

УДК 658.562+658.512

О. Е. ФЕДОРОВИЧ, Ю. А. ЛЕЩЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ВЫДЕЛЕНИЕ СУЩЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ И ВЫБОР СТРАТЕГИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ставится и решается задача повышения качества выпускаемой продукции предприятия путём обоснования мероприятий направленных на улучшение качества. Задача решается в два этапа. На первом этапе, с использованием планирования эксперимента, выделяются существенные факторы (мероприятия), влияющие на качество продукции, и минимизируется их количество. На втором этапе формируются стратегии улучшения качества, которые представляются в виде множества возможных мероприятий. Учитывая ограниченность ресурсов предприятия, выделяемых на повышение качества, решаемая задача представляется в виде оптимизации целевой функции (качества) с ограничениями (затраты, время). Предложенный подход целесообразно использовать для прогнозирования и планирования мероприятий, направленных на повышение качества продукции для обеспечения конкурентоспособности на рынках её сбыта.

Ключевые слова: стратегия повышения качества, выделение существенных факторов, оптимизация качества, ограниченные ресурсы предприятия.

Введение

Задача повышения качества продукции является основной для отечественного машиностроения, решение которой обеспечит выход конкурентоспособных изделий на зарубежные рынки. Современные методы управления качеством основываются на динамически изменяющихся новых принципах и требованиях стандартов ISO [1, 2] в которых обеспечение качества рассматривается как сложный процесс, который неразрывно связан непосредственно с продуктом, претерпевающим изменения в процессе движения по логистической цепи «снабжение – производство – сбыт» [3].

Понятие управление качеством включает в себя контроль продукта и процесса, как основного, так и вспомогательного [4], проведение мероприятий, связанных с обеспечением качества, прогнозирование и планирование качества, выделение существующих факторов, а также выбор стратегий управления качеством [5, 6]. Также стоит отметить специфику отечественного машиностроения, связанного с ограниченностью количества финансовых ресурсов и необходимостью перехода на новые (европейские) стандарты производства выпускаемой продукции машиностроения [7]. Соответственно, тему предлагаемой публикации можно считать актуальной, так как целью данной публикации является обоснование и выбор существенных факторов и стратегий повышения качества в условиях ограниченности ресурсов предприятия [8].

Постановка задачи исследования

Для улучшения качества продукции предприятию необходимо прогнозировать и планировать мероприятия по качеству, которые касаются как основных, так и вспомогательных процессов производства (автоматизация технологического процесса, модернизация оборудования, усиление входного контроля, повышение производственной дисциплины, повышение квалификации персонала и др.). На проведение мероприятий необходимо выделять средства и контролировать содержание и сроки выполнения. Обозначим j -ое мероприятие в виде M_j ; сроки выполнения – T_j ; необходимые ресурсы (с учётом ограниченности) – C_j ; риски успешного выполнения – R_j . Необходимо выделить существенные факторы, влияющие на качество выпускаемой продукции, и сформировать стратегию улучшения качества. На рис. 1 представлена схема управления качеством с учётом множества возможных мероприятий.

Выделение существенных факторов в управлении качеством

Для улучшения качества продукции представим стратегии в виде множества реализуемых мероприятий по качеству (от одного мероприятия до их полного набора). Будем считать, что каждое мероприятие M_j соответствует фактору u_j , который оказывает влияние на качество продукции. Тогда стра-

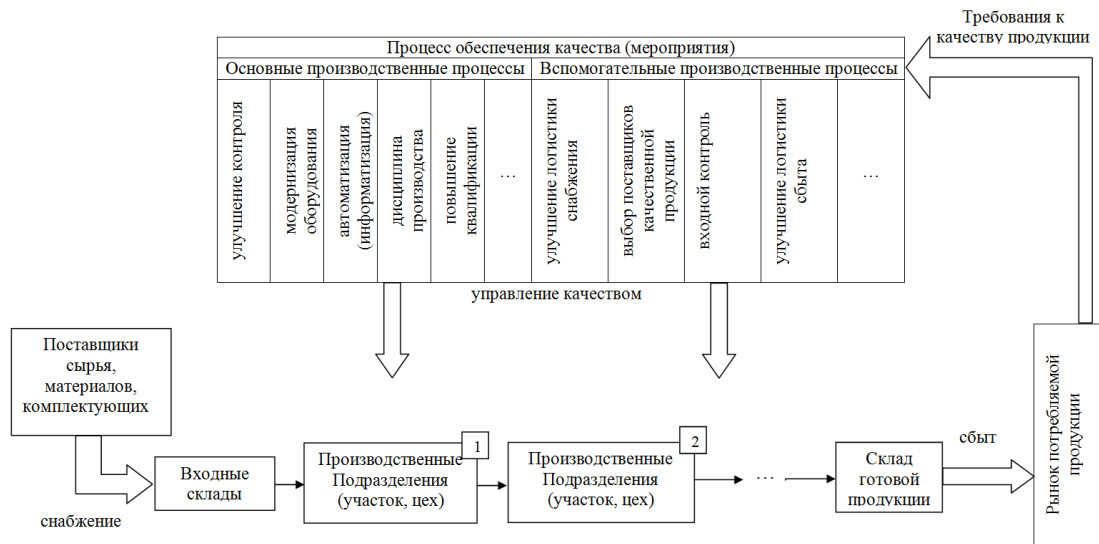


Рис. 1. Схема управления качеством в логистической цепи «снабжение – производство – сбыт»

тегию управления качеством S_i можно представить как набор мероприятий (от 1 до n). Представим формально набор мероприятий в виде комбинации нулей и единиц (двоичное представление). Тогда, например, стратегия $S_i=0,1,0,1,\dots,1$ означает, что мероприятие M_1 для улучшения качества не используется, M_2 – используется, M_3 – не используется, ..., M_n – используется. Полное множество стратегий от $0,0,\dots,0$ до $1,1,\dots,1$ можно получить в виде полного набора значений двоичного счётчика, где количество значений:

$$N = 2^n .$$

Такое представление используется в теории многофакторного планирования эксперимента в виде плана полного факторного эксперимента (ПФЭ) [9, 10]. Для нашего случая столбцы плана (факторы) будут соответствовать мероприятиям, а строки – возможным стратегиям улучшения качества (рис. 2). В расчётах с помощью ПФЭ «0» в виде «-1», а «1» в виде «+1».

i/j	M_1	M_2	...	M_j	...	M_n	K
S_1	0	0	...	0	...	0	K_1
S_2	0	0	...	0	...	1	K_2
...							...
S_i	0	1	...	0	...	1	K_i
...							...
S_N	1	1	...	1	...	1	K_N

Рис. 2. План ПФЭ

Последний столбец в ПФЭ соответствует значению «отклика» (в нашем случае значению показателя качества выпускаемой продукции – K_i). Значение качества (отклик) будем определять с помощью

экспертных оценок. Для этого экспертам представим для оценки полный набор ($N = 2^n$) возможных стратегий для получения всех значений «отклика». Прогнозируемые оценки качества могут формироваться в виде количественных значений в заранее заданной шкале (например, $1 \div 10$) либо в виде качественных значений (например, оказывает существенное влияние, оказывает слабое влияние, оказывает влияние и т.д.). В последующих случаях для обработки качественных значений необходимо осуществить фазификацию, дефазификацию и задать функцию принадлежности для проведения расчётов.

При формировании значений оценок качества по отдельным стратегиям эксперты должны обратить внимание на возможный «синергетический» эффект от взаимодействия проводимых мероприятий, который связан с тем, что качество зависит в большей мере от выбираемой комбинации связанных между собой мероприятий, чем от аддитивного (независимого) вклада отдельных мероприятий в улучшение качества продукции.

По результатам проведённой экспертизы будет заполнен столбец «отклика» в виде множества значений качества $K: K_1, K_2, \dots, K_N$. С помощью ПФЭ можно оценить влияние отдельных факторов (проводимых мероприятий) на значение «отклика». Для этого по результатам отработки ПФЭ, строится неполноквадратическая регрессионная зависимость вида [10]:

$$K = k_0 + k_1 \cdot y_1 + k_2 \cdot y_2 + \dots + k_n \cdot y_n + k_{12} \cdot y_1 \cdot y_2 + \dots + k_{123} \cdot y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 + \dots + k_{123\dots n} \cdot y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \dots y_n .$$

Величина k_i указывает на степень и направление (увеличить, уменьшить) влияния фактора y_i на значение отклика K .

Пример. Пусть по результатам обработки ПФЭ с тремя факторами (мероприятиями) получена зависимость показателя качества от факторов:

$$K = 4,7 + 0,35x_1 + 0,81x_2 + 0,03x_3 + \\ + 0,35x_1x_2 + 0,72x_1x_3 + 0,005x_2x_3 + \\ + 0,005x_1x_2x_3.$$

Для данного примера, существенное влияние на значения отклика оказывает фактор x_2 , меньше влияния – фактор x_1 . Фактор x_3 можно не использовать для улучшения качества, так как проводимые мероприятия, связанные с этим фактором, не оказывают существенного влияния на показатель качества. Достаточно сильное влияние на качество в данном примере оказывает совместное («синергетический» эффект) выполнение мероприятий $x_1, x_2; x_1, x_3; x_2, x_3$, а x_1, x_2, x_3 – не оказывает. Сокращение числа факторов позволяет минимизировать количество мероприятий для улучшения качества, а значит затраты и время связанных с их проведением.

Выбор стратегии улучшения качества

Результаты расчёта и анализ влияния факторов, полученных с помощью ПФЭ, будем использовать для выбора стратегий (набора мероприятий), проводимых для улучшения качества выпускаемой продукции предприятия. Введем булеву переменную $u_{ij} \in \{0;1\}$, которая означает, что, если мероприятие M_j в i -ой стратегии используется, то $u_{ij} = 1$. В противном случае $u_{ij} = 0$, где $i = \overline{1, m}$, m – количество существующих факторов, которые выделены при решении предыдущей задачи, $m \leq n$. В качестве значений целевой функции, будем использовать значения K , задаваемые экспертами при рассмотрении стратегий в ПФЭ. Выбор стратегии для улучшения качества осуществим из их полного набора:

$$N' = 2^m.$$

Необходимо максимизировать:

$$\max_i K_i, i = \overline{1, N'},$$

при выполнении следующих ограничений, связанных с ограниченностью ресурсов предприятия:

$$C_i = \sum_{j=1}^m c_{ij} u_{ij}, C_i \leq C'; \quad T_i = \sum_{j=1}^m t_{ij} u_{ij}, T_i \leq T';$$

$$R_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} u_{ij}, R_i \leq R';$$

где C', T', R' – ограничения, связанные с допусти-

мыми значениями затрат, времени и риском при выборе стратегий улучшения качества;

c_{ij} – затраты на выполнение j -го мероприятия при выборе i -ой стратегии улучшения качества;

t_{ij} – время, затраченное на выполнение j -го мероприятия при выборе i -ой стратегии улучшения качества;

r_{ij} – риск, связанный с выполнением j -го мероприятия при выборе i -ой стратегии улучшения качества.

При задании значений c_{ij} желательно учитывать значимость факторов (мероприятий), в виде коэффициентов k_j в предыдущей задаче. Для удобства коэффициенты k_j можно пронормировать:

$$\hat{k}_j = \frac{k_j}{\sum_{j=1}^m k_j}, \sum_{j=1}^m \hat{k}_j = 1.$$

Тогда, с учётом ограниченности ресурсов получим:

$$C_i = \sum_{j=1}^m \hat{k}_j \cdot C' \cdot u_{ij}, C_i \leq C';$$

В случае параллельного выполнения мероприятий для оценки времени выполнения i -ой стратегии необходимо:

$$T_i = \max_j t_{ij} u_{ij}, T_i \leq T'.$$

Возможно использование альтернативного подхода, связанного с минимизацией ресурсов для обеспечения требуемого качества продукции. В этом случае необходимо найти:

$$\min_i C_i, C_i = \sum_{j=1}^m c_{ij} u_{ij},$$

при выполнении следующих ограничений:

$$K_i \geq K';$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m t_{ij} u_{ij}, T_i \leq T'; \quad R_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} u_{ij}, R_i \leq R';$$

где K' – требуемый уровень качества, обеспечивающий конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Пример расчета

Пусть для улучшения качества продукции руководство предприятия выбрало следующие мероприятия: 1 – модернизация оборудования; 2 – усиление входного контроля; 3 – повышение квалификации персонала.

План ПФЭ для трёх факторов представлен на рис. 3. Эксперты задали значения качества K_i в шкале $1 \div 10$.

i/j	Мероприятия			Значения качества
	1	2	3	
1	0	0	0	5,0
2	0	0	1	5,8
3	0	1	0	7,2
4	0	1	1	8,1
5	1	0	0	6,3
6	1	0	1	7,1
7	1	1	0	8,9
8	1	1	1	9,2

Рис. 3. План ПФЭ для трёх факторов

Была получена неполноквадратическая модель вида:

$$K = k_0 + k_1 \cdot y_1 + k_2 \cdot y_2 + k_3 \cdot y_3 + k_{12} \cdot y_1 \cdot y_2 + k_{13} \cdot y_1 \cdot y_3 + k_{23} \cdot y_2 \cdot y_3 + k_{123} \cdot y_1 \cdot y_2 \cdot y_3.$$

Используя расчётные формулы для коэффициентов k_j получим:

$$k_1 = \frac{-5 - 5,8 - 7,2 - 8,1 + 6,3 + 7,1 + 8,9 + 9,2}{8} =$$

$$= \frac{5,4}{8} = 0,675;$$

$$k_2 = \frac{-5 - 5,8 - 6,3 - 7,1 + 7,2 + 8,1 + 8,9 + 9,2}{8} =$$

$$= \frac{9,2}{8} = 1,15;$$

$$k_3 = \frac{-5 - 7,2 - 6,3 - 8,9 + 5,8 + 8,1 + 7,1 + 9,2}{8} =$$

$$= \frac{2,8}{8} = 0,35.$$

В результате анализа величин k_i будем считать, что фактор y_3 не оказывает существенного влияния на улучшение качества выпускаемой продукции (предприятие имеет достаточно квалифицированный кадровый состав).

Поэтому мероприятие M_3 для улучшения качества использовать не будем. Самым существенным фактором, по мнению экспертов, оказался фактор, связанный с проведением входного контроля (затраты на закупку современного оборудования, поиск поставщиков качественного сырья, материалов и комплектующих и т.д.).

Набор стратегий для улучшения качества, с учётом использования двух первых факторов, имеет вид:

$$S_1=0,0; K_1=5,0; S_3=0,1; K_3=7,2;$$

$$S_5=1,0; K_5=6,3; S_7=1,1; K_7=8,9.$$

С учётом ограниченности ресурсов, эксперты выбрали для улучшения качества выпускаемой продукции стратегию S_3 , которая, по их мнению, должна улучшить качество выпускаемой продукции в 1,44 раза или на 44%.

Последовательность действий для улучшения качества

Сокращение количества факторов (мероприятий), влияющих на значение качества продукции, позволяет сократить размерность решаемой задачи, что влияет, в дальнейшем, на минимизацию средств, времени, рисков при выборе стратегий улучшения качества. Оценки качества, полученные с помощью экспертов, являются основой для составления плана мероприятий по качеству. По окончании срока выполнения плана необходимо оценить расхождения между фактическими и плановыми значениями качества. Здесь возможны следующие ситуации:

- плановые и фактические значения качества близки $K_{п} \approx K_{ф}$ и достигнутые результаты удовлетворяют руководство предприятия;
- плановые и фактические значения качества сильно отличаются $K_{п} \geq K_{ф}$.

В первом случае, если цель достигнута, то новые средства для улучшения качества выделяться не будут или будут выделяться в ограниченном количестве на не те мероприятия, которые привели к успеху.

Во втором случае необходимо собрать коллектив экспертов (желательно его обновить, чтобы провести достоверное оценивание) и провести оценивание качества, пересмотрев, с помощью экспертов, множество мероприятий. Затем решить последовательно две предыдущие задачи и сформировать планы выполнения мероприятий для улучшения качества. Таким способом реализуется последовательная стратегия улучшения качества.

Заключение

Предлагаемый подход целесообразно использовать при планировании мероприятий, связанных с улучшением качества выпускаемой продукции, когда необходимо сформировать стратегию улучшения качества с учётом ограниченности ресурсов и сроков проведения мероприятий.

Литература

1. ДСТУ ISO 9004:2012 *Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на*

основі управління якістю (ISO 9004:2009, IDT) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://document.ua/upravlinnja-zadlja-dosjagnennja-stalogo-uspihu-organizaciyi.-nor24660.html>. – 05.05.2015.

2. Quality management principles [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.iso.org/iso/qmp_2012.pdf. – 05.05.2015.

3. Федорович, О. Е. Логистические модели управления производством [Текст] : моногр. / О. Е. Федорович, О. И. Замирец, А. В. Попов. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2010. – 218 с.

4. Федюкин, В. К. Управление качеством производственных процессов [Текст] / В. К. Федюкин. – 2-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2013. – 232 с.

5. Труш, Ю. Л. Стратегия управления качеством продукции [Текст] / Ю. Л. Труш // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 439-442.

6. Шамилева, Э. Э. Стратегия управления качеством продукции [Текст] / Э. Э. Шамилева, Л. О. Хилько // Экономика Крыма. – 2011. – № 1(34). – С. 422 – 425.

7. Croft, N. H. ISO 9001:2015 and beyond - Preparing for the next 25 years of quality management standards [Electronic resource] / N. H. Croft // ISO, News 2012. – Mode of access: http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1633. – 28.08.2012.

8. Федорович, О. Е. Стратегия последовательного улучшения качества в логистической цепи аэрокосмического производства [Текст] / О. Е. Федорович, Ю. А. Лещенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 5 (112). – С. 109 – 112.

9. Монтгомери, Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных [Текст] : пер. с англ. / Д. К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.

10. Гайдадин, А. Н. Применение полного факторного эксперимента при проведении исследовательских работ [Текст] / А. Н. Гайдадин, С. А. Ефремова. – Волгоград : ВолГТУ, 2008. – 16 с.

Поступила в редакцию 14.05.2015, рассмотрена на редколлегии 18.06.2015

ВИДІЛЕННЯ ІСТОТНИХ ЧИННИКІВ ТА ВИБІР СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОСТІ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА

О. Є. Федорович, Ю. О. Лещенко

Ставиться і вирішується завдання підвищення якості продукції підприємства шляхом обґрунтування заходів, які спрямовано на поліпшення якості. Завдання вирішується в два етапи. На першому етапі, з використанням планування експерименту, виділяються істотні фактори (заходи), які впливають на якість продукції та мінімізується їх кількість. На другому етапі формуються стратегії поліпшення якості, які представляються у вигляді безлічі можливих заходів. Враховуючи обмеженість ресурсів підприємства, що виділяються на підвищення якості, розв'язувана задача представляється у вигляді оптимізації цільової функції (якості) з обмеженнями (витрати, час). Запропонований підхід доцільно використовувати для прогнозування та планування заходів, спрямованих на підвищення якості продукції для забезпечення конкурентоспроможності на ринках її збуту.

Ключові слова: стратегія підвищення якості, виділення істотних факторів, оптимізація якості, обмежені ресурси підприємства.

ALLOCATION OF ESSENTIAL FACTORS AND CHOICE OF STRATEGIES TO IMPROVE PRODUCT QUALITY IN TERMS OF LIMITED RESOURCES OF THE ENTERPRISE

O. Ye. Fedorovich, Ju. A. Leshchenko

Formulate and solve problems to improve the quality of products by the company justify measures aimed at improving quality. The problem is solved in two stages. In the first stage, using the design of experiments, allocated significant factors (measures) affecting the quality of products and minimize their number. At the second stage the strategy of improving the quality of which are represented as a set of possible activities. Given the limited resources of the enterprise devoted to improving the quality of the problem under consideration is represented as the optimization objective function (the quality) the limitations (cost, time). The proposed approach should be used for forecasting and planning activities aimed at improving the quality of the products to be competitive in the markets of its sales.

Keywords: strategy to improve the quality, selection of important factors, quality optimization, the limited resources of the enterprise.

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Лещенко Юлия Александровна – м. н. с. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина.