

РАЗВЕРТЫВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОПРОВОДА

© 2010 В.Н. Родионов¹, Т.В. Попова¹, Т.А. Митрошкина²

¹ ЗАО «Самарская Кабельная Компания»

² Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 15.12.2010

В статье рассмотрено применение метода QFD III уровня с использованием идентификации математической модели технологического процесса на примере улучшения технологии производства автопровода с тонкостенной изоляцией для жгутов проводов, используемых в электрооборудовании автомобиля.

Ключевые слова: управление качеством, метод QFD

Неотъемлемой частью инновационного направления развития кабельной промышленности являются автоматизированные системы проектирования, моделирования и доводки технологических процессов производства [1, 2]. Важнейшим методом определения направлений инноваций технологического процесса является метод развертывания функции качества QFD III уровня. Существуют следующие особенности реализации этого метода в современных условиях:

- используется большое количество экспертиз (привлекаются эксперты различных уровней и специализаций), что ведет к отличиям в оценочных шкалах и результирующих оценках;
- сложность понимания и расчетов в традиционной реализации QFD;
- при комплексной автоматизации технологических процессов важное значение имеет их моделирование в реальном масштабе времени [2, 3].

Далее рассмотрены результаты применения метода QFD при разработке технологического процесса производства автопровода с тонкостенной изоляцией для жгутов проводов, используемых в электрооборудовании автомобиля с подробным описанием реализации QFD III уровня и использованием математической модели технологического процесса.

Известно, что при проведении QFD III уровня рекомендуется использовать методы PFMEA (FMEA технологического процесса) и ФСА (функционально-стоимостной анализ) для выбора оптимальной концепции технологического

процесса. Когда технологический процесс определен, разработка его параметров осуществляется с использованием Дома качества HOQ III уровня [4, 5].

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 уровня и с использованием данных PFMEA (FMEA процесса), выявлены ключевые параметры технологического процесса производства автопровода (рис. 1).

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

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

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

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

В технологическом процессе изготовления кабелей и проводов основными операциями являются: грубое волочение, многопроволочное волочение, скрутка, наложение изоляции. Для процесса изготовления автопровода с тонкостенной изоляцией для жгутов проводов, используемых в электрооборудовании автомобиля, ключевой операцией является наложение изоляции на токопроводящую жилу на экструзионной линии.

Родионов Вячеслав Николаевич, директор по технике и качеству. E-mail: rodionov@samaracable.ru.

Попова Татьяна Васильевна, главный специалист по системам управления. E-mail: popova@samaracable.ru.

Митрошкина Татьяна Анатольевна, научный сотрудник. E-mail: t.mitroshkina@gmail.com.

Многие технологические параметры и характеристики кабелей и проводов в процессе экструзии измерить непосредственно затруднительно или даже невозможно. Для их оценки часто используются методы косвенных измерений, в большинстве случаев основанные на уравнениях баланса расхода веществ и законе сохранения энергии при тепловых превращениях [2, 3]. Существующие математические модели позволяют решать следующие задачи: измерение геометрических размеров проводов (например, диаметр оболочки горячего кабеля на выходе из головки экструдера вычисляется по формуле 2), измерение параметров перерабатываемых полимеров при их экструзии, измерение характеристик самого процесса экструзии (мощность экструзии, мощность нагрева полимера, скорость движения кабеля и др.).

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

где P_H – мощность нагрева полимера (пластика), ΔT – перепад температуры при нагреве полимера в экструдере, n – частота вращения червяка экструдера, p – давление расплава, m – средняя вязкость расплава полимера, v – скорость движения провода, d – диаметр заготовки при изолировании, $k_1...k_4$ – коэффициенты пропорциональности.

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

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

Первоначально предлагается использовать линейные взаимосвязи между параметрами и признаками состояния.

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 (характеристик продукции),

$\delta \bar{P}$ – k -мерный вектор относительных отклонений признаков состояния (важности требований и ожиданий потребителей),

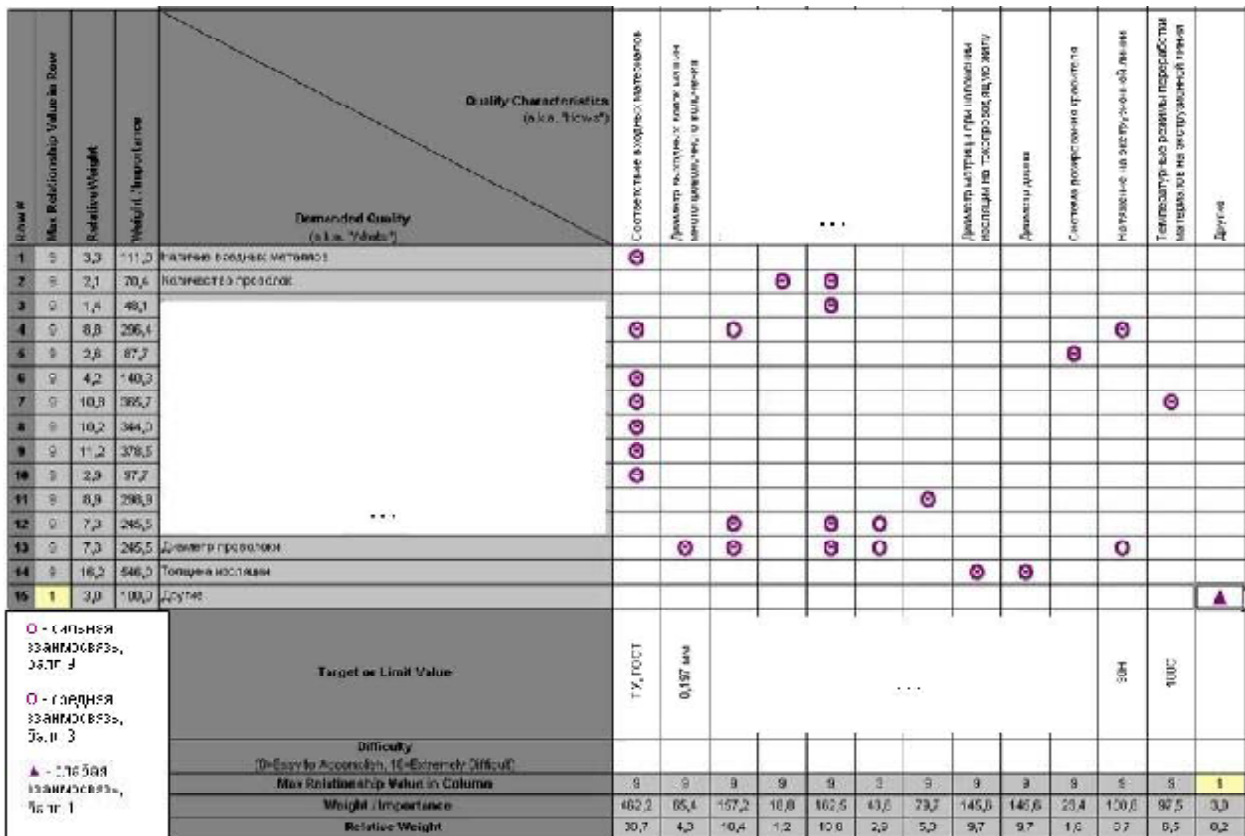


Рис. 1. Дом качества QFD III уровня

\overline{H} – матрица размером (кгп) коэффициентов взаимосвязи требований и характеристик.

Используя матричные преобразования, например, для математической модели операции наложения изоляции на токопроводящую жилу на экструзионной линии и распространенный метод наименьших квадратов по формуле (4) получаем не только принятые в QFD оценки приоритетов изменения технологических параметров, но и другие оценки направлений инновационного совершенствования.

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

где P – весовая матрица погрешностей технических характеристик.

В результате проведения QFD III уровня определено, что ключевыми параметрами технологического процесса являются: соответствие входных материалов (относительное значение приоритета 37,7%), на операции наложения изоляции на токопроводящую жилу - диаметр матрицы и диаметр дорна (относительное значение приоритетов 9,7%). Эти параметры в наибольшей степени влияют на достижение заданных технических характеристик и качество автопровода.

Таким образом, разработан метод развертывания функции качества для процесса экструзии

с использованием математической модели. Предложенный метод идентификации позволяет обоснованно использовать матрицу взаимосвязи между характеристиками качества кабеля (диаметр, толщина покрытия, электрическое сопротивление и др.) и параметрами процесса экструзии (диаметр матрицы, диаметр дорна, температура и др.) и рассчитать количественные значения этих технологических параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключников В.Ф., Родионов В.Н., Попова Т.В. Интегрированная система менеджмента ЗАО “СКК” // Кабели и провода. 2008. №6. С.16-18.
2. Бульхин А.К., Ключников В.Ф., Кижяев С.А. Моделирование технологических процессов в реальном масштабе времени с помощью программ для ЭВМ // Кабели и провода. 2010. №1. С.12-13.
3. Кижяев С.А. Интеллектуальные системы измерения в процессе экструзии в кабельной промышленности // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2004. №7 С.52-54.
4. Брагин Ю.В., Корольков В.Ф. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей. Ярославль: Центр качества, 2003. 240 с.
5. Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А., Вашуков Ю.А., Развертывание функции качества (QFD): Методические указания. Самара.: СГАУ, 2009. 54 с.

IDENTIFICATION OF THE KEY PROCESS CHARACTERISTICS FOR AUTOMOTIVE WIRE MANUFACTURING

© 2010 V.N. Rodionov¹, T.V. Popova¹, T. A. Mitroshkina²

¹ ZAO “Samara Cable Company”

² Samara State Aerospace University

The article describes improvement of wire manufacturing process for automotive wire used in automobile electrical equipment. A suggested approach uses Quality Function Deployment Level III for model of process.

Key words: quality management, Quality Function Deployment.

Vyacheslav Rodionov, Director for Process Engineering and Quality. E-mail: rodionov@samaracable.ru.

Tatyana Popova, Chief Specialist for Management Systems. E-mail: popova@samaracable.ru.

Tatyana Mitroshkina, Scientific Fellow. E-mail: t.mitroshkina@gmail.com.