

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра ХД и ТЦБП

М.А. Агеев

МЕТОДИКА КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОДУКЦИИ ЦБП

Методические указания
для студентов очной и заочной форм обучения
направления 240100 «Химическая технология»
по специальности 240406 «Технология химической
переработки древесины»,
направления 260500 «Технология полиграфического
и упаковочного производства»
по специальности 261201 «Технология и дизайн
упаковочного производства»

Екатеринбург
2008

Печатается по рекомендации методической комиссии факультета ИЭФ. Протокол № 3 от 13 декабря 2007 г.

Рецензент – Л.А. Петров, доктор химических наук.

Редактор А.Л. Ленская
Оператор А.А. Сидорова

Подписано в печать 15.09.08		Поз. 49
Печать плоская	Формат 60x84 1/16	Тираж 50 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,39	Цена 4 р. 20 к.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Качество – это важнейшая характеристика, обеспечивающая конкурентоспособность продукции. Если ранее главным показателем в конкуренции товаров была цена, а затем уже качество, то теперь качество становится главным фактором завоевания международных рынков.

В последнее время мировое сообщество перешло к новому этапу развития управления качеством – планирование качества. В связи с этим появилась новая трактовка термина качество, в которой подчеркивается, что объект должен удовлетворять установленным и предполагаемым потребностям.

В решении проблем качества немалую роль играют потребители, так как нынешняя открытость рынка ужесточает оценку товара, усиливает конкуренцию. Рынок высокоразвитых стран чутко реагирует на требования потребителя и старается учитывать не только фактические, но и скрытые потребности.

Еще одной особенностью современного этапа является желание потребителя не только получать экологически безопасную продукцию, но и иметь уверенность в том, что она получена на экологически чистом производстве и, следовательно, не способствует снижению уровня качества окружающей среды.

В прикладном смысле качество – это то, что характеризует степень пригодности чего-либо, например товара, для удовлетворения определенных потребностей человека, группы людей или общества в целом. В таком понимании этот термин широко используется (качество продукции, работ, услуг, качество окружающей природной среды, качество подготовки специалистов, качество жизни) не только в технической или экономической, но и в других сферах (например, качество здравоохранения).

Надлежащее качество продукции позволяет лучше удовлетворять потребности общества. Оно способствует экономии природных ресурсов (высококачественные изделия служат дольше, следовательно, уменьшается потребность в выпуске новых для замены ранее выпущенных, уменьшается потребность в сырье, материалах, энергии и других ресурсах).

В настоящее время стабильно высокое качество продукции становится главным оружием страны в борьбе за место среди лидеров мирового рынка.

КВАЛИМЕТРИЯ

Слово «квалиметрия» образовалось слиянием двух корней: qualis (лат.) – какой, какого качества и metreo (греч.) – измерять, мерить.

Квалиметрия – это научная дисциплина, изучающая методологию и проблематику комплексного количественного оценивания качества любых объектов.

Объектом квалиметрии является любой предмет (процесс или явление), материальный или идеальный (мыслительный), одушевленный или неодушевленный, естественный или искусственный, продукт труда или продукт природы.

Квалиметрия подразделяется на теоретическую и прикладную:

- теоретическая – обосновывает и разрабатывает общие принципы, методы и специфические проблемы количественной оценки качества;
- прикладная – разрабатывает методы количественной оценки качества для конкретных видов объектов.

Квалиметрия сформировалась как раздел метрологии. Но если метрология – это наука об измерении физических величин, то квалиметрия – наука об измерении показателей качества.

ПОНЯТИЯ «КАЧЕСТВО» И «КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ»

Термин «качество» существует около 2500 лет, со времен Аристотеля, и имеет несколько трактовок:

– качество – это существенная характеристика объекта, в силу которой он является данным, а не другим объектом, то есть это та самая определенность, которая отличает лошадь от стола. Эта трактовка была основной вплоть до XX века;

– качество – это один из существенных признаков, свойств, особенностей, характеризующих данный объект, например теплота, холодность, тяжесть, легкость. В этом смысле качество может быть выражено с помощью методов метрологии, товароведения, гравитометрии, калориметрии и других наук.

В настоящее время в квалиметрии измеряются и оцениваются три вида качества [1]:

1) качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности [2];

2) главное качество – качество, отождествляемое с каким-то одним определяющим, доминирующим свойством, характеризующим потребительскую стоимость данного продукта труда;

3) интегральное качество – качество, определяемое совокупностью всех функциональных, эстетических и экономических свойств, то есть выражаемое совокупностью потребительской стоимости и суммарных затрат на производство и потребление этого продукта труда.

АЛГОРИТМ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Согласно международным стандартам [2], оценка качества – это систематическая проверка, насколько объект способен выполнять установленные требования. Требованиями могут быть нормативные документы, стандарты, технические условия, чертежи, требования потребителей и т.д.

Любая оценка качества должна помочь найти ответы на вопросы:

- соответствуют ли параметры изделия требованиям потребителей;
- отвечает ли изделие всем нормативным и юридическим критериям;
- превосходит ли изделие конкурирующие товары.

С целью оценки качество можно представить в виде иерархической структуры («дерево свойств» – рис. 1), на самом низком (нулевом) уровне которой находится качество, как наиболее обобщенное комплексное свойство продукции, а на самом высоком уровне – простые свойства. Строя иерархическую структуру свойств, желательно подняться до такого высокого уровня рассмотрения, на котором находятся не разлагаемые на какие-либо другие, наименее общие, так называемые простые свойства.

Целью квалиметрической оценки является в основном определение уровня качества продукции. Уровень качества изготовления продукции – это характеристика ее качества, устанавливающая степень соответствия фактических значений показателя качества изготовленной продукции (до начала эксплуатации) требованиям нормативных документов.

В упрощенном виде алгоритм оценки уровня качества [3] можно представить в виде этапов (см. рис. 1).

Результаты измерения качества зависят от выбора исходного образца для сравнения. В качестве исходного образца могут выступать эталоны, отражающие достигнутый уровень качества, или эталоны, отражающие перспективный уровень качества. Показатели качества эталона, используемые для сравнения, являются базовыми.

Базовое значение показателя качества – это значение показателя качества продукции, принятое за основу при сравнительной оценке ее качества.

Отдельные свойства объекта могут быть измерены в соответствующих единицах измерения. В результате такого измерения определяются абсолютные значения показателей качества.

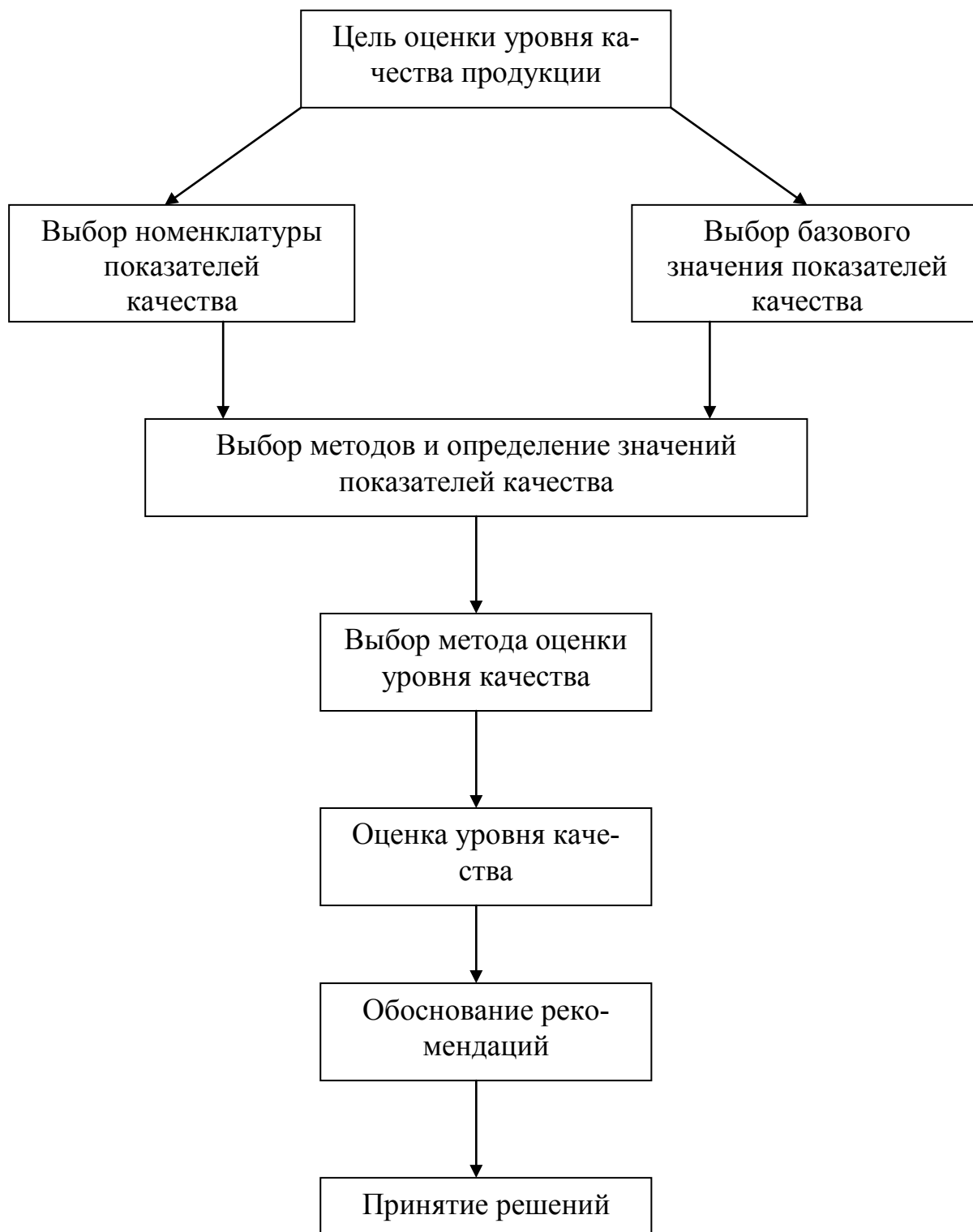


Рис. 1. Этапы оценки уровня качества

Кроме абсолютного значения показателя, каждое свойство может характеризоваться относительным значением показателя качества, выявляющим степень его пригодности (соответствия) назначению. Оценка относительного показателя качества представляет собой функцию двух абсолютных показателей: измеряемого и принятого за базовый (эталонный).

Наряду с абсолютным и относительным значениями каждое простое или сложное свойство характеризуется также весомостью (значимостью) среди всех остальных свойств, а показатель качества – коэффициентом весомости, который является количественной характеристикой значимости данного показателя качества продукции среди других показателей ее качества.

Количественной оценкой качества является уровень качества продукции, основанный на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. Значение уровня качества может быть выражено функцией относительных показателей и коэффициентов весомости.

Для оценки уровня качества однородной продукции применяют три метода: дифференциальный, комплексный и смешанный.

Дифференциальным называется метод оценки, основанный на сравнении единичных показателей качества рассматриваемого образца продукции с такими же показателями базового образца. При этом используют два метода сравнения показателей качества продукции [4]:

– по квалитетической шкале интервалов, когда из i -го значения показателя качества рассматриваемой продукции P_i вычитается i -е значение показателя качества базового образца $P_i^{баз}$;

– по квалитетической шкале отношений. В этом случае определяют относительные показатели качества по следующим формулам:

$$K_i = \frac{P_i}{P_i^{баз}}, \quad (1)$$

$$K_i = \frac{P_i^{баз}}{P_i}, \quad (2)$$

где P_i - значение i -го показателя качества оцениваемой продукции;

$P_i^{баз}$ - значение i -го показателя качества базового образца.

Выбирают ту формулу, при которой увеличение относительного показателя соответствует повышению качества продукции. Так, например, для показателей механической прочности бумаги применяют формулу (1), а для показателя сорности – формулу (2).

Кроме квалиметрических шкал (шкалы отношений и шкалы интервалов), в которых используется сравнение с базовым образцом, находят применение и шкала порядка, или шкала рангов. После оценивания качества в этой шкале, объекты можно только упорядочить в ряд, ранжировать по увеличению или уменьшению значения показателя качества. Но при этом оказывается невозможно определить, на сколько или во сколько раз один объект по качеству отличается от другого. Можно только сказать, что объект А лучше (больше, вкуснее и т.п.) объекта Б, т.е. по шкале рангов определяют в основном эстетические, эргономические и другие показатели качества, которые невозможно оценить более объективным способом.

Комплексный метод оценки уровня качества продукции осуществляется с использованием обобщенных показателей качества. Комплексная оценка не дает представления об отдельных свойствах продукции; комплексные показатели можно получать при разном сочетании единичных показателей. Например, комплексный показатель – суточная производительность бумагоделательной машины P

$$P = 0,06qV_0uK,$$

где 0,06 – коэффициент перевода;

q - масса бумаги площадью 1 м^2 , г;

V_0 - обрезная ширина бумаги, м;

u - скорость бумагоделательной машины, м/мин;

K - коэффициент использования бумагоделательной машины во времени (0,95 - 0,98).

Смешанный метод объединяет в себе дифференциальный и комплексный методы. Этот метод применяют при большом количестве единичных показателей качества или когда необходимо отдельно оценить особо важные показатели качества.

ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

При оценке уровня качества продукции проводят экспертные опросы. Для проведения экспертных опросов приглашают экспертов – специалистов по оцениваемой продукции и проводят экспертные опросы.

По способу проведения экспертные опросы могут представлять собой:

- непосредственное измерение;
- ранжирование,
- сопоставление.

При *непосредственном измерении* экспертным методом значения показателей качества определяются в установленных единицах измеряемой величины: граммы, метры, часы и т.п. Такие измерения проводят по шкале отношений или по шкале интервалов. При непосредственном измерении получают абсолютные значения показателей качества рассматриваемого образца.

Ранжирование заключается в расстановке объектов измерений или показателей качества в порядке их предпочтения или по важности. Место, занятое при такой расстановке, называется рангом. Согласно этому методу экспертов просят пронумеровать все оцениваемые показатели в порядке их предпочтения (значимости, весомости) так, что весомость наименее значимого свойства получает № 1, следующее – № 2 и т.д.

Расчетная формула весомости i -го свойства (показателя)

$$M_i = \frac{\prod_{i=1}^r N_{ij}}{\prod_{j=1}^p \prod_{i=1}^r N_{ij}}, \quad (3)$$

где N_{ij} - место (ранг), на которое поставлена весомость i -го свойства у j -го эксперта;

r - количество экспертов;

p - количество свойств.

Сопоставление подразделяется на последовательное и попарное.

Метод последовательного сопоставления заключается в следующем:

1) расположение весомостей всех свойств в порядке предпочтения аналогично методу предпочтения (ранжирования);

2) наиболее важное свойство получает весомость $M_i = 1$; все остальные – в порядке убывания в диапазоне от 1 до 0;

3) если свойство с весомостью M_1 важнее всех остальных свойств вместе взятых, то M_1 увеличивают до величины, превосходящей сумму

всех прочих весомостей: $M_1 \left(1 + \sum_{i=2}^n M_i \right)$. Если же эксперт считает, что свой-

ство M_1 менее важное, то проводится обратная процедура: $M_1 \left(1 - \sum_{i=2}^n M_i \right)$;

4) аналогичным образом сопоставляют второй объект с совокупностью всех остальных, стоящих ниже рангом, и так далее для всех остальных. При этом нужно следить, чтобы не нарушалось предпочтение первого

объекта перед совокупностью всех остальных, если оно установлено на предыдущем этапе;

5) полученные результаты измерений или коэффициенты весомости нормируют, т.е. делят на общую сумму баллов или коэффициентов весомости, после этого они принимают значения в пределах от 0 до 1, а их сумма становится равной 1 [4].

Метод попарного сопоставления заключается в сравнении двух объектов. Результаты представляются в форме ортогональной матрицы.

Рассмотрим пример оценки эстетических показателей качества обоев шести производителей.

Воспользуемся для этого методом попарного сопоставления. Обозначим образцы обоев номерами: 1, 2, 3...6. Эксперты составляют таблицу, в которой предпочтение (лучшие эстетические показатели, по их мнению), например, № 1 над № 2 соответствует 1, а противоположное – 0 (табл. 1).

Таблица 1

Результаты экспертной оценки

Образцы обоев	1	2	3	4	5	6	Итого
1	X	1	0	1	1	1	4
2	0	X	0	1	1	1	3
3	1	1	X	1	1	1	5
4	0	0	0	X	0	0	0
5	0	0	0	1	X	0	1
6	0	0	0	1	1	X	2

Анализ таблицы 1 дает ранжированный ряд образцов обоев шести производителей: 1-е место № 3, 2-е место № 1, 3-е место № 2, 4-е место № 6, 5-е место № 5, 6-е место № 4, т.е. по мнению экспертов, наивысшие эстетические показатели у обоев № 3, худшие - № 4.

Этот же пример можно рассмотреть с проведением ранжирования следующего вида: преимущество, например, № 1 над № 2 соответствует 1, противоположное -1, а равное качество 0. Результаты представлены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что наивысшие эстетические показатели имеют обои № 3, затем № 1, № 2, № 6 и № 4 имеют равные показатели, наихудшие показатели у обоев № 5.

Таблица 2

Результаты экспертной оценки

Образцы обоев	1	2	3	4	5	6	Итого
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	-1	1	1	1	3
1	2	3	4	5	6	7	8
2	-1	0	-1	0	1	0	-1
3	1	1	0	1	1	1	5
4	-1	0	-1	0	1	0	-1
5	-1	-1	-1	-1	0	-1	-5
6	-1	0	-1	0	1	0	-1

Возможен следующий вариант проведения попарного сопоставления [5]. Предпочтение выражается указанием номера предпочитаемого объекта (табл. 3)

Таблица 3

Результаты экспертной оценки

Номер объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X

На основании данных таблицы 3 по формуле (4) рассчитывают баллы объектов экспертизы (весомости):

$$C_{i,j} = \frac{F_{i,j}}{c}, \quad (4)$$

где $F_{i,j}$ - частота предпочтения i -м экспертом j -го объекта экспертизы;

c - общее число суждений одного эксперта, связанное с числом объектов экспертизы m (числом измеряемых показателей) соотношением

$$c = \frac{m(m-1)}{2}.$$

На основании проведенного экспертного опроса (см. табл. 3) по формуле 4 рассчитали: № 1=0,27; № 2=0,20; № 3=0,33; № 4=0; № 5=0,07; № 6=0,13. Следовательно, ранжированный по уменьшению эстетических показателей ряд имеет вид: № 3, № 1, № 2, № 6, № 5, № 4.

Рассмотрим пример оценки качества бумаги писчей десяти производителей.

Цель исследования – сравнение качества писчей бумаги десяти производителей. Обозначим их цифрами от 1 до 10. Для оценки качества воспользуемся дифференциальным методом.

В качества базового образца использовали показатели ГОСТ 1850-87 «Бумага писчая». Базовые значения показателей качества представлены в табл. 4.

Таблица 4

Базовые значения показателей качества (ГОСТ 1850-87 «Бумага писчая»)

Наименование показателя	Значение показателя
Масса бумаги площадью 1 м ² , г	65±2
Степень проклейки, мм, не менее	1,2
Разрывная длина, м, не менее	3500
Гладкость, с	100-200
Белизна, %, не менее	77
Сорность – число соринок на 1 м ² площадью от 0,1 до 0,5 мм ² , не более	100

По стандартным методикам определения физико-механических показателей бумаги были определены абсолютные значения показателей качества рассматриваемых образцов. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Абсолютные значения показателей качества
бумаги писчей разных производителей

Наименование показателя	Абсолютные значения показателей образцов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса бумаги площадью 1 м ² , г	59	61	60	64	67	68	62	67	70	59
Степень проклейки, мм	1,2	1,0	1,0	1,2	1,1	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4
Разрывная длина, м	5000	3850	4900	4700	5250	5000	4500	4900	7000	4200
Гладкость, с	200	160	170	130	110	200	120	180	150	200
Белизна, %	95	97	95	94	96	97	96	95	95	97
Сорность – число соринок на 1 м ² площадью от 0,1 до 0,5 мм ² , не более	79,5	81,0	79,0	80,0	93,0	80,5	80,0	87,5	79,0	80,0

Дифференциальный метод предполагает использование относительных показателей качества, которые рассчитывают по формулам (1) или (2).

Показатели (масса 1 м^2 и гладкость заданы в ГОСТе в определенном диапазоне: масса $65 \pm 2 \text{ г/м}^2$, гладкость 100-200 с), поэтому относительные значения этих показателей были определены графическим способом (метод главных точек) [6]. Сущность этого метода заключается в том, что на основании экспертного опроса определяют максимальные и минимальные значения показателей.

Так, для показателя массы 1 м^2 (рис. 2, кривая 1) было принято, что снижение массы 1 м^2 до 59 г равно относительному значению, равному 1,3, а увеличение до 70 г, равно 0,5. Для показателя гладкости (рис. 3) приняли, что снижение гладкости до 70 с снижает относительный показатель до 0,7, а максимальное значение гладкости 200 с равно 1,3.

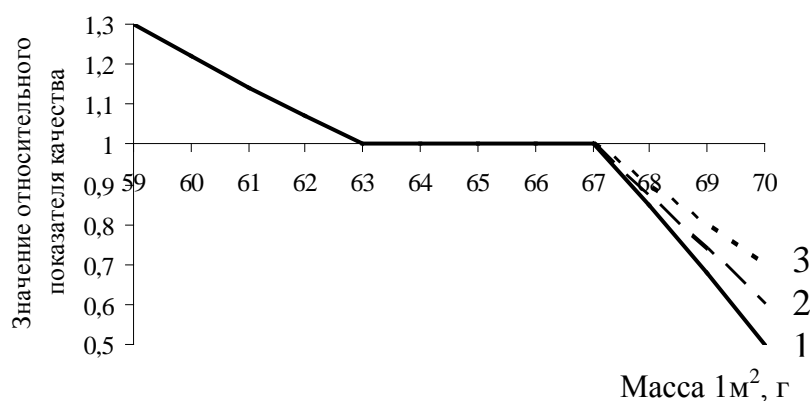


Рис. 2. Значения относительных показателей качества (масса 1 м^2)

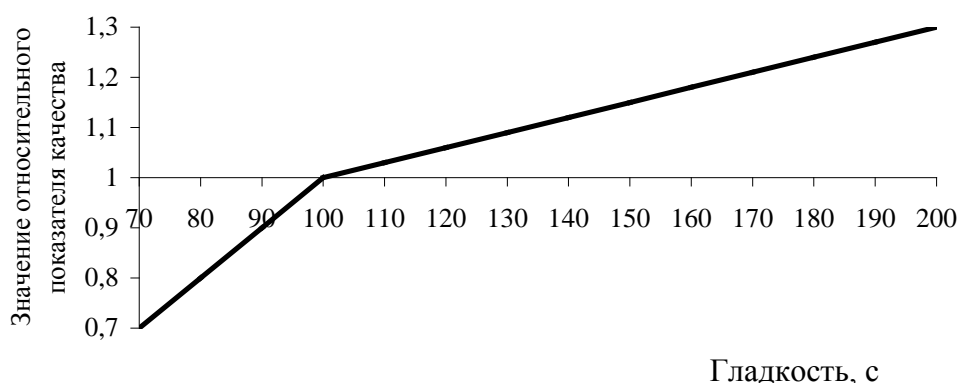


Рис. 3. Значения относительных показателей качества (гладкость)

Результаты определения относительных значений показателей качества представлены в табл. 6.

Таблица 6

Относительные значения показателей качества бумаги писчей
разных производителей

Наименование показателя	Относительные значения показателей									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса бумаги площадью 1 м ²	1,3	1,15	1,23	1,0	1,0	0,82	1,07	1,0	0,5	1,3
Степень проклейки	1,0	0,83	0,83	1,0	0,92	1,17	1,0	1,0	1,17	1,17
Разрывная длина	1,43	1,1	1,4	1,34	1,5	1,43	1,28	1,4	2,0	1,2
Гладкость	1,3	1,17	1,21	1,08	1,02	1,3	1,05	1,24	1,15	1,3
Белизна	1,23	1,26	1,23	1,22	1,25	1,26	1,25	1,23	1,23	1,26
Сорность	1,26	1,23	1,26	1,25	1,07	1,24	1,25	1,14	1,26	1,25

Для того чтобы исключить доминирующее влияние какого-либо из единичных показателей, значительно отличающегося от других, используют правило «трех сигм», т.е. все относительные значения показателей качества должны входить в интервал: $\bar{X} \pm 3\sigma$, где \bar{X} - среднееарифметическое относительных показателей, σ - среднеквадратическое отклонение.

1. Среднееарифметическое относительных показателей

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} = \frac{70,99}{60} = 1,18.$$

2. Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (K_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,45}{60-1}} = 0,20.$$

3. «Трехсигмовый» интервал

$$\bar{X} - 3\sigma = 1,18 - 3 \cdot 0,20 = 0,58,$$

$$\bar{X} + 3\sigma = 1,18 + 3 \cdot 0,20 = 1,78.$$

Видно, что относительные показатели массы 1 м² (0,5) и разрывной длины (2,0) не входят в этот интервал. Следовательно, необходимо провести корректировку этих показателей.

На основании очередного экспертного опроса было решено для показателя массы $1 \text{ м}^2 - 70 \text{ г}$ принять относительный показатель равный 0,6 (см. рис. 2, кривая 2).

Для корректировки значений относительного показателя разрывной длины было принято решение использовать «метод главных точек» [6]. Приняли, что максимальное значение из всех образцов 7000 м принимает значение 1,3, а минимальное 3500 м (значение ГОСТа), равное 1,0 (рис. 4).

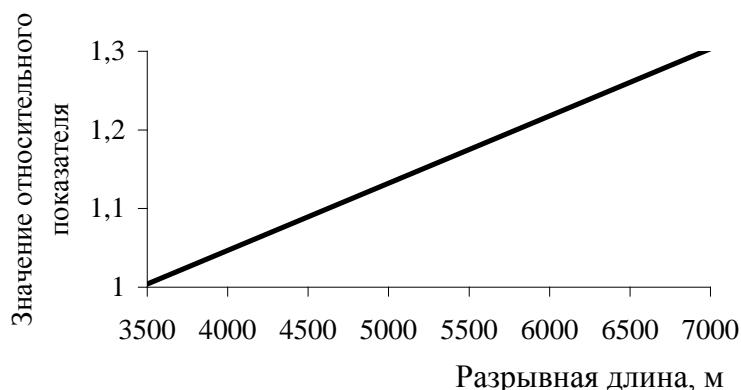


Рис. 4. Значения относительных показателей качества (разрывная длина)

Откорректированные значения относительных показателей представлены в табл. 7.

Таблица 7

Откорректированные значения относительных показателей качества

Наименование показателя	Относительные значения показателей									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса бумаги площадью 1 м^2	1,3	1,15	1,23	1,0	1,0	0,87	1,07	1,0	0,6	1,3
Степень проклейки	1,0	0,83	0,83	1,0	0,92	1,17	1,0	1,0	1,17	1,17
Разрывная длина	1,13	1,03	1,12	1,0	1,15	1,13	1,09	1,12	1,3	1,06
Гладкость	1,3	1,17	1,21	1,08	1,02	1,3	1,05	1,24	1,15	1,3
Белизна	1,23	1,26	1,23	1,22	1,25	1,26	1,25	1,23	1,23	1,26
Сорность	1,26	1,23	1,26	1,25	1,07	1,24	1,25	1,14	1,26	1,25

Опять необходимо провести обработку полученных данных с использованием правила «трех сигм».

1. Среднеарифметическое относительных показателей

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} = \frac{68,19}{60} = 1,14.$$

2. Среднеквадратическое отклонение

$$s = \sqrt{\frac{\sum (K_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,2}{60-1}} = 0,14.$$

3. «Трехсигмовый» интервал:

$$\bar{X} - 3\sigma = 1,14 - 3 \cdot 0,14 = 0,72,$$

$$\bar{X} + 3\sigma = 1,14 + 3 \cdot 0,14 = 1,56.$$

Видно, что показатель массы 1 м² опять не попадает в этот новый интервал. Снова необходимо провести корректировку. Приняли для массы 1 м² 70 г показатель, равный 0,7 (см. рис. 2, кривая 3).

Откорректированные значения относительных показателей представлены в табл. 8.

Таблица 8

Откорректированные значения относительных показателей качества

Наименование показателя	Относительные значения показателей									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса бумаги площадью 1 м ²	1,3	1,15	1,23	1,0	1,0	0,9	1,07	1,0	0,7	1,3
Степень проклейки	1,0	0,83	0,83	1,0	0,92	1,17	1,0	1,0	1,17	1,17
Разрывная длина	1,13	1,03	1,12	1,0	1,15	1,13	1,09	1,12	1,3	1,06
Гладкость	1,3	1,17	1,21	1,08	1,02	1,3	1,05	1,24	1,15	1,3
Белизна	1,23	1,26	1,23	1,22	1,25	1,26	1,25	1,23	1,23	1,26
Сорность	1,26	1,23	1,26	1,25	1,07	1,24	1,25	1,14	1,26	1,25

Снова провели обработку полученных относительных показателей:

1. Среднеарифметическое относительных показателей

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} = \frac{68,32}{60} = 1,14,$$

2. Среднеквадратическое отклонение

$$s = \sqrt{\frac{\sum (K_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1,1}{60 - 1}} = 0,14,$$

3. «Трехсигмовый» интервал

$$\bar{X} - 3\sigma = 1,14 - 3 \cdot 0,14 = 0,72$$

$$\bar{X} + 3\sigma = 1,14 + 3 \cdot 0,14 = 1,56$$

Все относительные значения показателей входят в «трехсигмовый» интервал.

Проведенная оценка не позволяет однозначно сказать, какой из образцов имеет наилучшее качество, так как ряд образцов имеют одинаковые абсолютные значения показателей, а следовательно, и относительные (масса 1 м^2 – 1 и 10, 5 и 8, проклейка – 1, 4, 7, 8; 2 и 3; 6, 9, 10, разрывная длина – 1 и 6, 3 и 8, гладкость – 1, 6, 10, белизна – 1, 3, 8, 9; 2, 6, 10; 5 и 7, сорность – 4, 7, 10; 3 и 9). Даже сложение относительных показателей не дает определенного результата. Так, например, если сравнить показатели 2-го и 4-го образцов, видно, что сумма относительных показателей 2-го образца равна 6,67, а сумма относительных показателей 4-го образца равна 6,55, т.е. 2-й образец лучше 4-го, однако это не так, потому что 2-й образец имеет показатели меньше 1,0, что недопустимо (не соответствует показателю ГОСТа). Также можно сравнить, например, 3-й и 7-й, 3-й и 8-й и т.д.

Из сказанного следует, что попытка использования дифференциального метода для сравнения образцов не дает однозначного ответа. Поэтому необходимо определение комплексного показателя качества.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Комплексный метод заключается в расчете для каждого образца среднеарифметического показателя

$$Q = \sum_{i=1}^n M_i K_i, \quad (5)$$

где M_i - коэффициент весомости i -го показателя (свойства);

K_i - относительный показатель.

Коэффициенты весомости для каждого показателя определяют по формуле (3).

Необходимо определить весомости каждого единичного свойства. Для этого эксперты должны расставить весомости показателей в порядке предпочтения (ранжирование), при этом наиболее важное свойство имеет наибольшее значение (табл. 8).

После проведения опроса экспертов необходимо определить степень согласованности их мнений. Для этого используется коэффициент конкордации C :

$$C = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (6)$$

где S - сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднеарифметического рангов;

n - число экспертов;

m - число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 (при отсутствии согласованности) до 1 (при полном единогласии).

Значимость (существенность) значения коэффициента конкордации устанавливают с помощью критерия распределения Пирсона χ_w^2 , которое сравнивают с табличным значением при заданном уровне значимости α и числе степеней свободы $f = n - 1$.

Если $C_w^2 \geq C_a^2(f)$, степень согласия между исследователями (значение коэффициента конкордации) не вызывает сомнения.

Расчетное значение критерия Пирсона определяют по формуле

$$C_w^2 = \frac{12S}{nm(m+1)}, \quad (7)$$

где S - сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднеарифметического рангов;

n - число экспертов;

m - число объектов экспертизы.

В табл. 8 представлены рассчитанные по формуле (3) коэффициенты весомостей каждого свойства (показателя).

Степень согласованности мнений экспертов устанавливают путем расчета коэффициента конкордации (6) и расчетного значения критерия Пирсона (7).

Результаты представлены в табл. 9.

Таблица 8

Ранжирование показателей качества (коэффициенты весомости)

Наименование показателя	Эксперты							W_{ij}	M_i
	1	2	3	4	5	6	7		
Масса бумаги площадью 1 м ²	2	2	1	1	2	1	2	11	0,075
Степень проклейки	6	3	4	3	4	3	4	27	0,184
Разрывная длина	1	1	2	2	1	2	1	10	0,068
Гладкость	4	4	3	5	3	4	3	26	0,177
Белизна	5	6	5	4	5	6	6	37	0,252
Сорность	3	5	6	6	6	5	5	36	0,245
СУММА $\left(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m W_{ij} \right)$								147	

Таблица 9

Весомости показателей качества

Наименование показателя	Эксперты							Сумма рангов	Отклонение от среднеарифметического рангов	Квадрат отклонения от среднеарифметического
	1	2	3	4	5	6	7			
Масса бумаги площадью 1 м ²	2	2	1	1	2	1	2	11	- 13,5	182,25
Степень проклейки	6	3	4	3	4	3	4	27	2,5	6,25
Разрывная длина	1	1	2	2	1	2	1	10	- 14,5	210,25
Гладкость	4	4	3	5	3	4	3	26	1,5	2,25
Белизна	5	6	5	4	5	6	6	37	12,5	156,25
Сорность	3	5	6	6	6	5	5	36	11,5	132,25
СУММА								147		689,5

$$\text{Среднеарифметическое рангов } \frac{147}{6} = 24,5.$$

$$\text{Коэффициент конкордации } C = \frac{124689,5}{7^2(6^3 - 6)} = 0,8.$$

$$\text{Расчетное значение критерия Пирсона } c_w^2 = \frac{124689,5}{7464(6+1)} = 28,14, \text{ таб-}$$

личное значение $\chi_{0,05}^2(6) = 13,0$, т.е. выполняется неравенство $28,14 > 13,0$.

Следовательно, степень согласованности мнений экспертов можно считать удовлетворительной.

Комплексный показатель качества для каждого образца рассчитали по формуле (5). Результаты представлены в табл. 10.

Таблица 10

Комплексный показатель качества

№ образца	Масса 1м ² $M_i = 0,075$		Степень проклейки $M_i = 0,184$		Разрывная длина $M_i = 0,068$		Гладкость $M_i = 0,177$		Белизна $M_i = 0,252$		Сорность $M_i = 0,245$		Q
	K_i	$M_i \cdot K_i$	K_i	$M_i \cdot K_i$	K_i	$M_i \cdot K_i$	K_i	$M_i \cdot K_i$	K_i	$M_i \cdot K_i$	K_i	$M_i \cdot K_i$	
1	1,3	0,097	1,0	0,184	1,13	0,077	1,3	0,230	1,23	0,310	1,26	0,309	1,207
2	1,15	0,086	0,83	0,153	1,03	0,070	1,17	0,207	1,26	0,317	1,23	0,301	1,134
3	1,23	0,092	0,83	0,153	1,12	0,076	1,21	0,214	1,23	0,310	1,26	0,309	1,154
4	1,0	0,075	1,0	0,184	1,0	0,068	1,08	0,191	1,22	0,307	1,25	0,306	1,131
5	1,0	0,075	0,92	0,169	1,15	0,078	1,02	0,180	1,25	0,315	1,07	0,262	1,079
6	0,9	0,067	1,17	0,215	1,13	0,077	1,3	0,230	1,26	0,317	1,24	0,304	1,210
7	1,07	0,080	1,0	0,184	1,09	0,074	1,05	0,186	1,25	0,315	1,25	0,306	1,145
8	1,0	0,075	1,0	0,184	1,12	0,076	1,24	0,219	1,23	0,310	1,14	0,279	1,143
9	0,7	0,052	1,17	0,215	1,3	0,088	1,15	0,203	1,23	0,310	1,26	0,309	1,177
10	1,3	0,097	1,17	0,215	1,06	0,072	1,3	0,230	1,26	0,317	1,25	0,306	1,237

Анализ табл. 10 позволяет представить ранжированный ряд образцов по убыванию качества: 1-е место - №10 (1,237); 2-е - №6 (1,210); 3-е - №1 (1,207); 4-е - №9 (1,177); 5-е - №3 (1,154); 6-е - №7 (1,145); 7-е - №8 (1,143); 8-е - №2 (1,134); 9-е - №4 (1,131); 10-е место - №5 (1,079).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азгольдов, Г.Г. О квалиметрии [Текст]: / Г.Г. Азгольдов, Э.П. Райхман. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 172 с.
2. ИСО 8402:1994 (E/F/R) Управление качеством и обеспечение качества. – Словарь.
3. Леонов, И.Г. Управление качеством продукции [Текст]: Учебное пособие / И.Г. Леонов, О.В. Аристов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 223 с.
4. Шишкин, И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством [Текст]: учеб. для ВУЗов / И.Ф. Шишкин. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 342 с.
5. Управление качеством продукции [Текст]: Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 464 с.
6. Райхман, Э.П. Экспертные методы в оценке качества товаров [Текст]: / Э.П. Райхман, Г.Г. Азгольдов. – М.: Экономика, 1974. – 290 с.