

**УДК 338.4**

Ю.Б. ИЧЕВА, А.С. НУРТАЗИНОВА, В.А. ИЧЕВ  
 Жезказганский университет имени О.А. Байконурова  
 (Республика Казахстан)  
 г. Жезказган

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ МНОГОМЕРНОГО КАЧЕСТВА ПРОВОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Исследование причин снижения качества продукции и образования брака [1] начинается с ряда таких действий, как: анализ фактов невыполнения требований многомерного качества; выявление наиболее важных, критичных в смысле качества показателей, на улучшении которых следует сосредоточить усилия; выявление зависимостей, существующих между отдельными показателями.

Зачастую требуется обнаружить факторы, отклонение которых могло стать причиной ухудшения качества. Обзор методов решения задачи по выявлению причин недостижения определённого уровня качества представлен в изученных работах [2, 3]. Однако использование приведенных методик не позволяет получить образ целостной картины многомерного качества продукции и технологий. Примером сложных в этом плане технологий является производство проволочной продукции, где количество технологических факторов и показателей качества исчисляется десятками.

Авторы ряда работ [4] предложили инструменты для решения задач такого класса. На их основе может быть реализована система, позволяющая выполнять анализ качества продукции и выявлять причины образования брака. С помощью предложенного метода нами был обработан массив данных, полученный при производстве проволоки типа 2,30-П1-Ц1 по ГОСТ 3282-74 из катанки 4 мм на двенадцатиклетевом стане 12×600 №1.

Выборка механических свойств собрана за дневные иочные смены в течение одного месяца прошлого года. За контрольные значения рассматриваемых характеристик взяты значения, предусмотренные ГОСТ 3282-74. Допустимые значения по механическим свойствам согласно ему следующие: плотность цинкового покрытия – не менее 60 г/м<sup>2</sup>; количество гибов – не менее 4; временное сопротивление разрыву – не менее 590–1180 Н/мм<sup>2</sup>.

Современный подход к управлению качеством в сложном производстве может базироваться на автоматизированном контроле выполнения требований к качеству продукции. Решение такой задачи авторами работы [4] реализован нижеописанным образом.

Имеется Q показателей качества; при этом качество конкретной единицы продукции может быть полностью представлено вектором:

$$\sigma = (\sigma_1, \dots, \sigma_Q). \quad (1).$$

Для метрических величин могут быть заданы верхние и нижние границы диапазона допустимого изменения по следующему показателю:

$$y_i \leq \sigma \leq y_i'' \quad (2).$$

Решение данной задачи базируется на подходе, предложенном авторами работы [4]. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Блок-схема алгоритма многомерного качества

Эмпирические оценки вероятности недостижения качества продукции, полученные на основе механических свойств, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Оценки вероятности невыполнения требований показателей

Показатель качества	Вероятность невыполнения
Плотность цинкового покрытия	0,07142
Количество гибов	0,19047
Временное сопротивление на разрыв	0,00000

Эмпирическая вероятность возникновения брака по любому показателю может быть оценена в виде:

$$P_n \frac{N_1}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N \max_j g_j^{(i)}}{N} \quad (3),$$

где  $N$  – общее число единиц анализируемой продукции, а  $N_1$  – количество бракованной продукции, для которой  $g \neq 0$ .

В данном случае наибольшая величина  $P_n = 0,19047$ . Наибольшая часть отклонений связана с показателем механического свойства «количество гибов» – 0,19047 (см. таблицу 1).

Идентификатор  $g$  позволяет сформировать основное поле событий (вариантов) недостижения качества продукции, которые идентифицируются шаблонами – вариантами значений идентификатора  $g$ , соответствующих событиям с ненулевой вероятностью [1]. Шаблоны идентификаторов показателей качества

оцениваемой проволоки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Шаблоны идентификаторов показателей качества

Число факторов	Плотность цинкового покрытия	Количество гибов	Временное сопротивление разрыв
1	(1,0,0)	(0,1,0)	(0,0,1)
2	-	(1,1,0)	(1,0,1)
3	-	-	(1,1,1)

Таблица 2 отражает все возможные варианты комбинаций несоответствия механических свойств требованиям производимой проволоки по ГОСТ 3282-74.

Эмпирические вероятности событий, варианты которых отражаются идентификаторами таблицы 2, получаются в виде оценок:

$$P(g') = n(g')/N \quad (4),$$

где  $n(g')$  — число единиц, прошедших фильтрацию по фильтру  $g'$ .

Кроме того, доля продукции с дефектами типа  $g'$  в общем объеме некондиционной продукции  $N_1$  может быть оценена следующим образом:

$$P(g') = n(g')/N_1 \quad (5).$$

Показатели качества обычно считаются независимыми друг от друга. В таком случае вероятности событий в таблице 3, начиная со второй строки, определим по формуле:

$$P'(g') = \prod_{i=1}^Q p_i^{g'_i}. \quad (6),$$

где  $g_i$  — компоненты идентификатора (принимают значения 0 или 1);  $p_i$  — эмпирическая вероятность невыполнения требований по одному показателю.

Проверка наличия взаимосвязи между показателями осуществляется путем сопоставления значений вероятности  $P(g')$  и  $P'(g')$ . Факт отсутствия взаимосвязи соответствует  $P(g') = P'(g')$ .

Система анализа причин недостижения качества, предложенная авторами работы [1], рассчитывает все три вероятности  $P(g)$ ,  $P'(g')$  и  $P_1(g)$  и выполняет сопоставление  $P(g)$  и  $P'(g')$  для всех вариантов, идентифицируемых таблицей 2. В то же время анализируется наличие взаимосвязи между невыполненными требованиями по ГОСТ.

Результаты анализа вероятностей отклонения по отдельным факторам и их сочетаниям массива базы данных оцениваемой проволоки представлена в таблице 3.

Структуризация вариантов нарушения качества предложенным методом позволяет исследовать наличие зависимости между отдельными показателями качества, опираясь на условные вероятности дефектов при производстве исследуемой проволоки.

В итоговой таблице 4 получим такие условные вероятности, как, например:

$$P[(0,0,1)/(1,0,0)] = P[(1,0,1)/(1,0,0)] = 0,02380/0,07142 = 0,33323. \quad (7)$$

Таблица 3. Анализ распределения случаев невыполнения требований качества оцениваемой проволоки типа 2,30-П1-Ц1 по ГОСТ 3282-74

Число факторов	Условные вероятности		
	Плотность цинкового покрытия	Количество гибов	Временное сопротивление, разрыв
1	$P = 0,07142$ $P_1 = 0,27272$ $P' = 0,071242$	$P = 0,19047$ $P_1 = 0,81818$ $P' = 0,19047$	$P = 0$ $P_1 = 0$ $P' = 0$
2	-	$P = 0,02380$ $P_1 = 0,09090$ $P' = 0,01356$	$P = 0$ $P_1 = 0$ $P' = 0$
3	-	-	$P = 0$ $P_1 = 0$ $P' = 0$

Результаты расчета условных вероятностей оцениваемой проволоки сведем в таблицу 4.

Таблица 4. Условные вероятности событий, связанных с невыполнением требований качества проволоки типа 2,30-П1-Ц1 по ГОСТ 3282-74

Условные вероятности	Плотность цинкового покрытия $g(1,0,0)$	Количество гибов $g(0,1,0)$	Временное сопротивление разрыв $g(0,0,1)$
$P(g)$	0,07142	0,19047	0
$P[g (1,0,0)]$	-	0,33323	0
$P[g (1,0,0),(1,1,0)]$	-	-	0

В данной работе результаты таблицы 4 отразили взаимосвязь между двумя показателями качества проволоки: «плотность цинкового покрытия» и «количество гибов». Данная методика опирается исключительно на фактические данные измерений, основываясь на механических свойствах оцениваемой проволоки. Оценку состояния качества выполним, используя энтропию (8). Обобщенным показателем качества является идентификатор  $g$ , а состояние, в свою оче-

редь, характеризуется плотностью его распределения.

Энтропия невыполнения требований регламента качества будет равна:

$$H_{кач} = - \sum_g P(g) \ln P(g). \quad (8)$$

$$H_{кач} = - \left( (0,07142 \cdot \ln(0,07142)) + (0,19047 \cdot \ln(0,19047)) + (0,33323 \cdot \ln(0,33323)) \right) = 0,87053.$$

Таким образом, состояние качества производимой проволоки типа 2,30-П1-Ц1 по ГОСТ 3282-74 оценено относительным показателем  $H_{КАЧ} = 0,87053$ , что является хорошим результатом и соответствует достаточно высокой оценке.

#### Список литературы:

1. Кузнецов Л А., Дорин Н. П., Автоматизация методики анализа причин брака // Методы менеджмента качества. – 2011. № 2. С. 47-53.
2. Егоров А.М. Аналитические методы анализа влияния факторов на качество продукции // Методы менеджмента качества. – 2008. – № 10. С.40-45.
3. Егоров А.М. Графические методы анализа влияния факторов на качество продукции // Методы менеджмента качества. – 2008. – № 11. С.42-43.
4. Кузнецов Л.А. Анализ невыполнения требований многомерного качества // Методы менеджмента качества. -2008. – № 6. С.41-48.
5. Кузнецов Л.А. Анализ качества по совместному эмпирическому распределению множества его показателей // Методы менеджмента качества. – 2008. – № 9. С.38-44.