

# СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 621.778: 658.652

Корчунов А.Г., Лысенин А.В.

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МЕТИЗНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Предложена схема управления показателями качества металлических изделий в условиях неопределенности. В качестве меры оценки неопределенности технологической информации приведен критерий энтропии. Показано использование энтропии в многооперационных процессах производства метизной продукции.

**Ключевые слова:** металлические изделия, неопределенность, энтропия, показатели качества, параметры управления, технологические операции, математические модели, многооперационное производство.

The scheme of control quality metrics metal products under of indetermination. As a measure to assess indetermination of technological information is an entropy criterion. The use of entropy in the processes of production multioperational hardware products is shown.

**Keywords:** hardware, indetermination, entropy, quality metrics, control parameter, production operation, mathematical model, multioperation production.

Металлические изделия промышленного назначения являются традиционным и пользующимся постоянным спросом на рынке видом продукции метизного производства. Создание все более сложных узлов, агрегатов и механизмов с новым уровнем потребительских свойств, стремление к минимизации затрат на переработку и максимальной продолжительности эксплуатационного срока продукции определяют тенденцию постоянного ужесточения требований потребителей к показателям качества металлических изделий.

Для эффективного решения задач по управлению показателями качества необходимо иметь математические модели, формально описывающие взаимосвязи между параметрами управления процессом обработки и показателями качества изделий, на основе которых возможно определять результативные режимы производства. На рис. 1 представлена классификация математических моделей для управления показателями качества металлических изделий.

Математические модели, описывающие процессы формирования показателей качества изделий в технологиях метизного производства можно разделить на однозначно определенные (детерминированные) и находящиеся в условиях неопределенности. Метизная продукция характеризуется большим количеством показателей качества. Процессы формирования

качества металлических изделий включают множество технологических операций, которые базируются на взаимодействии методов обработки различной физической природы: холодная пластическая деформация, горячая пластическая деформация, термическая обработка, химические методы и др. Это обуславливает значительную немонотонность и разнонаправленность пооперационного изменения показателей качества продукции в ходе технологической обработки [1,2].

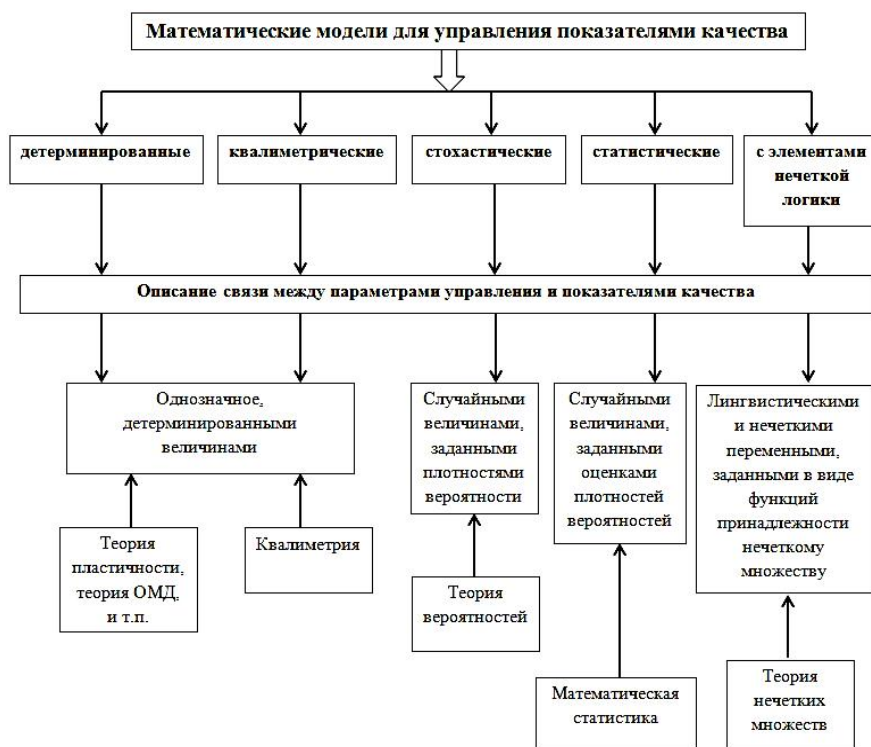


Рис. 1. Математические модели управления показателями качества металлических изделий

При исследовании многооперационных процессов всегда присутствует неопределенность технологической информации, которую необходимо учитывать. При построении модели управления показателями качества метизной продукции описание неопределённости может быть осуществлено следующими способами: стохастическое, статистическое, интервальное и нечеткое и др. Выбор методов формализации технологической информации зависит главным образом от типа неопределенности, к которому относится решаемая задача.

На **рис.2** представлена формализация процесса управления показателями качества метизной продукции.

В формализованной схеме управления показателями качества металлических изделий входные и выходные показатели качества, а также показатели качества металла и параметры управления после *j*-й технологической операции представлены в виде универсальных множеств:

- Показатели качества исходной заготовки:

$$Y^0 = (Y_1^0, Y_2^0, \dots, Y_n^0), \quad (1)$$

где *n* – общее количество показателей качества металлического изделия.

- Фактические показатели качества продукции, полученные в результате реализации технологической обработки:

$$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n). \quad (2)$$

- Требуемые показатели качества готовой продукции согласно нормативно-технической документации:

$$Y^H = (Y_1^H, Y_2^H, \dots, Y_n^H). \quad (3)$$

- Показатели качества полупродукта после *j*-й технологической операции:

$$Y^j = (Y_1^j, Y_2^j, \dots, Y_n^j), \quad (4)$$

где *j*=1...*k*, *k* – общее число технологических операций.

- Параметры управления на *j*-й технологической операции:

$$ПУ_j = (ПУ_{j1}, ПУ_{j2}, \dots, ПУ_{jl}), \quad (5)$$

где *l* – общее количество параметров управления.

С учетом неопределённости в математических моделях множества (1)–(5) могут задаваться различным образом. С позиции стохастической модели – величинами, заданными плотностями вероятностей. При использовании статистических моделей – величинами, заданными оценками плотностей вероятностей. В моделях с элементами нечеткой логики – лингвистическими и нечеткими переменными, заданными в виде функций принадлежности нечеткому множеству. В таких моделях очень сложно оценивать неопределенность технологической информации, возникающей в процессе производства металлических изделий, поэтому необходимым становится разработка критериев, учитывающих данную неопределённость.

Для оценки неопределенности технологической информации в формализованной схеме управления показателями качества металлических изделий (см. **рис. 2**) введем ряд критериев, отражающих конечные результаты процессов формирования качества продукции. Данные критерии, по аналогии со множествами (1)–(5), объединим в единое универсальное множество и назовем целевыми функциями объекта исследования:

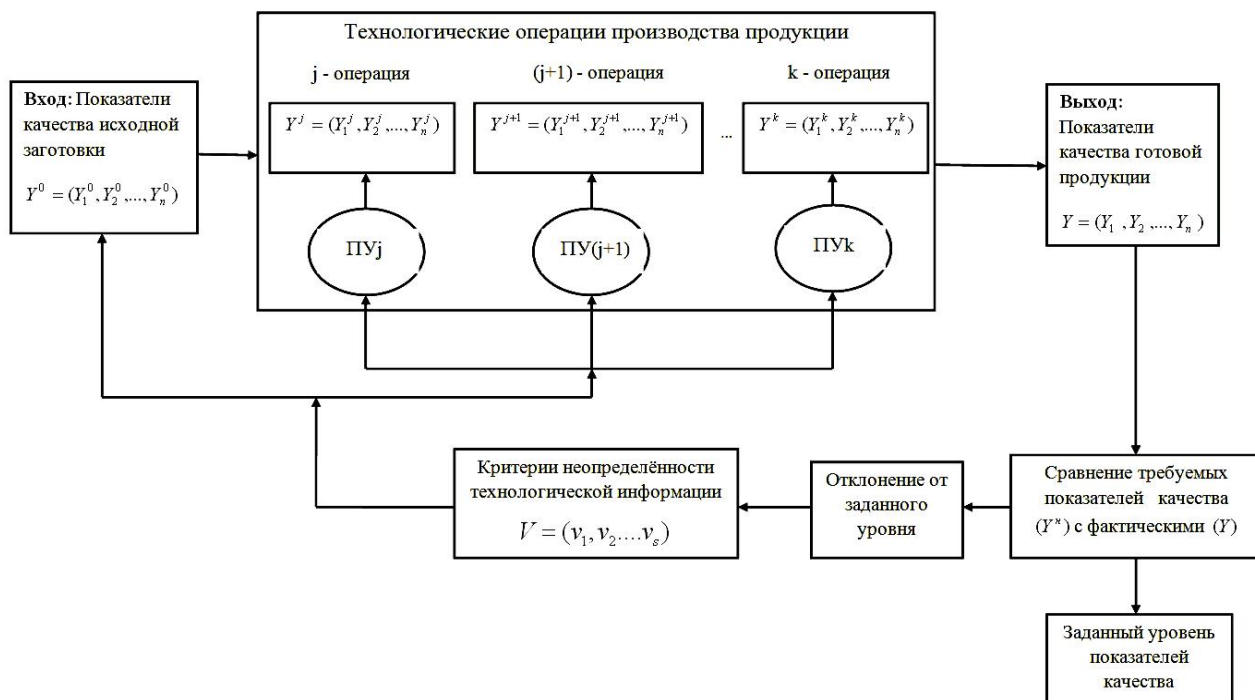


Рис. 2. Схема управления показателями качества металлических изделий

Множество целевых функций, характеризующих неопределенность технологической информации в управлении показателями качества:

$$V = (v_1, v_2, \dots, v_s), \tag{6}$$

где  $s$  – общее количество критериев оценки неопределенности технологической информации.

В качестве примера целевой функции неопределенности технологической информации в управлении показателями качества метизной продукции приведем критерий энтропии. В теории информации К. Шеннон ввел понятие энтропии в качестве меры количества информации, которое выражается через распределение вероятностей. Энтропия случайной величины является мерой ее неопределенности, т.е. количество информации, которое приобретается при устранении этой неопределенности (при выяснении случайной величины) [3]. Энтропия конкретно для производства металлических изделий характеризует неопределенность параметров управления технологии и показателей качества продукции. Чем меньше неопределенность технологического процесса, тем он результативнее в плане получения готовой продукции с заданным набором потребительских свойств. Энтропия – это просто число, благодаря чему возможны измерения и сравнения неопределенностей множества показателей качества металлических изделий. Энтропию можно представить как преобразователь, то есть на входе задается множество показателей качества, а на выходе формируется скалярная оценка неопределенности, связанной со всеми значениями этих показателей [4].

Энтропия случайной величины может быть оценена величиной:

$$H_\xi = -\sum_{\xi} p(\xi) \ln p(\xi), \tag{7}$$

где  $\xi$  – случайная величина;  $p(\xi)$  – распределение ее вероятностей.

В зависимости от математической модели, используемой для управления показателями качества, формула энтропии может видоизменяться. С использованием нечетких множеств формула энтропии имеет вид:

$$H(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_R) = -\frac{1}{\ln R} \sum_{i=1}^R \mu_i \ln \mu_i, \tag{8}$$

где  $\mu_r$  – функция принадлежности показателя качества на интервале его значений;  $R$  – количество интервалов значений показателя качества.

Энтропия принимает значения в интервале от 0 и 1.

Так как производство металлических изделий является многооперационным процессом и формирование качества идет на каждой технологической стадии, то энтропия показателей качества после  $j$ -й

технологической операции может быть записана, следуя А.Н. Колмогорову [5], в виде:

$$H_j = \ln \sqrt{\det R_Y^j}, \tag{9}$$

где  $\det R_Y^j$  – определитель ковариационной матрицы.

Разброс значений показателей качества, отклонение фактических значений показателей относительно их средних значений после  $j$ -й технологической операции характеризуется ковариационной матрицей  $R_Y^j$ :

$$R_Y^j = \begin{bmatrix} \frac{1}{Q^j-1} \sum_{q=1}^{Q^j} \{ [Y_{q1}^j - \mu(Y_{11}^j)] [Y_{q1}^j - \mu(Y_{11}^j)] \} & : & \frac{1}{Q^j-1} \sum_{q=1}^{Q^j} \{ [Y_{q1}^j - \mu(Y_{11}^j)] [Y_{qn}^j - \mu(Y_{n1}^j)] \} \\ \frac{1}{Q^j-1} \sum_{q=1}^{Q^j} \{ [Y_{q1}^j - \mu(Y_{11}^j)] [Y_{q2}^j - \mu(Y_{21}^j)] \} & : & \frac{1}{Q^j-1} \sum_{q=1}^{Q^j} \{ [Y_{q2}^j - \mu(Y_{21}^j)] [Y_{qn}^j - \mu(Y_{n1}^j)] \} \\ \dots & & \dots \\ \frac{1}{Q^j-1} \sum_{q=1}^{Q^j} \{ [Y_{q1}^j - \mu(Y_{11}^j)] [Y_{qn}^j - \mu(Y_{n1}^j)] \} & : & \frac{1}{Q^j-1} \sum_{q=1}^{Q^j} \{ [Y_{qn}^j - \mu(Y_{n1}^j)] [Y_{qn}^j - \mu(Y_{n1}^j)] \} \end{bmatrix}, \tag{10}$$

где  $\mu(Y_n^j)$  – средние значения показателей качества после  $j$ -й технологической операции;

$Q^j$  – множество измеренных значений показателей качества после  $j$ -й технологической операции.

$$\mu(Y_n^j) = \frac{1}{Q^j} \sum_{q=1}^{Q^j} Y_{qn}^j. \tag{11}$$

С помощью соотношения (9) каждой ковариационной матрице, характеризующей разброс множества показателей качества после  $j$ -й технологической операции, ставится в соответствие скалярная величина – энтропия, которая служит мерой разброса или неопределенности всех величин показателей качества в целом.

Изменение энтропии показателей качества на  $j$ -й технологической операции производства определяется в виде:

$$\Delta H = \frac{H_{j+1} - H_j}{H_j} \cdot 100\%, \tag{12}$$

где  $H_{j+1}$  – энтропия показателей качества на  $j+1$  технологической операции;  $H_j$  – энтропия показателей на  $j$ -й технологической операции.

Уменьшение разброса значений показателей качества металлических изделий от каждой предыдущей технологической операции к последующей говорит об уменьшении неопределенности, поэтому накладывается требование минимизации энтропии, а именно:  $\Delta H \rightarrow \min$ .

Уменьшение энтропии показателей качества от операции к операции свидетельствует о снижении отклонения значений показателей качества относительно их средних значений. Это благоприятно вли-

яет на конечные свойства готовой продукции. Рост энтропии, наоборот, свидетельствует об увеличении отклонений значений показателей качества. На тех технологических операциях, где энтропия возрастает, должны корректироваться параметры управления с целью уменьшения неопределенности показателей качества. Если увеличение энтропии наблюдалось на всех технологических операциях, то необходимо изменять технологические режимы обработки или требования к показателям качества исходной заготовки.

При исследовании всего многооперационного процесса производства метизной продукции энтропия позволяет сравнивать качество партий продукции, реализации различных режимов технологической обработки при производстве того или иного вида металлических изделий.

*Работа проведена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 13G25.31.0061).*

*Работа выполнена по гранту в форме субсидии на поддержку научных исследований (соглашение №14.В37.21.0068).*

#### Список литературы

1. Корчунов А.Г. Моделирование трансформации показателей качества металлических изделий в процессах обработки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. №1. С. 76-78.
2. Применение адапционных механизмов для повышения качества продукции с глубокой степенью переработки / Голубчик Э.М., Корчунов А.Г., Лысенин А.В., Пивоварова К.Г. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. №5. Т.7. С. 131-134.
3. Шеннон К.Э. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике: пер. с англ. / под ред. Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова. М. : ИЛ, 1963. 653 с.
4. Кузнецов Л.А. Обобщенная мера оценки качества // Методы менеджмента качества. 2007. №4. С. 42-47.
5. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. М. : Наука, 1987. 304 с.

#### Bibliography

1. Korchunov A.G. Modeling the transformation of quality metal products in the processing // Vestnik MSTU named after G. I. Nosov. 2009. № 1. P. 76-78.
2. The use of adaptive mechanisms to improve the quality of products with a deep level of processing / Golubchik E.M., Korchunov A.G., Lysenin A.V., Pivovarova K.G. // Vestnik of Voronezh State Technical University. 2011. № 5. Volume 7. P. 131-134.
3. Shannon K.E. Mathematical Theory of Communication // Works on the theory of information and cybernetics, trans. from English. / Ed. R.L. Dobrushin and O.B. Lupanov. M. : 1963. 653 p.
4. Kuznetsov L.A. A generalized measure of quality assessment // Methods for quality management. 2007. № 4. P. 42-47.
5. Kolmogorov A.N. Information theory and the theory of algorithms. M.: Science, 1987. 304 p.