

УДК 005.6

АДАПТАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

© 2020 А.М. Тверяков

Тюменский индустриальный университет

Статья поступила в редакцию 03.04.2020

Целью адаптации методов является повышение эффективности методов управления качеством. Любой метод управления качеством без соответствующей адаптации к конкретной производственной ситуации может оказаться неэффективным. Это связано с тем, что в руководствах и статьях авторы демонстрируют известную практику применения методов. Однако разработать модель или метод применения метода, подходящего для всех, невозможно. Поэтому перед применением метода необходимо адаптировать его к конкретным условиям производства. Рассматриваются модифицированные модели Лотки-Вольтерра, для изучения взаимодействия нескольких конкурирующих методов управления качеством. Для комплексного анализа качества продуктов предлагается объединить методы развертывания функции качества (QFD) и FMEA. При проведении анализа QFD выявляются требования потребителей к продуктам. Последующее применение FMEA выявляет потенциальные несоответствия, которые могут возникнуть при проектировании и производстве продукции, устанавливать их причины и последствия и рассчитывать приоритетный риск для каждой характеристики продукта.

Ключевые слова: управление качеством, методы управления качеством, адаптация методов управления качеством.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-2-40-46

ВВЕДЕНИЕ

Появление и применение средств и методов управления качеством дало большой скачок в развитии производительности сил, повышения качества продукции и услуг, это дало возможность компаниям оценить свои возможности, потенциал, огрехи деятельности системным образом, причем они позволяют оценить всю компанию в целом а не только отдельный процесс или человека. Я бы сравнил появление этих методов (инструментов) с появлением первых орудий труда в древности.

В настоящее время существует достаточно большое количество инструментов управления качеством, но существует сложность с выбором того, который подойдет наилучшим образом.

Часть методов управления качеством подразумевают отдельное применение, совместное использование, а также как промежуточный этап с другими методами [1, 3, 14]. Например, после построения диаграмма Парето может быть применена диаграмма Исикавы для определения причин несоответствия. Стратификация может использоваться как отдельный инструмент, так и как промежуточный этап в других методах: диаграмма Парето, диаграмма Исикавы, мозговой штурм, диаграмма сродства, древовидная

диаграмма и др. Мозговой штурм, аналогично может применяться как самостоятельный метод и как инструмент для сбора данных, поиска возможных решений в других методах [2, 5].

Часто складывается ситуация, что существующая технология применения метода, основанная на референтных моделях не подходит для конкретной задачи, т.е. она нуждается в адаптации [12].

Так классическая технология построения диаграммы Парето подразумевает сбор статистических данных их стратификация и последующее построение диаграммы, данный подход не учитывает весомости параметров, например, диаграмма, построенная по несоответствиям при производстве продукции может показать, что ошибки комплектации преобладают над дефектами производства. Построение диаграммы показывает, что подход 80 на 20 «отбрасывает» дефекты производства за черту важности. Но сточки зрения репутационных последствий, потребитель может простить огрехи комплектации, что нельзя сказать про дефекты производства. Исправить данную ситуацию может использование в методике значения с учетом их весомости.

МОДЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДРУГ С ДРУГОМ

Рассмотрим так называемые модифицированные модели Лотки-Вольтерра, которые активно используются для изучения взаимо-

Тверяков Андрей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры станков и инструментов. E-mail: tveryakov@mail.ru

действия нескольких конкурирующих видов, процессов и т. д.

Проанализируем систему двух дифференциальных уравнений, описывающих взаимодействие двух процессов.

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_1}{dt} &= C_1\varphi_1 + a_{12}\varphi_1\varphi_2 + a_{11}\varphi_1^2, \\ \frac{d\varphi_2}{dt} &= C_2\varphi_2 + a_{21}\varphi_1\varphi_2 + a_{22}\varphi_2^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\varphi_1(t)$ и $\varphi_2(t)$ – количество ресурсов, выделенных для применения метода управления качеством в момент времени t .

Линейные члены $C_1\varphi_1$ и $C_2\varphi_2$ в правой части уравнений соответствуют свободному распределению ресурсов. Если коэффициент $C_i > 0$, то доступность ресурса увеличивается (положительная обратная связь), если $C_i < 0$, то уменьшается (отрицательная обратная связь).

Члены $a_{ii}\varphi_i^2$ отражают наличие конкуренции с $a_{ii} < 0$. Если $a_{ii} > 0$, то существует сильная положительная обратная связь, отражающая эффект «группировки» - благоприятное влияние на развитие.

Наиболее интересным в этой модели является произведение факторов $\varphi_1\varphi_2$, отражающих взаимодействие двух методов управления качеством. Если коэффициенты a_{ii} отрицательные, то методы конкурируют друг с другом за выделение соответствующих ресурсов.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ МЕТОДОВ QFD И FMEA

Для комплексного анализа качества продуктов предлагается объединить методы развертывания функции качества (QFD) и FMEA. При проведении анализа QFD выявляются требования потребителей к продуктам, устанавливается связь между этими требованиями и спецификациями продуктов, что позволяет рассчитать стоимость каждой технической характеристики. Эти значения технических характеристик будут определять, каким характеристикам следует уделить особое внимание при оценке качества продукции [4, 6, 7, 10, 13].

Последующее применение FMEA позволит персоналу, который проводит оценку качества продукции, выявлять потенциальные несоответствия, которые могут возникнуть при проектировании и производстве продукции, устанавливать их причины и последствия и рассчитывать приоритетный риск для каждой характеристики продукта [8, 9, 11].

На основании окончательных результатов QFD и FMEA строится сводная диаграмма, на которой отмечены все изученные характеристики объекта с их распределением по зонам контроля (таблица 1).

Таким образом, улучшенная методология анализа качества продукции должна выполняться в следующей последовательности:

- проведение анализа QFD;
- проведение анализа FMEA;
- интеграция результатов QFD и FMEA;
- внедрение процедур оценки качества продукции;
- анализ результатов и принятие решений о качестве продукции;
- осуществление проверки продукции;
- доведение информации о результатах анализа качества продукции до заинтересованных организаций.

Рассмотрим работу этой модели на примере изделия - передней части головки обтекателя, которая обладает формой, обеспечивающую наименьшее аэродинамическое сопротивление. Обтекатели головок также могут быть предназначены для ракет, самолетов, подводных лодок или для скоростного наземного транспорта.

Дом качества - это элемент развертывания функции качества (QFD). QFD - это системный подход к проектированию продукции, основанный на четком понимании желаний потребителей. Использование этой технологии позволяет воплотить пожелания потребителя в технические характеристики товара.

Основная цель QFD - перевести субъективные критерии качества в набор технических характеристик, которые можно измерить и которые можно использовать для проектирования и производства. Анализ QFD является одним из эффективных методов «расстановки приорите-

Таблица 1. Критерии анализа качества продукции

Значение характеристик продукта		По результатам FMEA		
		Уровень риска высокий	Уровень риска средний	Уровень риска низкий
В соответствии с результатами QFD	Чрезмерно значимый для потребителя	Наименование характеристик продукта		
	Значительно для потребителя			
	Не важно для потребителя			

Таблица 2. Пример построения фрагмента Дома качества

	Требования потребителей	Абсолютный вес требований	Характеристики продукта						Оценка выполнения требования			
									В организации		У конкурентов	
			1	2	3	4	...	m	I	II	III	...
A	B	C	D	E	F	G	H	I	G	K	L	M
1	Требование №1	X	Определение «силы связи» между требованиями и характеристиками. Если связь незначительная, его значение равно 1, если средняя, то 3, если большая, то 9. Если нет связи, то ячейка остается пустой						I _{тp1}	II _{тp1}	III _{тp1}	...
2	Требование №2	Y							I _{тp2}	II _{тp2}	III _{тp2}	...
3	Требование №3	Z							I _{тp3}	II _{тp3}	III _{тp3}	...
4	Требование №4	P							I _{тp4}	II _{тp4}	III _{тp4}	...
...
Расчет важности характеристик												

тов» в процессе создания продуктов. Дом качества документирует этот процесс удобным способом (Таблица 2).

В классической модели дома качества расчет важности характеристик осуществляется путем суммирования произведений «абсолютный вес требований» и «связывающая сила». Улучшение метода QFD возможно путем уточнения абсолютных и относительных весов характеристик продукта. Если этап выполнения требований потребителя (столбец G, таблица 2) и вес его важности (столбец B, таблица 2) известны, то можно сделать точный расчет важности характеристик продукта.

Поскольку для производителя важно, чтобы продукция была конкурентоспособной, расчет важности характеристик продукта должен производиться с учетом положения продуктов на рынке.

Расчет должен быть выполнен по следующей формуле:

$$V_{\text{хар.продукта}} = \sum (I_x \cdot R_x) + \sum \left(\frac{C_x^{\text{lag}}}{P_x} \cdot (I_x \cdot R_x) \right), (2)$$

где I_x – «сила связи» между требованиями и характеристиками (1, 3, 9);

R_x – абсолютный вес для потребности;

C_x^{lag} – разница оценки потребителем реализации требований данной организации от максимальной возможной оценки рынка;

P_x – максимальное значение оценки потребителем стадии реализации требования на рынке.

Следующим шагом является построение качественного дома и определение абсолютной величины технических характеристик на примере головного обтекателя.

Проанализировав результаты, в частности крайний ряд таблицы «Абсолютное значение»,

мы можем сделать вывод, что наиболее важными (в порядке убывания важности) являются следующие характеристики:

1) Размеры (абсолютное значение характеристики составляет 0,11).

2) Химическая стойкость обтекателя (абсолютное значение характеристики составляет 0,09).

3) Масса (абсолютное значение характеристики составляет 0,09)

4) Отражающая способность краски (абсолютное значение характеристики составляет 0,08).

5) Материал обтекателя марки (абсолютное характеристическое значение 0,07).

6) Теплозащитные свойства обтекателя (абсолютное значение характеристики составляет 0,07).

7) Материал клея, герметик (абсолютное значение характеристики 0,07).

Следующим шагом в улучшенной модели анализа качества продукции является подробный анализ рисков и последствий, вызванных потенциальными несоответствиями.

В соответствии с методологией, анализ режимов и последствий отказов (FMEA) представляет собой метод систематического системного анализа для выявления возможных отказов, их причин и последствий, а также влияния отказов на функционирование системы (всей системы или ее компонентов). и процессы). С классической точки зрения, FMEA - это метод, который определяет серьезность последствий возможных сбоев и обеспечивает меры по снижению риска. В этом случае расчет числа приоритетов риска (ПЧР) осуществляется только на несоответствиях по следующей формуле:

$$\text{ПЧР} = \max(S_1 \dots S_i) \cdot O_{\text{несоответствий}} \cdot D_{\text{несоответствий}} (3)$$

где S – оценка серьезности последствий несоответствия,

Таблица 3. Фрагмент дома качества для головки обтекателя

	Абсолютный вес	Масса	Габаритные размеры	Объем полезной нагрузки	Толщина стенки	Марка материала обтекателя	Теплозащитные свойства материала обтекателя	Химическая стойкость материала обтекателя	Материал покрытия	Толщина покрытия	Материал клея, герметика	Отражающая способность краски	Толщина слоя краски	Уровень стандартизации и унификации деталей и узлов	Разъединительные средства (заглушки)	Средства связи (провода, кабели, оборудование) (wires, cables, equipment)
Надежный	10				1	3	3	3	3	1	3	1	1	3		
Устойчив к температуре	10					3	9	1	3	3		1				
Устойчив к атмосферным изменениям	10					3		9	3	3						
запечатанный	10										9					
Обтекатель должен быть окрашен	10											9	3			
Свет	10	9	3	3	3	1				1			1			
Телекоммуникационная доступность	10			3												9
Должен быть мобильным	10	3	3		1											
Должен быть сброшен по команде от системы управления.	10		1		1										9	
компактный	10		9	3										1		
уровень производительности		120	160	90	50	100	100	130	90	80	100	110	50	40	90	90
Абсолютное значение		0,09	0,11	0,06	0,04	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,07	0,08	0,04	0,03	0,06	0,06

$O_{\text{несоответствий}}$ – оценка вероятности несоответствия,

$D_{\text{несоответствий}}$ – оценка вероятности обнаружения несоответствий.

FMEA – это гибкий инструмент, который можно адаптировать к конкретным требованиям конкретного производства. В некоторых случаях требуется разработка специализированных форм и правил ведения записей. Для более полного анализа производственных рисков предлагается расширить анализ FMEA. Если в

классической модели анализа FMEA расчет ПЧР выполняется только на основе несоответствий, то в расширенной модели расчет ПЧР будет выполняться на основе несоответствий, причин и последствий. Таким образом, анализ FMEA будет представлять собой набор из трех вариантов расчета ПЧР (рисунок 1).

Результатом расширенного анализа FMEA будет три таблицы. По всем техническим характеристикам необходимо выявить возможные несоответствия, их причины и возможные по-



Рис. 1. Расширение модели FMEA

следствия. Эта информация будет одинаковой для всех трех таблиц. Затем необходимо оценить показатели S, O, D индивидуально для каждой таблицы с учетом ключевой особенности:

- несоответствие;
- причина;
- следствие.

Формулы для расчета ПЧР с расширенным анализом FMEA будут выглядеть следующим образом:

1) Расчет ПЧР для несоответствий осуществляется по формуле (3).

2) Расчет ПЧР по причинам осуществляется по следующей формуле:

$$ПЧР = \max(S_1 \dots S_i) \cdot O_{причин} \cdot D_{причин}, \quad (4)$$

где S – оценка серьезности последствий несоответствия,

O_{причин} – оценка вероятности несоответствия по причине,

D_{причин} – оценка вероятности обнаружения несоответствия, возникающего по причине.

3) Расчет ПЧР для последствий осуществляется по следующей формуле:

$$ПЧР = S \cdot O_{последствия} \cdot D_{последствия}, \quad (5)$$

где S – оценка серьезности последствий несоответствия,

O_{последствия} – оценка вероятности того, что несоответствие приведет к последствиям,

D_{последствия} – оценка вероятности обнаружения последствий в результате несоответствия.

Проведение расширенного анализа FMEA позволит учесть производственные риски предприятия при производстве продукции, а также выявить те технические характеристики продукции, которые необходимо проверять при сертификации, но которые не были определены как важные на этапе строительства качественного дома.

В нашем случае входными данными для этого FMEA анализа будут технические характеристики, которые были определены при стро-

ительстве качественного дома. Есть следующие 15 пунктов (Таблица 3):

- 1) Масса.
- 2) Размеры.
- 3) Объем полезной нагрузки.
- 4) Толщина стенки.
- 5) Марка обтекателя.
- 6) Теплозащитные свойства обтекателя.
- 7) Химическая стойкость обтекателя.
- 8) Материал покрытия.
- 9) Толщина покрытия.
- 10) Материал клея, герметик.
- 11) Отражающая способность краски.
- 12) Толщина слоя краски.
- 13) Уровень стандартизации и унификации деталей и узлов.
- 14) Инструменты для разделения (сквибы).
- 15) Средства связи (провода, кабели, оборудование).

Для каждой из этих позиций необходимо провести анализ возможных несоответствий и оценить максимальное количество рисков. Анализ будет состоять из трех частей:

- 1) анализ рисков возможных несоответствий по причинам;
- 2) анализ рисков возможных несоответствий по существующим несоответствиям;
- 3) анализ рисков возможных несоответствий по возможным последствиям.

В результате интеграции методов будет таблица, в которой будут отображаться название характеристики, абсолютное значение и максимальное ПЧР. На основании результатов этой таблицы разрабатывается программа оценки качества характеристик продукта.

В результате можно сделать вывод, что следующие характеристики продукта должны подлежать специальному контролю качества:

- 1) Масса.
- 2) Марка обтекателя.

Таблица 4. Интеграция QFD и FMEA

	Масса	Размеры	Объем полезной нагрузки	Толщина стенки	Марка обтекателя	Теплозащитные свойства обтекателя	Химическая стойкость обтекателя	Материал покрытия	Толщина покрытия	Материал клея, герметик	Отражающая способность краски	Толщина слоя краски	Уровень стандартизации и унификации деталей и узлов	Инструменты для разделения (сквибы).	Средства связи (провода, кабели, оборудование)
Абсолютная величина	0,09	0,11	0,06	0,04	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,07	0,08	0,04	0,03	0,06	0,06
ПЧР _{max} по несоответствиям	30	20	30	20	30	20	20	20	20	5	20	20	10	75	80
ПЧР _{max} по причинам	10	10	20	20	30	40	80	80	40	80	40	80	10	75	80
ПЧР _{max} по последствиям	8	15	20	24	40	30	30	30	30	30	30	30	10	100	45

- 3) Теплозащитные свойства обтекателя.
- 4) Отражающая способность краски.
- 5) Толщина слоя краски.
- 6) Химическая стойкость обтекателя.
- 7) Материал покрытия.
- 8) Материал клея, герметик.
- 9) Инструменты для разделения (сквибы).
- 10) Средства связи (провода, кабели, оборудование).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Каждый руководитель стоит перед сложным выбором, когда отвечает на вопрос - «Какой из методов управления качеством выбрать для решения задачи?». Для этого необходимо понимать, какой из методов будет более конкурентен в решении поставленной задачи. Оценка методов на основе моделей Лотки-Вольтерра позволит сделать этот выбор.

Для разрешения конфликтов с использованием методов управления качеством могут быть предложены следующие подходы:

- Расслоение.

При работе с данными необходимо их раскладывать не только по предмету исследования, но и по важности и применимости информации.

- Интеграция методов.

Постройте диаграмму Парето так, чтобы существенные причины проблем занимали особое место, или на диаграмме Исикавы поместите данные о частоте причин. Следует понимать, что не всегда самые частые причины приводят к проблемам, которые так важны для потребителя. При полете самолета наибольшее внимание уделяется безопасности полетов, несмотря на то, что вероятность возникновения чрезвычайной ситуации очень мала. С другой стороны, жалобы на нехватку комфорта, которые возникают чаще, не могут быть проигнорированы.

- Отказ от контрольных процедур.

Доверьте применение метода подрядчикам (исполнителям), не всегда стоит контролировать результат применения метода управления качеством. Метод похож на рабочий инструмент, вам нужна система, в которой он должен заинтересоваться хорошим инструментом. То есть метод - это способность работника улучшать свою продукцию, а это означает, что он должен быть заинтересован в улучшении работы, и это позволит ему адаптировать метод управления качеством к своим реальным условиям и задачам.

- Обучение.

При обучении персонала нужно понимать, что методы не так просты, и необходимо учитывать знания о потенциальных конфликтах. При обучении тому или иному методу имитируйте игру, в которой будут конфликты применения методов, интерпретации результатов, отчетности и выбранных решений. Подготовьте таким

образом персонал, новый метод и нового сотрудника, который не только приносит новые компетенции и возможности, но и нуждается в обучении, адаптирован к реальной производственной ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения эффективности методов управления качеством, их необходимо адаптировать к реальным условиям применения. Для этого можно использовать уточнение, либо коррекция этапов проведения методов, дополненные новыми этапами. Также для комплексного анализа качества продуктов можно объединить методы как например в данной статье, развертывания функции качества (QFD) и FMEA. При проведении анализа QFD выявляются требования потребителей к продуктам. Последующее применение FMEA выявляет потенциальные несоответствия, которые могут возникнуть при проектировании и производстве продукции, устанавливать их причины и последствия и рассчитывать приоритетный риск для каждой характеристики продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Елисеев С.В., Лескова Т.М., Лукьянчикова Н.П.* Разработка методов оптимизации при решении задач управления системами качества // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 3 (62). С. 191–194.
2. *Иванов Н.Б., Суркова И.Ю., Евсеева Т.П.* Статистические методы управления качеством в производстве корпусов боеприпасов // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 9. С. 275–280.
3. *Кушнир В.И.* Опыт внедрения статистических методов управления качеством в системе TechnologiCS [Электронный ресурс]. URL: https://development.csoft.ru/support/articles/cm_17_technologies.html (дата обращения: 30.01.2020).
4. *Лантнев Н.И. [и др.].* Развитие методологии QFD на примере производства удлиненныхкумулятивных зарядов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. № 4 (18). С. 53–57.
5. *Салахов Ф.Н.* Сложные статистические методы управления качеством // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Технические науки. 2010. № 17. С. 181–184.
6. *Фирсов А.С.* QFD- метод макропроектирования металлорежущих станков // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2003. № 5. С. 72–77.
7. *Chen K.-J. [и др.].* Integrating Refined Kano Model and QFD for Service Quality Improvement in Healthy Fast-Food Chain Restaurants // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. № 7 (15). С. 1310.
8. *Demidenko D.S., Malinin A.M., Litvinenko A.N.* A new classification of the risks of the quality processes

2017. 2892–2897 с.
9. *Gazizulina A.Yu. [u др.]*. Reducing the risk of staff failures St. Petersburg: IEEE, 2017. 199–202 с.
 10. *Karanjekar S., Lakhe R., Deshpande V.* BUILDING QFD MODEL FOR TECHNICAL EDUCATION: STUDENTS AS STAKEHOLDERS // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD). 2018. № 8 (1). С. 621–634.
 11. *Kovalenko I.I., Sokolitsyn A.S., Sokolitsyna N.A.* The Enterprise's Automated Management Stability System Taking into Account its Life Cycle Stage St. Petersburg: IEEE, 2018. 357–360 с.
 12. *Ostapenko M.S., Vasilega D.S.* Method of evaluation of quality of metal-cutting tool // Applied Mechanics and Materials. 2013. (379). С. 49–55.
 13. *Pandey R., Mukherjee T.* Fuzzy QFD for Decision Support Model in Evaluating Basic Cause of Children Falling Into Blue Whale Game Mumbai: IEEE, 2018. 108–110 с.
 14. *Vandenbrande W.W.* Quality for a sustainable future // Total Quality Management & Business Excellence. 2019. С. 1–9.

ADAPTING QUALITY MANAGEMENT METHODS

© 2020 A.M. Tveryakov

Tyumen Industrial University

The purpose of adaptation of methods is to increase the effectiveness of quality management methods. Any method of quality management without appropriate adaptation to a specific production situation may be ineffective. This is due to the fact that in manuals and articles, authors demonstrate a well-known practice of applying methods. However, it is impossible to develop a model or method for applying a method suitable for everyone. Therefore, before applying the method, it is necessary to adapt it to specific production conditions. Modified Lotka-Volterra models are considered to study the interaction of several competing quality management methods. For a comprehensive analysis of product quality, it is proposed to combine Quality Function Deployment Methods (QFD) and FMEA. QFD analyzes identify consumer requirements for products. Subsequent use of FMEA identifies potential inconsistencies that may arise in the design and manufacture of products, establish their causes and consequences, and calculate the priority risk for each product characteristic.

Keywords: Quality management, quality management methods, adaptation of quality management methods.
DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-2-40-46