

УДК681.3

А.А. Брюховецкий, доцент, канд. техн. наук,

Г.Г. Сергеев, доцент, канд. техн. наук,

В.Я. Копц, проф., д-р техн. наук,

А.И. Балакин

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 999053

root@sevgtu.sebastopol.ua

ТРИ МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ ВЫХОДА ГОДНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА РЭА

Рассматривается задача прогнозирования вероятности выхода годных изделий и затраты на их производство. Предлагается методика выбора критерия оценки размещения постов контроля.

Рассматривается технологический процесс создания радиоэлектронной аппаратуры, содержащий $i=1, n$ операций. Пусть p_i – вероятность выхода годных на i -й операции; c_i – стоимость i -й операции процесса; β_i – вероятность обнаружения неисправности (дефекта) на i -й операции процесса; k_i – стоимость контроля на i -й операции; q_i – вероятность восстановления неисправности на i -й операции в результате ремонта, R_i – стоимость ремонта на i -й операции; $\alpha_i = 1$, если есть на i -й операция контроль (и ремонт), $\alpha_i = 0$ в противном случае.

Необходимо определить: вероятность выхода годных изделий и затраты на их производство для типовых значений элементов изделий радиоэлектронной аппаратуры и затраты с учетом контрольных и ремонтных операций в технологическом процессе изготовления РЭА, а также лучший план размещения постов контроля, из двух предложенных по критерию качества.

Как правило, технологический процесс описывается характерными свойствами [1]. Реализация технологического процесса заключается в последовательном выполнении ряда технологических операций. Технологический процесс является дискретным, т.е. готовой продукцией являются изделия, а каждая технологическая операция выполняется за дискретный промежуток времени. Контрольные операции жестко не закреплены за соответствующими технологическими операциями, существует много вариантов размещения контрольных операций. При различных вариантах размещения контрольных операций значения параметров технологических операций остаются без изменений.

Представим технологический процесс в виде последовательности из U^n закрепленных технологических операций, после каждой из которых можно поместить контрольную операцию. Пусть на вход технологического процесса поступает партия из N заготовок. Определим затраты на производство (C) и вероятность выхода (P) годных изделий с учетом контрольных и ремонтных операций.

Каждая из следующих моделей технологического процесса отличается от остальных учетом некоторых характерных свойств контрольных и ремонтных операций технологического процесса.

1. Технологический процесс, описываемый данной моделью, характеризуется отсутствием контрольных операций на всем процессе. Затраты на обработку изделий в этом случае составляют:

$$C_1 = \sum_{i=1}^n c_i .$$

Вероятность выхода годных изделий:

$$P_1 = \prod_{i=1}^n p_i .$$

2. Технологический процесс, описываемый данной моделью, включает контрольные операции и обладает следующими свойствами. Пост контроля, установленный после некоторой технологической операции, обнаруживает дефекты с некоторой вероятностью β_i . При этом дефекты изделия не устраняются, и бракованное изделие извлекают из технологического процесса. Данная модель учитывает вероятность ошибок при выполнении контрольных операций.

Затраты на обработку изделия до 1-ой контрольной операции составляют:

$$C = \sum_{i \in n} (\alpha_i k_i + c_i) .$$

Пусть первая контрольная операция будет i -ой операцией технологического процесса. Тогда, с вероятностью $(1-\beta_i)$ заготовка попадет на операцию $i+1$, и следовательно затраты с соответствующей вероятностью увеличиваются. Если в технологическом процессе есть еще посты контроля, то, рассуждая аналогично, получим средние затраты на обработку изделий:

$$C_2 = \sum_{i \in n} (\alpha_i k_i + c_i) + \sum_{i \in n} \alpha_i (\alpha_i k_{i+1} + c_{i+1}) (1 - \beta_i) + \dots$$

Вероятность выхода годных для этой модели можно получить из следующих рассуждений. Если p_i – это вероятность отсутствия дефекта, а β_i – вероятность его обнаружения, то с вероятностью $(1-p_i)\beta_i$ дефектное изделие извлекается из технологического процесса. Пусть на i -ую операцию процесса поступает партия из N изделий. Тогда на выходе будет N_i , неравное N , изделий, а именно $N_i = N - N(1-p_i)\beta_i$.

В результате наличия ошибок при контроле, годными окажутся $(N - N(1-p_i)(1-\beta_i))$, так как с вероятностью $(1-p_i)(1-\beta_i)$ неисправность на операции не обнаруживается.

Поэтому вероятность того, что изделие, из числа N_i , прошедших на выход после i -й операции, окажется годным, равна

$$P_2' = \frac{(N - N(1-p_i)\beta_i) - (N - N(1-p_i)(1-\beta_i))}{(N - N(1-p_i)\beta_i)} = \frac{1 - (1-p_i)}{1 - (1-p_i)\beta_i} = \frac{p_i}{1 - (1-p_i)\beta_i}$$

Обобщая полученный результат для всего технологического процесса, получим следующую формулу для вычисления вероятности:

$$P_2 = \prod_{i=1}^n \frac{p_i}{1 - (1-p_i)\beta_i}.$$

3. Данная модель технологического процесса характеризуется тем, что выявленные в результате контроля неисправности, восстанавливаются с вероятностью q_i и стоимостью R_i .

Рассуждая аналогично модели 2, лишь с той разницей, что после контроля на выходе i -й операции будет $N - N(1-p_i)\beta_i + N(1-p_i)\beta_i q_i$, из которых годными окажутся $N - N(1-p_i)\beta_i + N(1-p_i)(1-\beta_i)q_i + N(1-p_i)\beta_i q_i$, поэтому затраты на производство можно выразить следующей формулой

$$C_3 = \sum_{i \in n} (\alpha_i k_i + c_i + \beta_i R_i) + \sum_{i \in n} [c_{i+1} + \alpha_i (k_{i+1} + \beta_i R_{i+1})][(1-\beta_i) + \beta_i q_i] + \dots$$

Вероятность выхода годных изделий:

$$P_2 = \prod_{i=1}^n \frac{1 - (1-p_i)(1-\alpha_i\beta_i q_i)}{1 - \alpha_i\beta_i(1-p_i)(1-q_i)}.$$

В условиях существования множества вариантов размещения контрольных операций в технологическом процессе (будем называть их планами размещения контрольных операций) возникает задача нахождения оптимального плана размещения постов контроля в соответствии с выбранным критерием.

Пусть $P_{\alpha i}$, $C_{\alpha i}$ – вероятность выхода годных изделий и затраты на производство при плане α_i соответственно. Тогда если $P_{\alpha i} / P_{\alpha j} > 1$, то план α_i эффективнее плана α_j в отношении вероятности выхода годных изделий. Если $C_{\alpha i} / C_{\alpha j} < 1$ то план α_i эффективнее плана α_j в отношении затрат.

Поэтому, в качестве критерия качества можно предложить следующий:

$$FQ = \frac{(P_{\alpha i} / P_{\alpha j})}{(C_{\alpha i} / C_{\alpha j})}.$$

Если значение $FQ > 1$ то план α_i эффективнее плана α_j . Таким образом, из двух предложенных планов контроля, лучшим назовем план, который для данного состава технологических и контрольных операций обеспечивает минимальную стоимость изделия и максимальную вероятность выхода годных.

Дальнейшие исследования предполагают разработку модели учета влияния точечных дефектов на топологии печатного монтажа изделий РЭА.

Библиографический список

1. Горанский Г.К. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства / Г.К. Горанский — М.: Машиностроение, 1981. — 452 с

Поступила в редакцию 07.04.2004 г.