

МЕТОДИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О КАЧЕСТВЕ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Денисова А.А.,
док-р техн. наук, Филатов И.Н.

Санкт-Петербургский государственный горный университет

Аннотация

В статье сформирована методика, позволяющая оценить качество продукции в условиях нестабильности экономической ситуации. Сформулированы задачи, решение которых позволит преобразовать нечёткий логический вход в чёткое и обоснованное решение о качестве продукции. Решение перечисленных задач обеспечивает высокую надёжность и качество продукции, и позволяет уменьшить при этом затраты на проведение испытаний, а следовательно и себестоимость продукции.

Ключевые слова

Решение задач качества, методика решения, факторы, влияющие на качество продукции, стадия разработки продукции

Abstract

There's a technique, allowing estimating quality of production in the conditions of instability of an economic situation in article. It will be possible to transform an indistinct logic input to the accurate and well-founded decision of quality of production. As a result of the introduced work package a comprehensive view of product characteristics is formed and achieving high project reliability and low production cost price.

Keywords

Quality management, decision technique, quality-affecting factors, in product's development.

По словам таких учёных в области управления качеством, как Ю.П. Адлер, С.Ф. Жулинский, В.Л. Шпер «Нет сомнения, что точность, с которой вы-

полняются любые технологические операции, имеет огромное, если не решающее значение в коммерческом успехе промышленного бизнеса. Конечно серьёзные компании уже давно понимают это и прилагают значительные усилия, направленные на достижение такой точности, которая сделает потребителя счастливым».

По словам Ю.П. Адлера, С.Ф. Жулинского, В.Л. Шпера «принято отталкиваться от технических условий (ТУ) на соответствующую продукцию, которые, в идеале, разрабатывает заказчик (потребитель, покупатель, клиент), но не всегда обладает достаточной квалификацией и информацией, чтобы решить проблему самостоятельно. Дело в том, что перед ним возникнет дилемма. С одной стороны, чем жестче требования, формулируемые в ТУ, тем большую цену за продукцию потребует производитель, то есть потери потребителя возрастут. С другой стороны, чем слабее будут требования, тем выше вероятность получить недостаточно качественную продукцию, что может также привести к дополнительным потерям». На основании результатов анализа требований потребителей, а также тенденции производителей, направленной на повышение конкурентоспособности продукции, не остаётся сомнений в актуальности задачи оптимизации процесса контроля.

Конкурентоспособность предприятия можно рассматривать как уровень эффективности использования производственной фирмой экономических ресурсов относительно их использования конкурентами. В условиях рыночной экономики указанная эффективность выражается через рентабельность продукции, определяемой отношением прибыли к необходимым для ее получения затратам. Исходя из целевой установки диссертационного исследования, был выбран подход к повышению конкурентоспособности продукции, который направлен на сокращение объёма контроля для снижения себестоимости продукции.

В настоящее время для сокращения объёма контроля разработаны концепции, которые в большинстве случаев построены на автоматизации

испытаний. На крупных производственных фирмах, где преобладает массовое виды производство – автоматизация испытаний связана с созданием специализированных машин, комплектов для контроля качества и статистической оценки свойств материалов по стандартизованным методикам, обеспечивающим автоматическое управление режимами испытаний, центральный сбор информации в многоточечных системах и обработку однотипных результатов испытаний. На малых производственных фирмах, где преобладает мелкосерийное производство характерно проведение многофакторных испытаний по программам, которые могут меняться или совершенствоваться в процессе испытаний, для чего необходимо универсальное оборудование с мобильной структурой, легко приспособляемой для решения различных задач. Однако с обоих случаях внедрение такого подхода связано со значительными затратами, что является сдерживающим фактором для предприятий.

Исходя из существующих ограничений, связанных с материальными возможностями предприятий, стало ясно, что необходимо создать методику контроля, внедрение которой не повлечёт значительных затрат, но обеспечит потребителю и производителю уверенность в качестве продукции. Данная методика построена исходя из требований международного стандарта ИСО 9001:2008, а также ГОСТ 27.140-87, ГОСТ Р 15.201-2000, ГОСТ Р 15.000-94.

Для формирования системы требований к разрабатываемой продукции, нужно определить свойства этой продукции в соответствии с требованиями заказчика. Любое свойство, присущее продукции, предназначено для выполнения определённой функции, заложенной в продукцию. Перечень всех функций, упорядоченный по возрастанию функции приоритета, формирует иерархическую структуру и способствует формированию назначения продукции. Построение иерархической структуры свойств предлагается осуществлять на основе энтропийного подхода.

Развитие по этапам жизненного цикла конкретного образца продукции происходит в m ситуациях C_i , $i = \overline{1, m}$. В зависимости от конкретной ситуации

он характеризуется рядом приоритета $I_i = \{1, 2, \dots, n\}$ и вектором приоритета свойств $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}\}$. Вектор приоритета V_i представляет собой n -мерный вектор, компонентами V_q которого являются бинарные отношения приоритета, определяющие степень превосходства по важности двух соседних свойств P_{iq} и P_{iq+1} , $q = \overline{1, n}$, из ряда приоритета I_i , а именно: величина V_{iq} показывает, во сколько раз свойство P_{iq} важнее другого свойства P_{iq+1} . Если $P_{iq} = P_{iq+1}$, то $V_{iq} = 1$.

Имея в качестве исходных данных векторы I_i и V_i по всем типовым ситуациям C_i , можно для каждой из них определить вектор весовых коэффициентов $\Lambda_i = \{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{in}\}$, который представляет собой n -мерный вектор, при этом компоненты его связаны соотношениями:

$$\begin{cases} 0 \leq \lambda_{iq} \leq 1, & q = \overline{1, n}; \\ \sum_{q=1}^n \lambda_{iq} = 1. \end{cases} \quad (1)$$

Составляющие λ_{iq} вектора Λ_i имеют смысл весовых коэффициентов, определяющих относительное превосходство q -го свойства над остальными, и рассчитываются по зависимости

$$\lambda_{iq} = \frac{\prod_{l=1}^n V_{il}}{\sum_{q=1}^n \prod_{l=q}^n V_{il}}, \quad i = \overline{1, m} \quad (2)$$

По данным расчетов строится матрица весов

$$\|A\| = \begin{vmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mn} \end{vmatrix}, \quad (3)$$

где λ_{kj} – вес j -го свойства в k -й типовой ситуации функционирования (развития) образца продукции.

Чтобы сформировать иерархическую структуру свойств, учитывающую различные типовые ситуации функционирования (развития) образца продукции

и степень их проявления в каждом конкретном случае, необходимо установить обобщенные веса λ_j^* , $j = \overline{1, n}$ всех свойств, которые наиболее полно учитывают информацию заложенную в матрицу $\|A\|$.

На основании данных матрицы $\|A\|$ рассчитывается энтропия j -го свойства

$$H_j = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} \ln \lambda_{ij}, \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \quad (4)$$

Так как $0 \leq H_j \leq 1$ ($j = \overline{1, n}$), то, очевидно, можно определить уровень изменчивости j -го свойства по формуле

$$d_j = 1 - H_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (5)$$

Если известны экспертные оценки величин $\bar{\alpha}_j$, то целесообразно рассчитать комплексную значимость

$$\alpha_j^o = \lambda_j^* = \frac{\bar{\alpha}_j \alpha_j}{\sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j \alpha_j}, \quad j = \overline{1, n} \quad (6)$$

Здесь весовой вектор $\bar{\alpha} = \{\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_n\}$ можно определить по матрице экспертных оценок каждого свойства. Если провести групповую экспертизу, в которой каждый из m экспертов назначает свои значения весовых коэффициентов, удовлетворяющих условиям

$$\sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_{kj} = 1, \quad \bar{\alpha}_{kj} \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (7)$$

то в результате будет получена матрица экспертных оценок

$$A = \begin{pmatrix} \bar{\alpha}_{11} & \bar{\alpha}_{12} & \dots & \bar{\alpha}_{1n} \\ \bar{\alpha}_{21} & \bar{\alpha}_{22} & \dots & \bar{\alpha}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{\alpha}_{m1} & \bar{\alpha}_{m2} & \dots & \bar{\alpha}_{mn} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где $\bar{\alpha}_{kj}$ – экспертная оценка относительной важности j -го свойства, предложенная k -ым экспертом.

Для определения оптимально-компромиссных весовых коэффициентов $\bar{\alpha}^*$,

выражающих «коллективное мнение», задается схема компромисса $F(A, \bar{\alpha}^*)$ и решается экстремальная задача

$$F(A, \bar{\alpha}^*) = \min_{\bar{\alpha} \in D} F(A, \bar{\alpha}), \quad (9)$$

$$D = \left\{ \bar{\alpha} \mid \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j = 1, \bar{\alpha}_j \geq 0, j = \overline{1, n} \right\}.$$

где

Исходя из требований потребителей и целевой установки было выявлено, что с целью сокращения объёма контроля необходимо оптимизировать систему исходных требований к продукции $A^* = \{\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_n^*\}$. Под оптимизацией совокупности контролируемых показателей качества продукции понимается минимизация количества контролируемых показателей качества продукции – исключение неинформативных показателей с целью сокращения объёма контроля и снижения затрат на контроль при заданном уровне достоверности контроля.

Задача выбора совокупности контролируемых показателей качества продукции, обеспечивающей оптимальное по некоторому критерию эффективности функционирование продукции, имеет значительное число методов решения. При выборе метода проводился сравнительный анализ некоторых из них. Исходя из этих ограничений, для решения задачи диссертационного исследования был выбран метод ветвей и границ, который состоит из следующих этапов: формирование целевой функции; разбиение области допустимых значений на подобласти; поиск верхних и нижних границ для оптимального значения на подобласти допустимых решений.

Для обеспечения учета всех наиболее значимых показателей качества, функция предпочтения имеет вид:

$$F^+ = \frac{(\Delta K_0)^{\delta_1} \cdot (\Delta \bar{P}_{HO})^{\delta_2}}{(\Delta \bar{C}_{КПДП})^{\delta_3} \cdot (\Delta \bar{T}_{КПДП})^{\delta_4}}; \quad (10)$$

где F^+ – функция предпочтения; $\delta_1 \dots \delta_4$ – весовые коэффициенты, характеризующие вклад соответствующего показателя в значение функции

предпочтения; ΔK_0 – приведенное значение приращения показателя эффективности функционирования образца продукции; $\Delta \bar{P}_{HO}$ – приведенное значение вероятности необнаруженного отказа; $\Delta \bar{C}_{KПДП}$ – приведенное значение приращения стоимости контроля; $\Delta \bar{T}_{KПДП}$ – приведенное значение длительности контроля. Для определения верхней границы решения может быть использовано выражение:

$$L_S = \sum_{j=k+1}^{l-1} c_j + h_{1l} \Delta b,$$

$$\Delta b = b_1 - \sum_{x_j \in S} a_{1j} \cdot x_j - \sum_{j=k+1} a_{1j}, \quad (11)$$

Однако для удовлетворённости потребителя необходимо обеспечить его уверенность в благоприятном исходе контроля, то есть достоверность контроля должна быть не ниже заданной. Оценить вероятность благоприятного исхода можно с помощью таких критериев, как максиминный критерий Вальда – критерий осторожного наблюдателя, или принцип гарантированного результата, критерий Сэвиджа – минимаксного риска, или критерия Лапласа (принцип недостаточного основания Бернулли).

В работе применялся критерий «пессимизма – оптимизма» Гурвица, который в отличие от критериев Сэвиджа, Лапласа и др., которые ориентированы на наихудшие условия, позволяет «взвесить» как наихудшие, так и наилучшие условия и установить баланс между случаями предельного оптимизма и крайнего пессимизма.

Предполагается, что наихудшие условия могут быть с вероятностью λ , а наилучшие – с вероятностью $1 - \lambda$. Значение вероятности наихудших условий λ задается, как правило, субъективно исходя из опыта исследователя с учетом аналогичных ситуаций и т.д. Для снижения степени субъективизма значение λ может определяться методом экспертных оценок, но гораздо предпочтительнее получать его значение независимо от исследователя. Формализовать процедуру поиска объективных значений λ позволяет приведенный ниже подход.

Необходимо сформировать матрицу исходных состояний (см. таблицу 1), где X_i – i -я совокупность параметров качества продукции ($i = 1, m$); Y_j – j -е значение показателя качества продукции ($j = 1, n$); w_{ij} – значение функции предпочтения, вычисленной согласно (10).

Таблица 1. Матрица исходных состояний

Y_j X_i	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_n
X_1	w_{11}	w_{12}	w_{13}	...	w_{1n}
X_2	w_{21}	w_{22}	w_{23}	...	w_{2n}
...
X_m	w_m	w_m	w_m	...	w_m
	1	2	3		n

Представим выигрыши $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}$ при каждой стратегии X_i в неубывающем порядке и обозначим элементы новой матрицы через a_{ij} .

В свою очередь величина

$$a = \sum_{j=1}^n a_j = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} \tag{12}$$

является суммой всех выигрышей матрицы $\|a_{ij}\|$, или суммой всех выигрышей матрицы $\|w_{ij}\|$.

В случае, когда исследователь оценивает ситуацию как опасную, то есть он хочет подстраховаться при выборе рациональной стратегии и ведет себя при этом достаточно осторожно (проявляет больше пессимизма, чем оптимизма), то показатель его пессимизма λ_{Π} должен быть больше показателя оптимизма λ_0 . Это может быть достигнуто путем выбора невозрастающей последовательности коэффициентов $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, в частности обратно пропорциональных средним выигрышам (12), то есть

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \dots : \lambda_n = \bar{a}_n : \bar{a}_{n-1} : \dots : \bar{a}_1. \quad (13)$$

$$\lambda_j = \frac{a_{n-j+1}}{a} \quad (j = \overline{1, n}). \quad (14)$$

Таким образом, выбирая в опасной ситуации коэффициенты λ_j ($j = \overline{1, n}$) в соответствии с «принципом невозрастания средних выигрышей», можно увидеть, что j -й коэффициент λ_j представляет собой отношение суммы a_{n-j+1} элементов $a_{i, n-j+1}$ ($i = \overline{1, m}$), стоящих в $(n - j + 1)$ -м столбце матрицы $\|a_{ij}\|$, к сумме a всех ее элементов.

Если исследователь преисполнен оптимизма и считает ситуацию безопасной, то показатель его оптимизма λ_o должен быть больше показателя пессимизма $\lambda_{п.}$ Это можно выразить набором неубывающей последовательности коэффициентов $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, например, по «принципу неубывания средних выигрышей» прямо пропорционально средним выигрышам (12)

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \dots : \lambda_n = \bar{a}_1 : \bar{a}_2 : \dots : \bar{a}_n.$$

Аналогичным способом нетрудно показать, что в данном случае коэффициенты λ_j выражаются в соответствии с (15)

$$\lambda_j = \frac{a_j}{a} \quad (j = \overline{1, n}). \quad (15)$$

Таким образом разработана методика принятия решения о качестве продукции на основе оптимизированной совокупности показателей качества продукции. Контролируемые показатели качества отобраны с помощью метода Гурвица на основании значений функции предпочтения и обеспечивают достоверность благоприятного исхода контроля «годен» не ниже заданной. Достоверность, практическая значимость и новизна выработанных рекомендаций подтверждается совокупностью полученных свидетельств на полезные модели и программу для ЭВМ. Значение приведенных результатов исследования для теории и практики определяется требованием снижения затрат на контроль продукции при сохранении достоверности контроля

продукции не ниже заданной. Ряд достоинств предлагаемой методики, таких как универсальность, простота применения, достоверность получаемых статистических выводов, возможность реализации её на ЭВМ делает целесообразным её применение в практике производственных предприятий.

Литература

1. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования. – Рига ”Знание”, 1990. – 184 с.

2. Диденко В.В. Опыт и перспективы автоматизации испытаний, контроля и поверки продукции приборостроительного предприятия /В.В.Диденко, С.С. Дорожко, Б.Е. Курцман. – Л.: ЛДНТП, 1989. – 98 с.

3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432с.

5. Сваровский С.Т. Аппроксимация функций принадлежности значений лингвистической переменной //Математические вопросы анализа данных, Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1980. – С. 127 – 131.

6. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции. Серия: учебное пособие. – М.: КноРус, 2009. – 320 с.

Рецензент доц. Ходова Г.В.