

УДК 658.5.012.2

## ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ, ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА

Б.Ф. БЕЗРОДНЫЙ, Е.А. МИХЕЕВ, Д.Ю. ФОКИН, А.С. СПИРИН

Обоснован подход к оценке эффективности внедрения системы менеджмента качества. Рассмотренный подход основан на оценке уровня вероятности выпуска бездефектной продукции. Достоинством подхода является то, что он учитывает варианты стратегий менеджмента качества в условиях случайных факторов, дестабилизирующих процесс производства продукции.

**Ключевые слова:** производственный процесс, радиоэлектронная аппаратура, система менеджмента качества, вероятность выпуска бездефектной продукции, вероятностно-игровой подход.

Вероятность выпуска бездефектной продукции целесообразно рассчитывать путем перемножения вероятностей  $P_1, \dots, P_n$  успешного осуществления отдельных этапов производственного цикла. При таком подходе к построению математической модели процесса производства продукции этапы производственного цикла следует разбить на подэтапы.

Условные вероятности бездефектного выполнения конкретной операции с использованием конкретной стратегии менеджмента качества можно вычислять, применяя метод экспертного оценивания: подбор экспертов, выбор шкалы измерений, выбор метода обработки оценок отдельных экспертов, проверка согласованности оценок, обработка экспертных оценок.

Рассмотрим модель производства, состоящего из статистически независимых этапов, вероятности успешного завершения которых (события  $A_i$ ) обозначим  $P_i = P(A_i)$ , ( $i = \overline{1, n}$ ). Тогда вероят-

ность бездефектного выполнения всего процесса равна 
$$P = \prod_{i=1}^n P_i = \prod_{i=1}^n P(A_i).$$

Предположим, что на  $i$ -м этапе могут использоваться  $k_i$  различных стратегий менеджмента качества, которые разбиты на  $m_i$  функциональных групп по  $l_{ij}$  ( $i = \overline{1, m_i}$ ) конкретных вариантов предупреждающих или корректирующих действий в каждой, тогда вероятность бездефектного

выполнения  $i$ -го этапа 
$$P(A_i) = \sum_{j=1}^{k_i} P(A_i|B_{ij}) P(B_{ij}) = \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij},$$
 где  $r_{ij} = P(A_i|B_{ij})$  - условная вероят-

ность успешного завершения  $i$ -го этапа при условии выбора для его обеспечения  $j$ -й стратегии;  $q_{ij} = P(B_{ij})$  - безусловная вероятность выбора из возможных вариантов  $j$ -й стратегии для обеспечения  $i$ -го этапа, т.е. частота с которой она выбирается.

Используя полученные зависимости, получим 
$$P = \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} P(A_i|B_{ij}) P(B_{ij}) = \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij}.$$

Рассмотрим процедуры оценки условных вероятностей  $r_{ij}$  и безусловных вероятностей  $q_{ij}$ , которые, как правило, оцениваются методом экспертных оценок.

Предлагается следующая методика оценки этих условных вероятностей.

Пусть в результате анализа брака в соответствии с принципами ИСО-9000 на  $i$ -м этапе технологического цикла имеются  $\Pi_{i1}, \dots, \Pi_{is}$  ( $s = n_i$ ) взаимоисключающих причин возникновения дефектов, по причине которых на этом этапе из общего числа  $n$  производимых изделий бракуются  $n_B(\Pi_{it})$  изделий. Определим множество причин брака, устраняемых на  $i$ -м этапе технологического цикла стратегией менеджмента качества  $B_{ij}$ , как подмножество  $\{\Pi_{it_1}, \dots, \Pi_{it_{s_j}}\}$ ,

где  $t_1, \dots, t_{s_j} \in \{1, \dots, s\}$ . Можно считать, что  $s_j = l_{ij}$ , т.к. для нейтрализации каждой причины

возникновения дефектов в стратегии менеджмента качества  $B_{ij}$  используется отдельное предупреждающее или корректирующее действие. Эти множества для разных  $j$  могут пересекаться, но

$$\bigcup_{j=1}^{k_i} \{ \Pi_{k_1}, \dots, \Pi_{k_{s_j}} \} = \{ \Pi_1, \dots, \Pi_s \}.$$

В этом случае количество бракуемых на  $i$ -м этапе цикла после применения на  $i$ -м этапе  $j$ -й стратегии снизится на  $n_B(B_{ij}) = \sum_{k=1}^{s_i} n_B(\Pi_{it_k})$  и составит  $n_{iB} - n_B(B_{ij})$ , где  $n_{iB}$  - количество бракуемых

на  $i$ -м этапе до применения на  $i$ -м этапе  $j$ -й стратегии. Тогда условную вероятность  $P(A_i|B_{ij})$  бездефектного завершения  $i$ -го этапа при условии выбора для его обеспечения  $j$ -й стратегии можно оценить величиной  $1 - [n_{iB} - n_B(B_{ij})] / n$  против  $(1 - n_{iB} / n)$  до применения на этом этапе технологического цикла какой-нибудь из стратегий. Следует отметить, до  $i$ -го этапа доходит лишь часть изделий. Поэтому более точной оценкой условной вероятности бездефектного завершения  $i$ -го этапа при условии выбора для его обеспечения  $j$ -й стратегии будет величина

$r_{ij} \approx 1 - [n_{iB} - n_B(B_{ij})] / \left( n - \sum_{k=1}^{i-1} n_{kB} \right)$ . Тем не менее из-за небольшого процента брака целесообразно принять оценку  $r_{ij} \approx 1 - [n_{iB} - n_B(B_{ij})]$ .

В статистической отчетности, как правило, присутствует информация о вероятности  $P_{iB} = n_{iB} / n$  до применения стратегий менеджмента качества, т.е. условные вероятности

$P_{iB}(\Pi_{it_k}) = n_B(\Pi_{it_k}) / n_{iB}$ , тогда  $r_{ij} \approx 1 - P_{iB} \left( 1 - \sum_{k=1}^{s_i} P_{iB}(\Pi_{it_k}) \right)$ . Это соотношение справедливо, если

применяемая на  $i$ -м этапе технологического цикла стратегия  $B_{ij}$  полностью устраняет причины возникновения дефектов  $\{ \Pi_{it_1}, \dots, \Pi_{it_{s_j}} \}$ . Если ввести в качестве показателя эффективности вероятности  $v_{ijt_k}$  устранения на  $i$ -м этапе технологического цикла стратегией  $B_{ij}$  причины возникнове-

ния дефектов  $\Pi_{it_k}$ , то получим  $r_{ij} \approx 1 - P_{iB} \cdot \left( 1 - \sum_{k=1}^{s_i} P_{iB}(\Pi_{it_k}) v_{ijt_k} \right)$ .

Сведения о  $v_{ijt_k}$  содержатся в статистической отчетности системы менеджмента качества и могут уточняться по мере ее функционирования и накопления новых данных.

Учтем влияния факторов, дестабилизирующих процесс производства. Обозначим совокупность причин их возникновения на  $i$ -м этапе как  $\overline{\Pi_{it}}$ ,  $t = \overline{1, n_i}$  с их общим числом  $n_i$ .

Введем условные вероятности  $d_{ijt} = P(A_i|B_{ij}|\Pi_{it})$  бездефектного завершения  $i$ -го этапа процесса при использовании  $j$ -й стратегии в случае действия  $t$ -го варианта набора дестабилизирующих факторов, тогда условная вероятность бездефектного завершения  $i$ -го этапа  $j$ -й стратегии бу-

дет  $r_{ij} = P(A_i|B_{ij}) = \sum_{t=1}^{n_i} P(A_i|B_{ij}|\Pi_{it}) = \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} P(\Pi_{it}) = \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} w_{it}$ , где  $w_{it} = P(\Pi_{it})$  - безусловные

вероятности действия на  $i$ -м этапе процесса  $t$ -го варианта набора факторов, дестабилизирующих процесс производства продукции. В этом случае будем иметь

$P = \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} P(A_i|B_{ij}|\Pi_{it}) P(B_{ij}) P(\Pi_{it}) = \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it}$ , что в итоге даст соотношение

$$P = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it}) P(B_{ij}) P(\Pi_{it}) = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it}.$$

Вероятность  $w_{it} = P(\Pi_{it})$  целесообразно определять на основе экспертного опроса.

Условные вероятности  $d_{ijt}$  определим аналогично вероятностям  $r_{ij}$ , помножив в соответствующей формуле каждую вероятность  $v_{ijt_k}$  на индикатор устранения этой стратегией дестабилизирующих

факторов  $I_j(\Pi_{it}, \Pi_{it_k}) = \begin{cases} 1, & \text{при } \Pi_{it} = \Pi_{it_k}; \\ 0, & \text{при } \Pi_{it} \neq \Pi_{it_k}, \end{cases}$  где  $\Pi_{it_k} \in \{\Pi_{it_1}, \dots, \Pi_{it_s}\}$ , тогда

$$d_{ijt} \approx 1 - P_{iB} \cdot \left( 1 - \sum_{k=1}^{s_i} P_{iB}(\Pi_{it_k}) v_{it_k} \cdot I_j(\Pi_{it}, \Pi_{it_k}) \right).$$

Как видно, если факторы  $\Pi_{it}$  устраняются стратегией  $B_{ij}$ , то  $d_{ijt} \approx 1 - (n_{iB} - n_B(\Pi_{it}))/n$ , т.е. условная вероятность  $d_{ijt}$  остается неизменной и равной  $1 - n_{iB}/n$ .

### Вывод

Предложенная вероятностно-игровая модель процесса внедрения системы менеджмента качества на производственном предприятии позволяет оценить вероятность выпуска бездефектной продукции и оптимально планировать применение различных стратегий менеджмента качества, т.е. комплексов предупреждающих или корректирующих действий.

## RATIONALE FOR THE APPROACH TO THE MANAGEMENT OF QUALITY PRODUCTS UNDER THE ACTION OF RANDOM FACTORS DESTABILIZING THE PRODUCTION PROCESS

Bezrodny B.F., Miheev E.A., Fokin D.Yu., Spirin A.S.

This article describes an approach to evaluating the effectiveness of the quality management system implementation. The approach is based on assessing the level of the probability of defect-free products production. The advantage of the approach is that it takes into account a variety of the quality management options in terms of random factors destabilizing the process of production.

**Keywords:** manufacturing process, radioelektron systems, quality management system, the probability of release without-defective products, the probability-game approach.

### Сведения об авторах

**Безродный Борис Федорович**, 1959 г.р., окончил МГУ (1981), профессор, доктор технических наук, главный инженер ПКТБ железнодорожной автоматики и телемеханики, автор более 150 научных работ, область научных интересов - разработка систем автоматизированного проектирования и адаптивных статистических методов параметрического контроля.

**Михеев Евгений Александрович**, 1961 г.р., окончил МАИ (1985), кандидат технических наук, научный сотрудник МОУ «ИИФ», автор 35 научных работ, область научных интересов - управление надежностью устройств и систем транспортной автоматики и телемеханики.

**Фокин Дмитрий Юрьевич**, 1977 г.р., окончил СВВКИУ РВ (1999), начальник группы ВП ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», автор 7 научных работ, область научных интересов - обеспечение надежности устройств и систем специального назначения.

**Спирин Алексей Сергеевич**, 1986 г.р., окончил МГТУ ГА (2007), кандидат технических наук, заместитель начальника отдела ОАО «НПО «ЛЭМЗ»», автор 8 научных работ, область научных интересов - навигация и управление воздушным движением, оптимизационные задачи и метеорология.