

Е. Л. Москвичёва, Н. И. Лаптев, Н. Е. Наумова,
Г. Г. Богатеев, И. А. Абдуллин

РАЗВЁРТЫВАНИЕ ФУНКЦИЙ КАЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА УДЛИНЁННОГО КУМУЛЯТИВНОГО ЗАРЯДА

Ключевые слова: управление качеством, метод QFD, удлинённый кумулятивный заряд (УКЗ).

В статье рассмотрено применение метода QFD III уровня с использованием идентификации математической модели технологического процесса на примере улучшения технологии производства удлинённого кумулятивного заряда.

Keywords: quality control, Quality Function Deployment method, linear-shaped charge.

In the article considers the application of the method QFD III level, using to mathematical model of identification process by the simulation model example of improved technology elongated shaped charge.

Неотъемлемой частью инновационного направления развития производства взрывоопасной продукции являются автоматизированные системы проектирования, моделирования и доводки технологических процессов производства [1 - 4]. Важнейшим методом определения направлений инноваций технологического процесса является метод развёртывания функций качества QFD III уровня. Существуют следующие особенности реализации этого метода в современных условиях:

- используется большое количество экспертиз (привлекаются эксперты различных уровней и специализаций), что ведёт к отличиям в оценочных шкалах и результирующих оценках;
- сложность понимания и расчётов в традиционной реализации QFD;
- при комплексной автоматизации технологических процессов важное значение имеет их моделирование в реальном масштабе времени [4,5].

Далее рассмотрены результаты применения метода QFD при разработке технологического процесса производства УКЗ с подробным описанием реализации QFD III уровня и использование математической модели технологического процесса.

Известно, что при проведении QFD III уровня рекомендуется использовать методы PFMEA (FMEA технологического процесса) и ФСА (функциональный стоимостной анализ) для выбора оптимальной концентрации технологического процесса. Когда технологический процесс определён, разработка его параметров осуществляется с использованием Дома качества НОQ III уровня [6,7].

На фазе III QFD характеристики компонентов вместе с полученными приоритетами (рангами) занесены в колонку «что» Дома качества III уровня и, проведя анализ аналогичный проводимому при QFD I и 2 уровня и с использованием данных PFMEA (FMEA процесса), выявлены ключевые параметры технологического процесса производства УКЗ (рис. 1).

Абсолютное значение приоритета характеристики Θ_j на фазе III QFD рассчитывается по формуле

$$\Theta_j = \sum_{i=1}^{i=k} (P_i * H_{ij}), \quad (1)$$

где H_{ij} - коэффициент взаимосвязи технологического параметра j и технологической характеристике i , P_i - важность i -той технической характеристики, k - количество технических характеристик, n - количество технологических параметров.

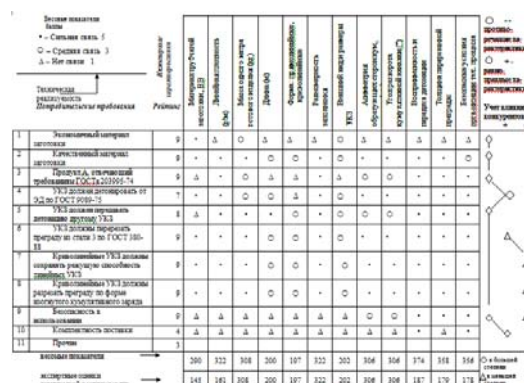


Рис. 1 - Матрица взаимосвязи потребительских требований и инженерных характеристик

Делением на общую сумму всех полученных абсолютных значений важности, определяются относительные значения важности каждого технологического параметра с присвоением ранга.

В технологическом процессе изготовления УКЗ основными операциями являются: наполнение трубчатой заготовки взрывчатом веществом (ВВ); профилирование трубчатой заготовки, наполненной ВВ; обрезка концов УКЗ. Для процесса изготовления УКЗ ключевой операцией является профилирование УКЗ.

Многие технологические параметры и характеристики кумулятивного заряда в процессе профилирования (создание кумулятивной выемки) измерить непосредственно затруднительно.

Для их оценки часто используются методы косвенных измерений, в большинстве случаев, основанные на уравнениях баланса расхода вещества и законе сохранения энергии при высоких скоростях и температурных режимах [4,5]. Существующие математические модели позволяют решать следующие задачи:

-измерение геометрических размеров трубчатой заготовки (например, угол разворота кумулятивной канавки на выходе из профилирующих роликов прокатного стана);

-измерение характеристик процесса профилирования кумулятивного заряда (2).

$$D = \sqrt{k_4 \left\{ \frac{(k_1 P_H + k_2 n p + k_3 n^2 \mu)}{k_4 \Delta T v} + d^2 \right\}}, \quad (2)$$

где P_H – мощность нагрева трубчатой заготовки, ΔT – перепад температуры при создании кумулятивного потока, n – частота вращения роликов прокатного стана, p – давление кумулятивного потока, v – скорость движения газового потока в кумулятивной струе, d – диаметр трубчатой заготовки, $k_1 \dots k_4$ – коэффициент пропорциональности.

Построенные математические модели описывают физический процесс в каждом случае приближённо. Уточнение её может быть проведено по результатам экспериментов. Определение оценок параметров состояния (коэффициентов потерь, коэффициентов пропорциональности и др.) в математической модели производится через измеряемые признаки состояния (температура, давление, мощность и др.).

Решение сформулированной таким образом задачи параметрической идентификации математической модели позволяет получить уточнённую математическую модель процесса прокатки при изготовлении конкретного УКЗ. Эту модель в дальнейшем можно эффективно использовать для решения практических задач.

Линейные взаимосвязи между параметрами и признаками состояния представляются в виде матричного уравнения.

$$\bar{H} \cdot \delta\Theta = \delta\bar{P}, \quad (3)$$

где $\delta\Theta$ – n -мерный вектор, относительных отклонений параметров состояния (характеристики продукции), $\delta\bar{P}$ – k -мерный вектор относительных отклонений признаков состояния (важности требований и ожиданий потребителей), $\bar{H}$ – матрица размером $(k \times n)$ коэффициентов взаимосвязи требований и характеристик.

Используя матричные преобразования, например, для математической модели операции прокатки УКЗ и распространённый метод наименьших квадратов по формуле (4) получаем не

только принятые в QFD оценки приоритетов изменения технологических параметров, но и другие оценки направлений инновационного совершенствования.

$$\delta\hat{\Theta} = (P(H^T P_H)^{-1} H^T P \delta P, \quad (4)$$

где P – весовая матрица погрешностей технических характеристик.

В результате проведения QFD III уровня определено, что ключевыми параметрами технологического процесса являются: соответствия входных материалов (относительное значение приоритета 37,7 %), на операции прокатки УКЗ – угол разворота кумулятивной канавки (относительное значение приоритетов 9,7 %). Эти параметры в наибольшей степени влияют на достижение заданных технических характеристик и качество УКЗ.

Таким образом, разработан метод развёртывания функций качества для процесса профилирования изделия с использованием математической модели. Предложенный метод идентификации позволяет обоснованно использовать матрицу взаимосвязи между характеристиками качества УКЗ и параметрами процесса профилирования и рассчитать количественные значения этих технологических параметров.

Литература

1. А.И.Абдуллин, В.Е.Годлевский, Н.И.Лаптев, Е.Л.Москвичева, Н.Е.Наумова, Г.Г.Богатеев, А.С.Михайлов, Вестник Казанского технологического университета, 14, 13, 152-156 (2011).
2. И.А.Абдуллин, Е.Л.Москвичева, Г.Г.Богатеев, А.С.Михайлов, Вестник Казанского технологического университета, 14, 13, 161-168 (2011).
3. Ключников В.Ф., Родионов В.Н., Попова Т.В. Интегрированная система менеджмента ЗАО «СКК» //Кабели и провода. 2008. №6 С.16-18.
4. Бульхин А.К., Ключников В.Ф., Кижаяев С.А., Моделирование технологических процессов в реальном масштабе времени с помощью программ для ЭВМ //Кабели и провода. 2010. №1. С.12-13.
5. Кижаяев С.А. Интеллектуальные системы измерения в процессе экструзии в кабельной промышленности // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2004. №7 С.52-54.
6. Брагин Ю.В., Королькин В.Ф. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей. Ярославль: Центр качества, 2003. 240 с.
7. Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А., Вашуков Ю.А., Развёртывание функции качества (QFD): Методологические указания. Самара: СГАУ, 2009. 54 с.

© Е. Л. Москвичёва - канд. техн. наук, доц. каф. сертификации энергонасыщенных производств СамГТУ; Н. И. Лаптев - д-р техн. наук, проф., зав. той же каф., spepromtex@inbox.ru; Н. Е. Наумова - канд. техн. наук, доц. той же кафедры; Г. Г. Богатеев – канд. техн. наук, доц. каф. химии и технологии гетерогенных систем КНИТУ, spektr@kstu.ru; И. А. Абдуллин – д-р техн. наук, проф., зав. каф. химии и технологии гетерогенных систем КНИТУ, ilnur@cmit.ksu.ras.ru.