину $u = 1$. Такие значения u становятся важнейшими плановыми показателями. При этом во внимание должна приниматься относительная важность для народного хозяйства в целом продукции каждого типа. Иначе говоря, более важным видам продукции будет планироваться и большая величина u (методы установления подобных относительных важностей, как известно, разрабатываются в квалиметрии).

И вся система экономического стимулирования в этом случае должна быть направлена на решение единственной задачи — поддержание в течение планируемого периода (пятилетки) заданной плановой величины u . Действенным средством ее решения было бы установление такого порядка ценообразования, при котором цена проекта в определенных пределах зависела бы от соблюдения величины u , установленной на определенный срок (например, на пятилетку) для проекта данного вида продукции.

Общий принцип, вероятно, мог бы быть следующим: снижение ниже установленной величины показателя u автоматически должно приводить к снижению цены проекта. Причем к такой величине снижения, которая бы оказывала стимулирующее влияние на работу проектировщиков.

Таким образом, совокупность показателя u и мер экономического стимулирования поможет усилить воздействие плана на повышение технического уровня производства и качества продукции, на ускорение темпов роста производительности труда, более экономное использование основных фондов, материальных и финансовых ресурсов.

Описанный механизм стимулирования высокого качества может быть применен не только по отношению к проектам, но и для повышения качества материалов и работы по изготовлению продукции. Этот экономический по своему характеру механизм автоматически, без специального административного вмешательства будет побуждать соответствующих руководителей постоянно работать над та-

ким повышением интегрального качества выпускаемой продукции, которое обеспечит соблюдение установленной директивными органами величины показателя *y*.

Сформулируем **четвертую рекомендацию** по разработке мероприятий: на всех трех этапах производства (проектирование, изготовление материалов, изготовление продукции) для всех работников должны быть созданы такие условия, чтобы они могли и хотели выполнять порученную им работу.

Теперь, после анализа первого условия («знать») успешной работы по созданию системы управления интегральным качеством продукции, рассмотрим оставшиеся 4 условия в том порядке, в котором они перечислены в табл. 16.

Уметь совершенствовать мероприятия по улучшению качества продукции. Фактически система управления качеством разбивается на три основные подсистемы (управление качеством проектов, управление качеством материалов и управление качеством работы).

Опыт разработки систем управления качеством показывает, что очень важно обеспечить «стыковку» отдельных подсистем. Иначе получаемые в каждой подсистеме результаты будут несопоставимыми. Поэтому должна быть единая методология оценки качества (проектов, материалов, работы); единая методология стимулирования повышения качества; единая методология определения размеров требуемых трудовых ресурсов и т. д., т. е. всех тех элементов, которые присутствуют в каждой подсистеме (см. табл. 18—20).

Для этого необходимо, чтобы в процессе разработки мероприятий кроме отдельных организаций-исполнителей, работающих по отраслевому признаку (например, для автомобильного завода — управление качеством двигателя, ходовой части, шасси, кабины, электрооборудования и т. д.), должны быть руководители по каждому функциональному направлению — по оценке качества (объединяющему оценку качества проектов, материалов и работы); по материальному стимулированию (объединяющему сферы проектирования, производства материалов и изготовления продукции); по определению потребных ресурсов и т. д. Иначе говоря, должна функционировать система, аналогичная применяемой в проектных институтах; есть главные инженеры проектов (отраслевой принцип), но есть и главные специалисты (функциональный принцип).

При подобной организации работы над мероприятиями будет обеспечено условие «уметь».

Сформулируем **пятую рекомендацию** по разработке мероприятий: основные функциональные направления разработки мероприятий в научном отношении должны координироваться специальным работником, обеспечивающим единую методологию решения проблемы.

Успевать совершенствовать мероприятия по улучшению качества продукции. Имеющийся опыт разработки некоторых систем управления показывает, что многие хорошие идеи (например, автоматизированная система проектирования объектов строительства — АСПОС) оказались нереализованными в намеченные сроки из-за того, что для их разработки не было выделено достаточное число специалистов. В связи с этим можно сформулировать **шестую рекомендацию**: количество участников разработки мероприятий должно быть таким, чтобы обеспечить завершение работы в заданный срок.

Выше применительно к разработчикам системы управления качеством были рассмотрены три фактора (знать, уметь, успевать), обеспечивающие выполнение условия «мочь».

Что касается факторов, обеспечивающих условие «хотеть» (табл. 16), то коротко о них можно сказать следующее.

Фактор «оценивать» должен и может быть подкреплен методиками оценки, разработанными на основе теории квалиметрии (и, в частности, того ее алгоритма, который был кратко описан в главе 6).

И наконец, последний, пятый фактор — «стимулировать». Для обеспечения проявления этого фактора необходимо, чтобы разработку мероприятий возглавляло достаточно ответственное лицо (или организация), имеющее реальную власть и способное заставить всех соисполнителей выполнить в срок возложенную на них работу. При этом отнюдь не исключается применение не только административных (дисциплинарных) стимулов, но и стимулов другого типа, например материальных.

Таковы те общие условия, соблюдение которых позволит разрабатывать наиболее эффективные системы управления качеством продукции.

Важнейшим элементом описанных мероприятий по разработке систем управления качеством являются квалиметрические методики (и полученные с их помощью

оценки качества). Без них любая система управления качеством будет гораздо менее эффективна.

А теперь рассмотрим одно из возможных и наиболее важных направлений использования квалиметрических оценок в сфере потребления.

7.2. Квалиметрические оценки — средство информации потребителя о качестве

Если рассмотреть весь цикл жизни нового изделия от создания его проекта и до использования этого изделия потребителем, то условно можно выделить 3 ключевых этапа такого цикла.

Этап создания — проектировщик проектирует новое изделие, оно изготавливается и поступает в продажу.

Этап распределения — потребитель из нескольких образцов выбирает наиболее подходящее ему изделие (при схожей стоимости — лучшее по качеству) и покупает его.

Этап эксплуатации — потребитель эксплуатирует приобретенное изделие.

Одной из проблем, присущей каждому из этих этапов, является проблема информации, необходимой для обеспечения оптимальности действий на каждом этапе. Но на первом и третьем этапах эта проблема сегодня стоит менее остро, чем на этапе распределения.

В самом деле, на этапе проектирования (создания) в распоряжении проектировщика имеется большое количество информационных материалов — статей, книг, каталогов, проспектов и т. д., которые он может использовать для повышения эффективности своей работы, т. е. для создания лучшего, оптимального проекта изделия. Сравнительно неплохо обеспечен информацией и третий этап — этап потребления: инструкции и руководства по эксплуатации, всевозможные памятки, технические паспорта и т. д., в общем, обеспечивают потребителю достаточно эффективное применение приобретенного им изделия, т. е. оптимальное его функционирование.

Что касается второго этапа (этапа распределения), то здесь положение с информацией с каждым годом ухудшается. Проявляется это в том, что покупателю становится труднее ориентироваться в предложенной ему все увеличивающейся массе разновидностей изделий сходного назначения. И дело здесь не только (и не столько) в психологических неудобствах, испытываемых в процессе такого выбора потребителем, сколько в том важном обстоятельстве, что в подоб-

ных условиях возрастает вероятность того, что потребитель сделает не самый лучший, не оптимальный выбор.

Рассмотрим в связи с этим картину, достаточно типичную для большинства товаров широкого потребления.

Покупатель приходит в магазин электротоваров, допустим он хочет купить полуавтоматическую стиральную машину. Ему на выбор предлагают как минимум дюжину машин разной цены, разного внешнего оформления и, самое главное, разного сочетания потребительских, функциональных свойств (т. е. разного качества). Одна машина надежна в работе, прекрасно отжимает белье, но в процессе стирки сильно его перекручивает (что понижает прочность ткани) и требует перекалывания белья из стирального бака в бак для отжима. В машине же другого типа все процессы производятся в одном баке, белье изнашивается меньше, но степень отжима недостаточна и белье надо досушивать. Одна машина лучше по габаритам, но хуже по надежности. Другая — наоборот. И положение покупателя совсем не простое, если учесть, что качество машины определяется несколькими десятками свойств, характеристики которых различаются у разных марок машин. И никакой, даже самый крупный специалист по стиральным машинам (не говоря уже, конечно, о рядовом покупателе) не способен одновременно сопоставить все эти сотни характеристик и дать точный ответ: какую машину лучше купить (т. е. качество какой машины лучше).

Поэтому, выбрав из нескольких марок приблизительно одинаковых по стоимости машин какую-то определенную марку, потребитель отнюдь не уверен, что он выбрал самую лучшую по качеству машину, т. е. что он принял оптимальное решение.

С похожей ситуацией все чаще начинают сталкиваться при покупке не только стиральных машин, но и сотен других видов товаров широкого потребления — фотоаппаратов и телевизоров, швейных машин и велосипедов, дамских духов и электробритв и т. д. Таким образом, возникла внешне парадоксальная ситуация: потенциальной информации, само назначение которой облегчить покупателю выбор нужного товара, очень много (десятки параметров по десяткам разновидностей изделия); в то же время по мере возрастания объема потенциальной информации потребителю все труднее сделать лучший, оптимальный выбор, а это значит, что соответственно уменьшается реальная (т. е. фактически используемая им) информация. И разрыв между

потенциальной и реальной (предложенной и используемой) информацией на этапе распределения произведенных товаров все возрастает. Итак, в данном случае слишком обильная информация — это плохая информация.

Создавшееся положение имеет объективные причины.

Раньше, в прошлых десятилетиях (и тем более в прошлых столетиях) смена моделей изделий одного и того же назначения происходила значительно реже, чем сегодня, когда по некоторым товарам новая модель выпускается на рынок одним и тем же производителем ежегодно (а то и два раза в год).

Наряду с тенденцией уменьшения интервала между появлением новых моделей, выпускаемых одним и тем же предприятием (фирмой), явственно проявляется и другая тенденция — увеличение одновременно предлагаемых на рынке моделей изделий одного и того же назначения, но произведенных разными (зачастую иностранными) предприятиями. Количество таких разновидностей одного и того же изделия по некоторым товарам широкого потребления достигает десятков (а в некоторых случаях даже сотен).

Наконец, существует и третья тенденция, связанная с постоянно усложняющейся конструкцией выпускаемых изделий. Если изделие, выпускавшееся в прошлом веке, как правило, основывалось на достижениях в какой-то одной области науки или техники (только механики или только оптики и т. д.), то сегодня положение совершенно иное, даже детские игрушки, не говоря уже о товарах, предназначенных для обычного, «взрослого», применения, все больше характеризуются использованием в их конструкции достижений не одной, а нескольких областей науки и техники. Например, современный цветной телевизор аккумулирует в себе успехи электроники, электротехники, радиотехники, оптики, химии, механики, акустики, эргономики и дизайна.

Все сказанное делает понятным, почему в прошлых десятилетиях (и тем более в прошлых столетиях) у потребителя на этапе распределения (т. е. при покупке им нового товара) не возникало тех трудностей в обеспечении оптимальности выбора, с которыми сталкивается потребитель сегодняшнего дня. В самом деле, относительно большая длительность выпуска одной и той же разновидности определенного изделия, сравнительно небольшое количество одновременно находящихся в продаже этих разновидностей и, наконец, относительная простота их конструкции

позволяли покупателю достаточно хорошо изучить то изделие, которое он собирался приобрести (используя при этом и свою способность разобраться в устройстве, конструкции изделия, и свой предыдущий опыт его эксплуатации, и опыт других потребителей). В результате вероятность того, что произведенный им выбор являлся оптимальным, раньше была значительно выше, чем сегодня.

Чтобы облегчить положение сегодняшнего потребителя, применяются только два средства: во-первых, реклама предприятий-изготовителей и, во-вторых, стандартизированная в отдельных странах в государственном масштабе система классификации (или оценки) качества производимых товаров (путем назначения сорта, категории или иного показателя качества, например Знака качества, путем присуждения им золотых и серебряных медалей, почетных дипломов на выставках и ярмарках).

Однако оба этих средства в сегодняшних условиях недостаточно эффективны для обеспечения оптимальности выбора изделия потребителем.

Что касается рекламы, то по самой своей сути она является недостаточно объективным, односторонним источником информации, выпячивающим положительные и затушевывающим отрицательные свойства рекламируемого изделия. Кроме того, отсутствует единая методология рекламы (с точки зрения формы и содержания излагаемой в рекламе информации), в результате чего для потребителя оказывается невозможным на основании рекламы сделать достаточно полное и обоснованное заключение об относительном превосходстве по качеству какой-то модели изделия по сравнению с другими имеющимися на рынке ее разновидностями.

И наконец, очень часто в рекламе сообщаются такие данные о товаре, которые в неявном виде предполагают, что покупатель (потребитель) является энциклопедически образованным человеком, — заблуждение, отмеченное К. Марксом еще в прошлом веке, и названное им «юридической фикцией». В самом деле, многие ли покупатели при приобретении радиоприемника или радиолы могут разобраться в реальном значении для качества изделия таких, например, часто рекламируемых параметров, как диапазон средних волн в кГц: 525—165; реальная чувствительность в диапазоне ДВ в мВ/м: не хуже 2,5; избирательность (при расстройке на ± 10 кГц): не хуже 20 дБ; номинальная выходная мощность в мВт: 150. (Эти данные взяты из

реальной, напечатанной тиражом 5 млн. экз. рекламы радиоприемника «Вега-402».)

Мало с точки зрения обеспечения покупателем оптимального выбора помогает сегодня и товарное этикетирование, дающее информацию о Знаках качества, сортах, присужденных изделию медалях, дипломах и т. д. Ибо сообщаемые потребителю в такой форме сведения являются слишком грубыми с точки зрения количества (обычно равного трем) учитываемых градаций. В самом деле, Знак качества чаще всего предусматривает только три градации в оценке качества — высшую, среднюю и низшую категории. Сорта в большинстве случаев имеют тоже только три градации. Столько же градаций имеют обычно и дипломы (три степени), медали (золотые, серебряные и бронзовые) и т. д. Но какая из двух, например, электробритв, отмеченных Знаком качества, или из двух телерадиол, отмеченных золотой медалью Лейпцигской ярмарки, является лучшей — потребитель установить не может.

Поэтому нужен принципиально иной подход к оценке качества товаров и к доведению информации об этой оценке до потребителя на этапе распределения. Целью этого нового подхода должно являться уменьшение неопределенности, с которой сталкивается потребитель в процессе выбора им лучшей модели требующегося ему изделия. Средствами обеспечения этого нового подхода должны явиться квалиметрия и стандартизация. Что же конкретно необходимо для реализации этого нового подхода? Есть ли сегодня в этом отношении необходимые предпосылки?

Во-первых, нужно разработать и стандартизировать (желательно в международном масштабе) систему показателей, характеризующих качество каждого изделия определенного назначения. Это, как следует из теории квалиметрии, должна быть именно система, имеющая многоуровневый иерархический характер (типа «дерево показателей»), а не просто набор (список) отдельных показателей. Учитывая, что теоретические правила построения деревьев обоснованы в квалиметрии, в которой накоплен также и достаточно обширный опыт построения таких иерархических систем, нет каких-либо непреодолимых трудностей в разработке для каждого типа изделий системы подобных показателей. По-видимому, вполне разрешим вопрос и о международной стандартизации подобных систем показателей. Значит, первую предпосылку можно считать принципиально вполне выполнимой.

Во-вторых, для каждого типа изделия необходимо разработать (и опять-таки стандартизировать в международном масштабе) методику оценки уровня его качества. При этом удобно принять шкалу оценки качества в интервале от 0 до 1, где 1 соответствует качеству наилучшего в мире изделия данного типа. Как было показано в данной книге, теория оценки уровня качества базируется на квалиметрии, в которой накоплен обширный опыт практического создания соответствующих методик. Значит, принципиально осуществима и вторая предпосылка.

И, в-третьих, нужно стандартизировать в международном масштабе форму и содержание товарной (торговой) этикетки для всех типов товаров, с тем чтобы на такой этикетке наряду с продажной стоимостью стояла и числовая оценка уровня качества продаваемого изделия. Причем, как уже отмечалось выше, эта оценка должна исчисляться по отношению к лучшей в мире по качеству (на определенном этапе) модели изделия, оценка качества которой принимается за 1. Таким образом, подобные оценки могут в концентрированном виде заменить, аккумулировать для потребителя всю ту чрезмерно обширную информацию об отдельных характеристиках товара, которую он все равно переработать, как правило, не в состоянии и которая фактически не облегчает, а затрудняет потребителю выбор лучшей модели изделия. Нет каких-либо веских оснований считать, что и эта, третья предпосылка не может быть осуществлена.

Следовательно, может быть теоретически разработан и практически осуществлен новый подход к передаче потребителю на этапе реализации концентрированной и удобной в использовании информации о качестве приобретаемого товара, что поможет резко повысить оптимальность производимого покупателем выбора.

Нужно отметить, что лежащие в основе подобной информации комплексные оценки качества могут оказаться полезными не только потребителю (на втором этапе), но и проектировщику (на первом этапе), например на конкурсах проектных разработок, при сравнении и оценке самим проектировщиком предварительных проработок отдельных вариантов и т. д. Итак, соединение квалиметрии и стандартизации может помочь решить актуальную и важную задачу по созданию лучших образцов изделий и обеспечению наиболее эффективной, оптимальной формы передачи потребителю информации о их качестве.

Значительная часть этой книги посвящена новым результатам, полученным в теории квалиметрии. Но, разумеется, было бы абсолютно неправильно считать, что эта теория уже является полностью разработанной и завершенной и что количественные оценки, соответствующие сегодняшнему уровню развития квалиметрии, очень точно отражают истинное качество оцениваемых объектов.

В самом деле, даже если бы теория квалиметрии уже была абсолютно полной и завершенной, то и тогда к ней был бы применим известный тезис марксистской философии, что всякая теория в лучшем случае лишь намечает основное, общее, лишь приближается к охвату сложности жизни.

А ведь теория квалиметрии в том виде, в котором она описана в этой книге, отнюдь не является полной. Так, например, она базируется на использовании только шкалы отношений, но не шкал порядка или интервалов. О ее неполноте свидетельствуют и нерешенные проблемы, описанные во втором разделе.

Таким образом, есть все основания утверждать, что теория квалиметрии еще очень далека от завершения, как далеки от совершенства и полученные на ее основе квалиметрические оценки.

Прочтя эту фразу, скептик может сказать: «А, вообще, нужны ли тогда оценки качества, полученные с помощью квалиметрии?»

На подобные, иногда действительно задаваемые (а еще чаще — невысказанные, но подразумеваемые) вопросы автор, перефразируя относящийся к исследованию операций афоризм, предпочитает ответить так: «Квалиметрия есть способ неточной оценки качества в условиях, когда любые другие способы дают еще менее точную оценку».

Перед квалиметрией сейчас стоят две главные задачи:

1) для теоретической квалиметрии — улучшить оценку качества, т. е. повысить точность, надежность и умень-

шить трудоемкость их получения; 2) на основе такого улучшения обеспечить в прикладной квалиметрии условия для более широкого и всестороннего внедрения квалиметрических оценок в практику.

Последняя задача в основном зависит от того, удастся ли существенно сократить трудоемкость и время, необходимые, чтобы получить квалиметрическую оценку какого-то объекта. И, в частности, учитывая, что экспертный метод является, с одной стороны, важнейшим инструментом для определения значений относительного показателя качества, а с другой стороны, главной причиной значительных затрат труда и времени, необходимых для проведения квалиметрического анализа, удастся ли существенно снизить эти затраты?

Положительный ответ на этот вопрос важен по следующей причине. В настоящее время квалиметрические оценки (подавляющее большинство которых основано на экспертном методе) применяются только для относительно небольшой доли выпускаемой продукции. Но если руководствоваться той технологией экспертной оценки качества, которая существует сегодня, то использовать такие оценки для большинства (а тем более — для всех) видов продуктов труда принципиально не удастся. Не удастся потому, что просто невозможно будет найти нужное количество экспертов. Конечно, для учета функциональных и экономических свойств затраты труда экспертов относительно невелики — они нужны только на первых этапах алгоритма квалиметрической оценки, когда разрабатываются вспомогательные материалы, необходимые для такой оценки. А эти материалы, как уже отмечалось в третьем разделе, разрабатываются сразу на большую группу объектов данного типа и поэтому остаются пригодными в течение нескольких лет.

Но совершенно иначе обстоит дело с определением значения показателя эстетичности — здесь без экспертов сегодня принципиально невозможно обойтись. Невозможно потому, что они нужны не только (и не столько) на первых двух этапах (где рассматривается тип объекта), сколько на последнем, третьем, этапе, на котором оценивается эстетичность **конкретного образца объекта** данного типа (а таких образцов в каждом типе может быть несколько тысяч).

Широкое внедрение методов квалиметрического анализа может тормозиться именно тем обстоятельством,

что невозможно будет найти достаточное число экспертов для оценки эстетичности конкретных оцениваемых образцов продукции данного типа. Ведь если говорить только об оценке эстетической составляющей качества нескольких сотен тысяч типов продукции (применительно к которым не учитывать красоту внешнего вида — значит резко понижать точность квалиметрического анализа), то для экспертной оценки их качества потребуются десятки миллионов экспертов. (С учетом того, что каждый тип продукции имеет несколько — от десятков до тысяч — разновидностей, моделей и что минимальное требуемое количество экспертов, обеспечивающее достоверность коллективной экспертной оценки, равно 10.)

Таким образом, экспертному методу, являющемуся главным инструментом оценки качества, свойствен коренной недостаток — невозможность использования для оценки качества одновременно всей (или большей части) производимой продукции.

Возникает вопрос: а можно ли разработать такую методику комплексной количественной оценки качества различных предметов и явлений, в которой были бы использованы все положительные стороны экспертного метода и при этом удалось бы избежать отмеченного выше его основного недостатка? Автор убежден, что это возможно. Его убеждение основывается на учете следующих соображений.

В последние годы бурно развивается одна из наиболее перспективных ветвей прикладной математики — теория распознавания образов. На основе реализации принципов этой теории станет возможным быстрый и достаточно точный автоматический перевод с одного языка на другой; в широких масштабах может быть внедрена машинная (с помощью ЭВМ) автоматическая диагностика болезней и многое, многое другое.

Как же нужно преобразовать технологию экспертного метода, чтобы достичь такой цели? Рассмотрим этот вопрос на примере состоящего из трех этапов алгоритма экспертной оценки эстетичности объектов определенного типа.

На первом этапе выделяется эталонное множество $n^{\text{эт}}$ тех свойств, которые вызывают эстетическое впечатление при визуальном восприятии оцениваемого объекта (пропорциональность, масштабность, контрастность, ритм и т. д.). Этот этап работы выполняется специалистами-

исследователями и не является очень трудоемким, так как полученный эталонный перечень свойств остается неизменным и применяется для оценки всего существующего и возможного в ближайшем будущем многообразия образцов данного типа продуктов труда.

Например, однажды выявленный перечень свойств, определяющих эстетичность домашнего холодильника, может быть использован без изменений, несмотря на появление любых новых марок бытовых холодильников. (Разумеется, это будет возможно только до тех пор, пока не появится принципиально новый способ хранения продуктов в квартире, в результате чего конструкция и форма холодильника могут кардинально измениться.)

На втором этапе метрологических методами для каждого j -го объекта ($j = \overline{1, U_{\text{дос}}}$) определяются значения q_i абсолютных показателей отдельных свойств, т. е. измеряются значения показателей Q_i . (Возможность обеспечить такое измерение отмечалась в гл. 3.) Например, для объекта $j = k$ для свойства «контрастность» определяется безразмерное значение показателя $q_{ik} = 0,4$; для свойства «фактура поверхности» определяется выраженное в микрометрах значение показателя шероховатости $q_{ik} = 75\mu$ и т. д.

На третьем этапе экспертов просят дать комплексную оценку эстетичности каждого j -го объекта $K_{эс_j}$, не прибегая при этом к оценкам K_i отдельных свойств (и вообще не определяя эти оценки).

На этом кончается собственно экспертная часть решения задачи. Далее, на четвертом этапе работают специалисты по машинной классификации, которые вводят в память ЭВМ как обобщенные оценки $\{K_{эс_j}\}$, так и набор значений показателей $\{q_j\}$.

При достаточно большой величине исходной, так называемой обучающей, выборки $U_{\text{дос}}$ ($j = \overline{1, U_{\text{дос}}}$) в памяти машины по специальной программе формируется «образ» привлекательного по внешнему виду продукта труда данного типа и образуется шкала оценок, в которых значение показателя эстетичности может изменяться в зависимости от изменения значений абсолютных показателей Q_{ij} .

Таким образом, ЭВМ становится своеобразной хранилищем коллективного суждения экспертов по поводу того, что такое хорошо и что такое плохо в области эсте-

тической составляющей качества продукта труда данного типа.

Первыми четырьмя этапами кончается работа по созданию методики оценки эстетичности объектов определенного типа.

Что же касается оценки эстетичности каких-то конкретных образцов объектов, относящихся к тому же типу, то с этой целью на пятом этапе в память машины вводится набор значений, характеризующих эстетичность показателей $\{q_{ij}\}$. На основе этих исходных данных ЭВМ по специальной программе вычисляет значение комплексного показателя эстетичности $K_{эс}$, оцениваемого объекта.

Таким образом, главное препятствие для повсеместного использования экспертного метода оценки качества — его большая трудоемкость — оказывается устраненным. Ведь экспертный опрос необходимо будет проводить только один раз для каждого типа объектов (а не для каждого конкретного объекта). И такой опрос понадобится проводить довольно редко — не чаще чем один раз в несколько лет, т. е. через такой промежуток времени, за который могут частично измениться эстетические вкусы специалистов.

Если говорить об оценке конкретных образцов продукции, то ее можно будет вычислять как угодно часто и не привлекать для этого ни одного эксперта. Следовательно, будут определяться оценки эстетичности, основанные на коллективных экспертных суждениях, но не требующие использования экспертов, — нечто вроде экспертных оценок без экспертов.

В заключение можно сказать: с квалиметрией многое связано в настоящем; еще больше взаимосвязей с различными видами человеческой деятельности (и, в частности, с производством товаров) ожидают квалиметрию в будущем. И автор надеется, что эта книга может быть полезна всем тем, кому не безразличны настоящее и будущее квалиметрии.

1. Маркс К. Инструкции делегатам временного Центрального Совета по отдельным вопросам. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 16, с. 194—203.
2. Маркс К. Капитал. Т. 1, кн. 1: Критика политической экономии. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 23, с. 907.
3. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 2, кн. 2: Процесс обращения капитала. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 24, с. 3—648.
4. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 3, кн. 3: Процесс капиталистического производства, взятый в мелом. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 25, ч. II, с. 3—551.
5. Маркс К. Капиталистическое производство как производство прибавочной стоимости. (Из подготовительных рукописей к «Капиталу») — В кн.: Архив Маркса и Энгельса. — М., 1933, т. II (VII), с. 5—167.
6. Маркс К. К критике политической экономии. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 13, с. 1—167.
7. Маркс К. Критика политической экономии. (Черновой набросок 1857—1858 годов). Глава о деньгах. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 46, ч. I, с. 51—184.
8. Маркс К. Теории прибавочной стоимости (том IV «Капитала»), ч. I (гл. 1—8). — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 26, ч. I, с. 3—476.
9. Маркс К. Экономическая рукопись 1861—1863 годов. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 47, с. 3—612.
10. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 1—338.
11. Энгельс Ф. Диалектика природы. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 500—626.
12. Энгельс Ф. Наброски к критике политической экономии. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 1, с. 544—571.
13. Энгельс Ф. Письмо к В. Боргиусу (от 25 января 1894 г.). — Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 39, с. 174—177.
14. Ленин В. И. Еще раз о профсоюзах.... — Полн. собр. соч., т. 42, с. 264—304.
15. Ленин В. И. Карл Маркс. — Полн. собр. соч., т. 26, с. 43—93.
16. Ленин В. И. Конспект книги Гегеля «Лекции по истории философии». — Полн. собр. соч., т. 29, с. 219—278.
17. Материалы XXVI съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1981, с.
18. Адлер Ю. П., Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П. Проблематика экспертных методов. — В кн.: Тезисы докладов IV Киевского симпозиума по науковедению и прогнозированию. Ч. 2 и 3. — Киев; 1972, с. 8—10.
19. Азгальдов Г. Г. Количественная мера и проблема красоты в архитектуре. — М.: Стройиздат, 1978, с. 88.

20. Азгальдов Г. Г. О необходимости более полного учета фактора времени при прогнозировании эффективности новых технических решений. — В кн.: Материалы по науковедению. III Киевский симпозиум по науковедению и научно-техническому прогнозированию. — Киев; 1970, с. 127—131.
21. Азгальдов Г. Г. Основы системы управления качеством строительства. — Экономика строительства, 1976, № 5, с. 50—53.
22. Азгальдов Г. Г. Потребительная стоимость и ее измерение. — М.: Экономика, 1971, с. 167.
23. Азгальдов Г. Г., Гличев А. В. и др. Квалиметрия — наука об измерении качества продукции. — Стандарты и качество, 1968, № 1, с. 34—35.
24. Азгальдов Г. Г., Повилейко Р. П. О возможности оценки красоты в технике. — М.: Изд-во стандартов, 1977, с. 120.
25. Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П. Актуальные проблемы квалиметрии. — Стандарты и качество, 1970, № 1, с. 37—40.
26. Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П. О квалиметрии. — М.: Изд-во стандартов, 1973, с. 172.
27. Азгальдов Г. Г., Вартазаров И. С., Хвастунов Р. М. Расчет численности экспертов в зависимости от имеющихся сведений о распределении экспертных оценок. Рукопись депонирована в институте «Информэлектро», регистр. № Д-815.
28. Азгальдов Г. Г., Янпольский А. Р. Об одном из способов повышения точности экспертного метода в задачах квалиметрии и планирования эксперимента. — Экономика и математические методы, 1977, т. 13, № 4, с. 775—778.
29. Аничкина В. Л., Погожев И. Б. Определение коэффициентов весомости при комплексной оценке качества по номинальным и предельным допустимым значениям показателей. — Стандарты и качество, 1971, № 12, с. 33—36.
30. Бекайун Р., Ларичев О. И., Де' Монгольфье Ж. Терни Ж. Линейное программирование с многими критериями. Метод ограничений. — Автоматика и телемеханика, 1971, № 8, с. 108—115.
31. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки в принятии плановых решений. — М.: Экономика, 1976, с. 79.
32. Вилкас Э. И., Майминас Е. З. К проблеме сложных решений. — Кибернетика, 1968, № 5, с. 68—73.
33. Волгин Л. Н. Принцип согласованного оптимума. — М.: Советское радио, 1977, с. 144.
34. Генкин С. И., Михельсон В. Л., Яновский Г. А. Применение корреляционного анализа для определения комплексного показателя технологичности конструкции изделия. — Стандарты и качество, 1973, № 7, с. 17—20.
35. Герасимова Л. В., Погожев И. Б. Комплексная оценка качества проектов и выбор оптимального варианта. (По методу академика А. Н. Крылова). — Стандарты и качество, 1972, № 8, с. 37—39.
36. Гличев А. В., Панов В. П., Азгальдов Г. Г. Что такое качество? — М.: Экономика, 1968, с. 135.
37. Горфан К. Л., Комков Н. И., Миндели Л. Э. Планирование и управление научными исследованиями. — М.: Наука, 1971, с. 187.
38. Дехтяренко В. А. Методические основы комплексной оценки и принятия решений на ранних стадиях проектирования сложных

- систем. — В кн.: Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. — Минск; 1976, т. 1, с. 57—76.
39. Д ж о н с Дж. К. Инженерное и художественное проектирование. Современные методы проектного анализа. — М.: Мир, 1976, с. 374.
 40. Д о л г о ш е и н В. В., А з г а л ь д о в Г. Г. Об определении числа экспертов в задачах оценки качества и планирования эксперимента. — В кн.: Применение пластмасс и других прогрессивных материалов в промышленности. — Кишинев; 1973, с. 185—187.
 41. Д о м о р а ц к и й В. П. и др. Система управления качеством радиоэлектронной аппаратуры. — Экспресс-стандарт, (Отечественный опыт), 1973, № 11, с. 1—5.
 42. Д ю р а н Б., О д е л л П. Кластерный анализ. — М.: Статистика, 1977, с. 128.
 43. Ж у р а в л е в В. Ф., Ж у р а в л е в а Т. А. Определение весовых коэффициентов при распознавании плоских изображений. — В кн.: Вычислительная техника в машиностроении. — Минск, 1972, с. 162—165.
 44. З а к С. Е. Качественные изменения и структура. — Вопросы философии, 1967, № 1, с. 50—58.
 45. З у с м а н Л. Л. Об оценке уровня качества металлопродукции. — Сталь, 1976, № 6, с. 549—552.
 46. И в и н А. А. Основания логики оценок. — М.: Изд-во МГУ, 1970, с. 229.
 47. К а п л у н Л. М., А з г а л ь д о в Г. Г. Количественная оценка качества терминов. — Научно-техническая терминология/ВНИИКИ 1978, № 9—10, с. 17—18.
 48. К и р к п а т р и к Э. Практика обеспечения качества на производстве. — М.: Изд-во стандартов, 1978, с. 247.
 49. К о з л о в Б. И. Взаимосвязь технических, естественных и общественных наук в квалиметрии. — Методологические и социальные проблемы техники и технических наук, 1976, вып. 3, с. 155—163.
 50. К о ч е т о в а Г. П., Б о г д а н о в Д. И., Я р о с л а в с к и й В. Л. Метод количественной сравнительной оценки качества изделий. — Стандарты и качество, 1969, № 4, с. 36—38.
 51. К р а в ч е н к о Т. К. Метод экспертных оценок. — В кн.: Целевая стадия планирования и проблемы принятия социально-экономических решений (ЦЭМИ). — М.; 1972, с. 274—306.
 52. К р у г л и к о в В. А., Т а р а с е н к о Э. Н. Определение коэффициентов весомости при оценке качества изделий. — Надежность и контроль качества, 1979, № 5, с. 27—30.
 53. К у б а р е в А. И., Н и к и ф о р о в В. П. О применении понятий «качество» и «надежность» в технологических системах. — Научно-техническая терминология/ВНИИКИ, 1976, вып. 8, с. 9—14.
 54. М а й м и н а с Е. З. Некоторые проблемы анализа и оптимизации процессов экономического планирования. — В кн.: Проблемы оптимального планирования. Материалы Международного научного семинара по вопросам оптимизации планирования и межотраслевого баланса. Берлин, 5—10 апреля 1965 г. — М.: Экономика, 1966, с. 273—293.
 55. М а л и к о в М. Ф. Основы метрологии. Ч. 1. Учение об измерении. — М.: Трудрезервиздат, 1949, с. 480.
 56. М а н т е й ф е л ь А. Измерение качества. — В кн.: Особое со-
вещание по качеству продукции при Президиуме ВСНХ СССР.

- Сравнительные коэффициенты качества продукции. — М., 1926, с. 18—23.
57. Месарович М., Мако Д., Такахага И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М.: Мир, 1973, с. 344.
 58. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции (ВНИИС). — М.: 1975, с. 55.
 59. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. — М.: Наука, 1971, с. 576.
 60. Моисеев Н. Н. Численные методы в теории оптимальных систем. — М.: Наука, 1971, с. 424.
 61. Налимов В. В. Вероятностная модель языка. — М.: Наука, 1974, с. 303.
 62. Пашестюк А. М. и др. Применение математических методов для оценки качества технических устройств по параметрам. — В кн.: 1-я конференция по применению математических методов и средств вычислительной техники в управлении стандартизацией, качеством продукции, метрологией и в справочно-информационном обслуживании/Госстандарт СССР, ГИВЦ. — М., 1971, с. 42—43.
 63. Панушкин Б. П., Фомищ Л. М. Комплексно-полиномиальная модель для оценки качества РЭА на этапе проектирования. — Известия Ленинградского политехнического института, 1975, вып. 178, с. 42—45.
 64. Пацулов П. А. Процесс принятия и реализации хозяйственных решений. — В кн.: Организация управления. — М., 1975, с. 223.
 65. Погожев И. Б., Сульповар Р. Х. Обобщенные показатели качества при управлении предприятием. — Стандарты и качество, 1973, № 2, с. 60—63.
 66. Половинкин А. ЭВМ: поиск новых технических решений. — Наука и жизнь, 1976, № 10, с. 54—61.
 67. Пфанцагль И. Теория измерений. — М.: Мир, 1976, с. 248.
 68. Райхман Э. П., Азгальдов Г. Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. — М.: Экономика, 1974, с. 151.
 69. Раков В. И. Эффективность судовых радиоэлектронных систем. — Л.: Судостроение, 1974, с. 328.
 70. Симонов П. 100 лет спустя. — Наука и жизнь, 1979, № 2, с. 21—26.
 71. Сисъков В. И. Корреляционный анализ в экономических исследованиях. — М.: Статистика, 1975, с. 168.
 72. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. — М.: Наука, 1969, с. 511.
 73. Сорин Я. М. Физическая сущность надежности. — М.: Изд-во стандартов, 1969, с. 78.
 74. Субетто А. И. Мера и оценка качества. — В кн.: Основы теории управления качеством строительной продукции. — Л., 1975, с. 51—65.
 75. Субетто А. И. Обобщенные цепи точности как модели управления качеством. — В кн.: Технологическое обеспечение геометрической точности в сборном строительстве/ЛенЗНИИЭП, — Л., 1977, с. 51—58.
 76. Субетто А. И. Формализация теории качества продукции и задачи инженерного прогнозирования в рамках этой теории. — В кн.: Теория и практика прогнозирования в промышленности. — Л., 1975, с. 83—87.

77. Субетто А. И. Элементы теории качества строительной продукции. — В кн.: Стандартизация и управление качеством в строительстве. — Л., 1975, с. 57—69.
78. Тильгнер Д. Е. Органолептический анализ пищевых продуктов. — М.: Пищепромиздат, 1962, с. 388.
79. Тимофеев И. С. Методологическое значение категорий «качество» и «количество». — М.: Наука, 1972, с. 216.
80. Тюрин Н. И. Введение в метрологию. — М.: Изд-во стандартов, 1973, с. 279.
81. Фельс Э., Тинтнер Г. Методы экономических исследований. — М.: Прогресс, 1971, с. 151.
82. Федоров С. А. О теории управления качеством. — В кн.: Научное управление обществом. — М.: 1973, с. 75—153.
83. Ферстер Г. Био-логика. — В кн.: Проблемы бионики. — М., 1965, с. 7—23.
84. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. — М.: Наука, 1978, с. 352.
85. Фомин В. М., Печенкин А. Н. Методика выбора показателей надежности сложных систем. — Стандарты и качество, 1973, № 3, с. 53—55.
86. Фомин В. Н., Софонова И. Ф., Лесников О. М. Регламентация показателей надежности технических устройств в стандартах/ВНИИКИ. — М., 1976, с. 59.
87. Худсон Д. Статистика для физиков. — М.: Мир, 1970, с. 296.
88. Четыркин Е. М. Предисловие к книге «Статистическое измерение качественных характеристик. — М.: Статистика, 1972, с. 3—7.
89. Чуев Ю. В. Исследование операций в военном деле. — М. Воениздат, 1970, с. 256.
90. Чухов С., Шабанова Л. Красота вещи: от теории — к практике. — Техническая эстетика, 1970, № 12, с. 5—8.
91. Шор Я. Б. Методы комплексной оценки качества продукции. — М.: Знание, 1971, с. 56.
92. Шошин П. Б. Размытые числа как средство описания субъективных величин. — В кн.: Статистические методы анализа экспертных оценок. М., 1977, с. 234—250.
93. Щекин И. Р., Куликов Г. С. Методические вопросы определения технического уровня изделий. — Стандарты и качество, 1971, № 3, с. 45—46.
94. Яременко О. В., Леонова Л. П. Использование безразмерных показателей при оценке качества насосов. — Экспресс-стандарт. Качество, стандарты, метрология, 1973, № 27, с. 7—8.
95. Вебе - Center J. G. General affective value. — Psychological review, 1929, v. 36, N 6, p. 472—480.
96. Bense M. Einführung in die informationsästhetik. — In: Kunst und Kybernetik. — Köln, 1968, s. 28—41.
97. Bergan V., Leschka E. Rationalisierung von Entscheidungsprozessen. — Baumaschine und Bautechnik, 1970, N 8, s. 335—340.
98. Birkhoff G. D. Aesthetic measure. — Cambridge, Massachusetts: Harvard university press, 1933, p. 225.
99. Birkhoff G. D. Mathematics of aesthetics. — In: The world of mathematics. V. 4 — New York, 1956, p. 2180—2197.
100. Borrmann V. Zur Lösung des Hierarchieproblems auf der Basis Knotenbewerteter Graphen und deren Anwendung bei der Gestaltung von Leitungsstrukturen. — Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Ilmenau, 1972, B. 18. N. 2, s. 25—42.

101. C i m a F., C a m p i o n i G., G i a n i s i P. A forecasting model for the market of competitive products. — Technological forecasting and social change, 1973, v. 5, 1, p. 51—65.
102. C r o n i g A. SET for small experimental models. — Image technology, 1971, v. 13, N. 5, p. 131—140.
103. D ö r i n g W. Beitrag zum Bewerten und Vergleichen von Erzeugnissen. — Institut für Leichtbau und ökonomische Verwendung von Werkstoffen, Mitteilungen, 1974, B. 13, N. 2—3, s. 104—108.
104. E p s t e i n L. I. A proposed measure for determining the value of a design. — The Journal of the operational research society of America, 1957, v. 5, N. 2, p. 297—299.
105. E y s e n c k H. J. The experimental study of the «good gestalt». — A new approach. — Psychological review, 1942, v. 49, N. 4, p. 344—364.
106. G u n z e n h ä u s e r R. Das ästhetische Mass Birkhoffs in informationsästhetischer Sicht. — In: Kunst und Kybernetik. — Köln, 1968, s. 193—206.
107. H o p k i n s J. W. Laboratory flavor scoring: two experiments in incomplete blocks. — Biometrics, 1953, v. 9, N. 1, p. 131—140.
108. K e e n e y R. L. Evaluating multidimensional situations using a quasi-separable utility function. — IEEE transactions. Man-machine systems, 1968, v. 9, N. 2, p. 25—28.
109. K o t l e r P. A guide to gathering expert estimates. — Business horizons, 1970, v. 13, N. 5, p. 79—87.
110. L e e S. M., F i g h i e r a E. J. La programmation des objectifs (P. D. O.) — Management France, 1973, N. 6, p. 11—23.
111. M i l l e r G. A. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. — Psychological review, 1956, v. 63, N. 2, p. 81—97.
112. S a y e k i Y., V e s p e r K. H. Allocation of importance in a hierarchical goal structure. — Management science, 1973, v. 19, N. 6, p. 667—675.
113. T e l l D. A comparative study of some multiplecriteria methods. — Stockholm: EFI, 1976, p. 203.
114. Verhandlungsbericht der Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Statistik und Volkswirtschaft. — Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, 1965, N. 3, s. 317—336.
115. W a g e n f ü h r L. P. Zur Anwendung der Qualimetrie bei der Bildung von Industriepreisen in der DDR. — In: 21st conference of the European organization for quality control. EQQC — Varna 77. Reports. V. 3, p. 295—302.
116. Z e l e n y M. A concept of compromise solutions and the method of the displaced ideal. — Computers and operations research, 1974, v. 1, N. 3—4, p. 479—496.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
---------------------	---

Раздел первый. Общая теория квалиметрии

1. Сущность квалиметрии	9
1.1. Правомерность возникновения квалиметрии	9
1.2. Взаимосвязи квалиметрии	23
1.3. Обзор развития квалиметрии	35
2. Аксиоматика квалиметрии	44
2.1. Потребители и их потребности	46
2.2. Моментный показатель свойства и его измерение	51
2.3. Виды состояний объекта	55
2.4. Функция эффекта и ее связь с показателем свойства	59
2.5. Относительные и комплексные показатели	73
3. Проблематика квалиметрии	84
3.1. Систематизация проблем квалиметрии	84
3.2. Проблемы, связанные с определением объекта измерения	86
3.3. Проблемы, связанные с определением значений абсолютных показателей	113
3.4. Проблемы, связанные с определением значений относительных показателей	117
3.5. Проблемы, связанные с определением значений комплексных показателей	127

Раздел второй. Экспертный метод в квалиметрии

4. Сущность и проблематика экспертного метода оценки качества	140
4.1. Общая характеристика экспертного метода квалиметрии	140
4.2. Систематизация проблем экспертного метода квалиметрии	152
4.3. Численность экспертной группы	156
5. Аксиоматика экспертных методов квалиметрии	170
5.1. Показатели и методы определения их значений	171
5.2. Осведомленные, специалисты, эксперты	175
5.3. Индивидуальные и коллективные экспертные оценки	180
5.4. Формирование экспертной подгруппы	185
5.5. Переход от индивидуальных к коллективной экспертной оценке	189
5.6. Количество туров опроса	196

Раздел третий. Практика квалиметрии

6. Алгоритм оценки качества	203
6.1. Укрупненная блок-схема алгоритма квалиметрической оценки	204
6.2. Определение ситуации оценки	213
7. Некоторые области применения квалиметрических оценок	224
7.1. Использование квалиметрических оценок в разработке систем управления качеством продукции	225
7.2. Квалиметрические оценки — средство информации потребителя о качестве	238
Заключение	244
Литература	249

Гарри Гайкович Азгальдов

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТОВАРОВ (основы квалиметрии)

Редактор Т. Д. Косарева

Мл. редакторы: И. М. Волкова, Л. А. Марченко,
Ю. В. Малашина

Худ. редактор В. П. Рафальский

Техн. редактор Н. Ф. Сотникова

Корректор Г. М. Гапенкова

Оформление художника Ю. Ф. Немчинова

ИБ № 1443

Сдано в набор 15.04.81. Подписано в печать 27.01.82. А-04222.

Формат бумаги 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2 кама.

Литературная гарнитура. Печать высокая.

Усл. печ. л. 13,44/усл.кр.-отт. 13,44. Уч.-изд. л. 14,36.

Тираж 15 000 экз. Заказ 690. Цена 1 р. 10 к.

Изд. № 5034.

Издательство «Экономика», 121864, Москва, Г-59, Бережковская наб., 6.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного
Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга»
им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.