

УДК 65.011.4

Ю.Е. Обжерин, проф., д-р техн. наук;

А.Н. Никишенко

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: sklibur@rambler.ru

ПАРАМЕТРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПОКОМПОНЕНТНЫМ КОНТРОЛЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ³

Определены основные параметры надежности и экономической эффективности функционирования многокомпонентной системы со скрытыми отказами с учетом проведения покомпонентного контроля. Полученные параметры позволили описать процесс функционирования установки пайки волной припоя.

Ключевые слова: скрытый отказ, контроль, полумарковская модель

Введение. Эффективность производственной системы (ПС) определяется тем, насколько рационально используются имеющиеся ресурсы. Такие факторы как простои, функционирование в состоянии скрытого отказа, длительное техническое обслуживание (ТО) системы снижают показатели ее эффективности.

Одним из основных подходов к решению указанной проблемы является разработка автоматизированной системы принятия решений (АСПР) при управлении ТО по состоянию. Контроль технического состояния (КТС) является неотъемлемой частью ТО по состоянию и позволяет оперативно оценить состояние ПС и принять решение о необходимости проведения ТО.

Проблемы, связанные с разработкой АСПР при управлении ТО ПС, остаются актуальными в современных производственных условиях, так как их решение позволяет обеспечить достижение высоких качественных и количественных показателей технологических процессов и продукции, и, как следствие, их конкурентоспособность на мировом рынке. Одной из таких проблем является математическое описание сложных систем и определение количественных параметров эффективности их функционирования.

Цель данной работы — определение количественных параметров эффективности функционирования многокомпонентной производственной систем с покомпонентным контролем технического состояния скрытых отказов ее блоков.

Стационарные характеристики многокомпонентной производственной системы со скрытыми отказами и покомпонентным контролем. В качестве количественных параметров оценки эффективности функционирования системы рассмотрим стационарный коэффициент готовности K_G , среднюю прибыль в единицу календарного времени S и средние затраты в единицу времени исправного функционирования C .

Рассматриваемые системы состоят из независимо функционирующих компонентов. Поэтому особый интерес представляет описание характеристик многокомпонентных систем на основе характеристик отдельных компонентов. Компоненты системы, рассматриваемого класса, успешно описываются полумарковскими (ПМ) моделями [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Создание ПМ модели многокомпонентной системы возможно с использованием метода суперпозиции полумарковских процессов (ПМП) [7]. В этом случае коэффициент готовности K_G системы определяется выражением:

$$K_G = \sum_{d \in E_+} \prod_{i=1}^N T_{d_i}^{(i)} \left\{ \prod_{i=1}^N (T_+^{(i)} + T_-^{(i)}) \right\}^{-1}, \quad (1)$$

где $T_{d_i}^{(i)} = \begin{cases} T_+^{(i)}, & \text{если } d_i \in E_+^{(i)}, \\ T_-^{(i)}, & \text{если } d_i \in E_-^{(i)}. \end{cases}$

Здесь T_+ и T_- — среднее стационарное время безотказной работы и восстановления блока, E_+ — множество работоспособных состояний системы, $E^{(i)}$ — фазовое пространство состояний ПМП i -го блока, $\vec{d} = d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n$ — компоненты вектора, указывающие на физическое состояние узлов в компонентах.

Отметим, что характеристики K_G , T_+ и T_- связаны соотношением:

³ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-41-01541).

$$K_r = \frac{T_+}{T_+ + T_-}. \quad (2)$$

Положим, что известны: N — число компонентов системы и ее структура; g_+ — удельный доход, получаемый за единицу времени функционирования системы; c_{pf} — удельные затраты на единицу времени по причине работы системы в СО (выпуск брака); $K_r^{(i)}$ — стационарный коэффициент готовности i -го компонента; $\tilde{C}_m^{(i)}$ — средние затраты на проведение ТО i -го компонента в единицу календарного времени; $\tilde{C}_c^{(i)}$ — средние затраты на проведение КТС i -го компонента в единицу календарного времени; $\tilde{C}_f^{(i)}$ — средние затраты на обеспечение функционирования i -го компонента в единицу календарного времени.

Структура N -компонентной системы однозначно определяет множество работоспособных состояний $E_+ \subset E$, т.е. множество состояний, когда компоненты хотя бы одного из критических путей находятся в работоспособном состоянии. С учетом этого, по формуле (1) можно определить стационарный коэффициент готовности системы (K_r). Выразим K_r через стационарные коэффициенты готовности компонентов ($K_r^{(i)}$). Для этого преобразуем выражение (1) с учетом формулы (2):

$$K_r = \sum_{d \in E_+} \prod_{i=1}^N \frac{T_{d_i}^{(i)}}{T_+^{(i)} + T_-^{(i)}} = \sum_{d \in E_+} \prod_{i=1}^N K_{d_i}^{(i)}, \quad (3)$$

$$\text{где } K_{d_i}^{(i)} = \begin{cases} K_r^{(i)}, & \text{если } d_i \in E_+^{(i)}, \\ 1 - K_r^{(i)}, & \text{если } d_i \in E_-^{(i)}. \end{cases}$$

Отметим также, что если возможно выделить во множестве состояний компонента $E^{(i)}$, $i=1, \overline{N}$ подмножество $E_\eta^{(i)}$, то выражение (3) справедливо для доли времени $\pi(E_\eta)$ пребывания в фиксированном подмножестве состояний системы E_η :

$$\pi(E_\eta) = \sum_{d \in E_\eta} \prod_{i=1}^N \pi_{d_i}(E_\eta^{(i)}), \quad (4)$$

$$\text{где } \pi_{d_i}(E_\eta^{(i)}) = \begin{cases} \pi(E_\eta^{(i)}), & \text{если } d_i \in E_\eta^{(i)}, \\ 1 - \pi(E_\eta^{(i)}), & \text{если } d_i \notin E_\eta^{(i)}. \end{cases}$$

Величина средней прибыли S в единицу календарного времени для системы определяется как разность суммы средних доходов и суммы средних затрат системы в единицу календарного времени. Распишем средние доходы и затраты в единицу календарного времени, возникающие при эксплуатации и обслуживании многокомпонентной ПС со СО и по компонентным КТС:

$$S = G_+ - [\tilde{C}_f + \tilde{C}_c + \tilde{C}_{pf} + \tilde{C}_m], \quad (5)$$

где G_+ — средний доход от функционирования системы в единицу календарного времени; $\tilde{C}_c$ — средние затраты на обеспечение функционирования системы в единицу календарного времени; $\tilde{C}_c$ — средние затраты на проведение КТС компонентов системы в единицу календарного времени; $\tilde{C}_{pf}$ — средние затраты из-за выпуска дефектной продукции (система в СО) в единицу календарного времени; E_0 — средние затраты на проведение ТО компонентов системы в единицу календарного времени.

G_+ определяется как произведение удельного дохода g_+ , получаемого за единицу времени нахождения системы в работоспособном состоянии, и доли времени пребывания системы в работоспособном состоянии:

$$G_+ = g_+ K_r. \quad (6)$$

Так как компоненты системы являются независимыми с точки зрения функционирования, $\tilde{C}_f$, $\tilde{C}_c$, и $\tilde{C}_m$ определяются как суммы средних затрат на обеспечение функционирования, проведение КТС и на проведение ТО i -х компонентов в единицу календарного времени, соответственно:

$$\tilde{C}_f = \sum_{i=1}^N \tilde{C}_f^{(i)}, \quad \tilde{C}_c = \sum_{i=1}^N \tilde{C}_c^{(i)}, \quad \tilde{C}_m = \sum_{i=1}^N \tilde{C}_m^{(i)}. \quad (7)$$

Средние затраты системы из-за выпуска дефектной продукции $\tilde{C}_{pf}$ определяются как произведение удельных затрат (c_{pf}) за единицу времени по причине работы ПС со скрытыми отказами, и доли времени

пребывания ПС в состоянии скрытого отказа. В общем случае каждый компонент системы, как и сама система, может функционировать либо в работоспособном состоянии, либо в состоянии скрытого отказа:

$$E_f = E_+ \cup E_{pf}. \quad (8)$$

Доля времени пребывания системы во множестве E_{pf} с учетом (4) и (8) определяется формулой:

$$\pi(E_{pf}) = \pi(E_f) - \pi(E_+) = \sum_{d \in E_f} \prod_{i=1}^N \pi_{d_i}(E_f^{(i)}) - K_r,$$

где $\pi_{d_i}(E_f^{(i)}) = \begin{cases} \pi(E_f^{(i)}), & \text{если } d_i \in E_f^{(i)}, \\ 1 - \pi(E_f^{(i)}), & \text{если } d_i \notin E_f^{(i)}. \end{cases}$

Тогда величина средних затрат системы из-за выпуска дефектной продукции $\tilde{C}_{pf}$ в единицу календарного времени определяется формулой:

$$\tilde{C}_{pf} = c_{pf} \left(\sum_{d \in E_f} \prod_{i=1}^N \pi_{d_i}(E_f^{(i)}) - K_r \right). \quad (9)$$

Величину средних затрат C в единицу времени исправного функционирования системы найдем из выражения:

$$C = g_+ - \frac{S}{K_r}. \quad (10)$$

Полученные выражения (3), (5) — (10) позволяют определять стационарные характеристики ПМ модели многокомпонентной ПС исходя из ее структуры и параметров ПМ моделей каждого компонента системы.

Стационарные характеристики эффективности процесса покомпонентного контроля установки пайки двойной волной припоя. В качестве примера многокомпонентной системы рассмотрим установку пайки волной припоя «SW 330-SF». С точки зрения АСПР при управлении ТО, установка пайки волной припоя является системой, состоящей из трех независимых блоков. Каждый из блоков в свою очередь представляет собой процесс КТС однокомпонентной системы со скрытыми отказами (таблица 1).

Таблица 1 — Операции КТС на установке пайки волной припоя

Контроль	Методика КТС	Контролируемый параметр	Блок ПС
Плотности флюса	Проводится взятие пробы флюса с последующим замером плотности с остановкой работы блока	Плотность флюса	Флюсователь
Температурных параметров	На печатную плату крепятся датчики, плата проходит пайку, после завершения пайки проводится анализ температурного профиля	Скорость нагрева платы	Преднагрев
		Температура предварительного нагрева	
		Температура пайки	Ванна припоя
Качества припоя	Происходит взятие пробы припоя из ванны, полученная проба передается на анализ в лабораторию	Состав припоя	

В процессе пайки волной припоя печатных узлов состав припоя постоянно меняется. Исследования [8, 9] показывают, что количество примесей содержащихся в припоях оказывает существенное влияние на качество пайки. Дефекты пайки, вызванные примесями, могут проявляться и в процессе производства печатных узлов, и в процессе эксплуатации изделия. Для достижения высоких результатов пайки необходима организация эффективного контроля примесей в припое. Контроль примесей осуществляется путем анализа химического состава пробы припоя. Основываясь на методе контроля и на типе отказов в системе для моделирования процесса контроля качества припоя в блоке пайки (компонент №3) выбрана ПМ модель, описанная в [6]. Стационарный коэффициент готовности, средние доходы и затраты системы в единицу календарного времени определяются выражениями:

$$K_r = \frac{M\alpha_0 + M[pr](\tau, h)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}, \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{aligned} G_+ &= c_+ \frac{M\alpha_0 + M[pr](\tau, h)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_f &= \frac{c_f (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_m &= \frac{c_{im} M\beta + c_{am} M[pr](\tau, h)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_{pf} &= \frac{c_{pf} M[pf](\tau, h)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_c &= \frac{c_c h \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}_0(n(\tau + h) - h) \right)}. \end{aligned} \right. \quad (12)$$

Здесь

$$\begin{aligned} M[pr](\tau, h) &= \int_0^h \bar{F}_1(x) dx + \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x+h) F_0(\tau-x) dx + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^{\tau+h} \bar{F}_1(x+h) [F_0(n(\tau+h)+\tau-x) - F_0(n(\tau+h)-h)] dx, \\ M[pf](\tau, h) &= \int_0^h F_1(x) dx + \int_0^{\tau} F_1(x+h) F_0(\tau-x) dx + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^{\tau+h} F_1(x+h) [F_0(n(\tau+h)+\tau-x) - F_0(n(\tau+h)-h)] dx. \end{aligned}$$

Следует отметить, что раннее обнаружение предотказного состояния системы позволяет предупредить проведение полного ТО с заменой (сливом) части припоя, а ограничиться изменением типа используемого припоя для нормализации концентрации примесей в припое.

В установке пайки волной припоя используется блок пенного флюсования ERSА ETS-250 [10]. Нанесение флюса способом пенного флюсования [11] подразумевает, что флюс вспенивается воздухом, нагнетаемым через капиллярный фильтр.

Процесс контроля плотности флюса в блоке флюсования (компонент №1) описывается ПМ моделью, описанной в [5]. Стационарный коэффициент готовности, средние доходы и затраты системы в единицу календарного времени определяются следующими выражениями:

$$\left\{ \begin{aligned} G_+ &= g_+ = \frac{M\alpha_0 + \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau) \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x) dx - \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x) \bar{F}_0((n+1)\tau-x) dx}{M\beta + (M\gamma + \tau) \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}, \\ \tilde{C}_f &= \frac{c_f \tau \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}{M\beta + (M\gamma + \tau) \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}, \\ \tilde{C}_m &= \frac{c_{im} M\beta + c_{am} \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau) \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x) dx - c_{am} \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x) \bar{F}_0((n+1)\tau-x) dx}{M\beta + (M\gamma + \tau) \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}, \\ \tilde{C}_{pf} &= c_{pf} \frac{\sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau) \int_0^{\tau} F_1(x) dx - \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\tau} F_1(x) \bar{F}_0((n+1)\tau-x) dx}{M\beta + (M\gamma + \tau) \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}, \\ \tilde{C}_c &= \frac{c_c M\gamma \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}{M\beta + (M\gamma + \tau) \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}, \end{aligned} \right. \quad (13)$$

$$K_r = \frac{M\alpha_0 + \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau) \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x) dx - \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\tau} \bar{F}_1(x) \bar{F}_0((n+1)\tau - x) dx}{M\beta + (M\gamma + \tau) \sum_{n=0}^{\infty} \bar{F}_0(n\tau)}. \quad (14)$$

Контроль параметров конвекционного блока предварительного нагрева требует использования температурных зондов. Установка температурных датчиков непосредственно на плате позволяет контролировать фактическую температуру нагрева как платы, так и термочувствительных элементов, находящихся на ней. Кроме того, использование температурных зондов позволяет определить ряд параметров установки пайки волной не связанных с блоком предварительного нагрева. Проведение контроля температурных параметров установки пайки волной припоя при помощи температурного зонда позволяет отследить скрытые отказы следующих функциональных блоков установки: нагревательных элементов первого и второго блоков конвекционной печи, нагревательных элементов ванны припоя, блоков измерения температуры в конвекционной печи и в ванне припоя, привода конвейера, датчика скорости конвейера.

Ввиду большого количества источников и, как следствие, невозможности отслеживать влияние каждого из них на параметры установки, данный контроль следует отнести к контролю наличия внезапных скрытых отказов. Контроль проводится методом взятия пробы. Как отмечалось ранее, контроль проводится без остановки оборудования.

Для описания процесса контроля параметров блока предварительного нагрева и температуры пайки (компонент №2) используется ПМ модель, описанная в [6] при условии рассмотрения внезапных отказов ($M\alpha_1 \rightarrow 0$). С учетом этого допущения формулы (11), (12) принимают вид:

$$K_r = \frac{M\alpha}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}, \quad (15)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} G_+ = \frac{g_+ M\alpha}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_f = \frac{c_f (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_m = \frac{c_m M\beta}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_{pf} = c_{pf} \frac{(\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right) - M\alpha}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}, \\ \tilde{C}_c = \frac{c_c h \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}{M\beta + (\tau + h) \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \bar{F}(n(\tau + h) - h) \right)}. \end{array} \right. \quad (16)$$

Структура рассматриваемой трехкомпонентной системы является последовательной, т.к. возникновение скрытого отказа либо отключение любого из блоков установки приводит к скрытому отказу либо прекращению функционирования всей установки соответственно.

Согласно (3) стационарный коэффициент готовности системы определяется выражением:

$$K_r(\tau_1, \tau_2, \tau_3) = \prod_{i=1}^3 K_r^{(i)}(\tau_i) \quad (17)$$

Здесь коэффициенты готовности компонентов определяются выражениями (14), (11) и (15).

Согласно (5) — (7), (9) средняя прибыль в единицу календарного времени определяется по формуле:

$$\left[\begin{aligned} S(\tau_1, \tau_2, \tau_3) &= (g_+ + c_{pf}) K_r(\tau_1, \tau_2, \tau_3) - c_{pf} \prod_{i=1}^3 \frac{\tilde{C}_f^{(i)}(\tau_i)}{c_f^{(i)}} - \\ &\quad - \sum_{i=1}^3 [\tilde{C}_f^{(i)}(\tau_i) + \tilde{C}_c^{(i)}(\tau_i) + \tilde{C}_m^{(i)}(\tau_i)] \\ C(\tau_1, \tau_2, \tau_3) &= c_{pf} \left(\prod_{i=1}^3 \frac{\tilde{C}_f^{(i)}(\tau_i)}{c_f^{(i)} K_r(\tau_1, \tau_2, \tau_3)} - 1 \right) + \\ &\quad + \frac{\sum_{i=1}^3 [\tilde{C}_f^{(i)}(\tau_i) + \tilde{C}_c^{(i)}(\tau_i) + \tilde{C}_m^{(i)}(\tau_i)]}{K_r(\tau_1, \tau_2, \tau_3)}. \end{aligned} \right. \quad (18)$$

Средние затраты $\tilde{C}_f^{(i)}(\tau_i)$, $\tilde{C}_c^{(i)}(\tau_i)$ и $\tilde{C}_m^{(i)}(\tau_i)$ определяются по формуле (13) для $i=1$, по формуле (16) для $i=2$ и по формуле (12) для $i=3$.

Формулы (17), (18) задают функциональную зависимость характеристик надежности и экономической эффективности исследуемой установки пайки волной припоя «SW 330-SF» Essentec от трех входных параметров (периодичность каждого из КТС). Это в свою очередь позволяет использовать данные формулы в качестве критериев надежности и экономической эффективности системы при создании АСПР при управлении техническим обслуживанием по состоянию данной установки.

Заключение. Решена задача математического описания функционирования многокомпонентной ПС с помощью метода суперпозиции ПМП. Полученные аналитические выражения для многокомпонентных систем с независимыми компонентами являются универсальными и могут быть использованы для расчета экономических характеристик и характеристик надежности многокомпонентных ПС. Получены стационарные надежностные и экономические характеристики многокомпонентной системы с произвольной структурой со скрытыми отказами и покомпонентным КТС. Определены критерии надежности и экономической эффективности для установки пайки волной припоя.

В дальнейшем планируется использовать полученные результаты для создания блока системы поддержки принятия решений при оптимизации периодичности контроля системы, который бы являлся элементом АСПР при управлении ТО по состоянию.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Бойко Е.Г. Определение оптимального периода контроля по наработке параметрических отказов автоматизированной системы / Е.Г. Бойко // Оптимизация производств. процессов: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2006. — Вып.9. — С. 78 — 83.
2. Обжерин Ю.Е. Исследование влияния периодичности контроля на надежность автоматизированной технической системы/ Ю.Е. Обжерин, Е.Г. Бойко // Науков і праці Донецького національного технічного університету; серія: «Гірниче-електромеханічна». — Донецьк, 2005. — Вып.94. - С. 153 — 156.
3. Обжерин Ю.Е. Полумарковская модель контроля параметрических отказов двухкомпонентной системы/ Ю.Е. Обжерин, Е.Г. Бойко// Проблемы математического моделирования: Тези доповідей міждерж. Наук.-методична конф., 23 — 25 мая 2007 г. — Дніпродзержинськ, 2007. — С. 221 — 222.
4. Ольшанская И.В. Определение оптимальной производительности технологической ячейки/ Е.Г. Бойко, И.В. Ольшанская // Автоматизация процессов и управление: Вестн. СевГТУ: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2006. — Вып. 72. — С. 31 — 35.
5. Никищенко А.Н. Автоматизация процесса управления техническим обслуживанием блока пенного флюсования / А.Н. Никищенко // Автоматизация процессов и управление: Вестн. СевГТУ: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2014. — Вып. 146. — С. 68 — 76.
6. Никищенко А.Н. Полумарковская модель контроля методом пробы производственной системы с постепенными параметрическими отказами / А.Н. Никищенко // Оптимизация производств. процессов: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2014. — Вып. 15. — С. 241 — 248.
7. Корлат А.Н. Полумарковские модели восстанавливаемых систем и систем массового обслуживания/ А.Н. Корлат, В.Н. Кузнецов, М.М. Новиков, А.Ф. Турбин — Кишинев: Штиинца, 1991. — 276 с.
8. Ларин В.П. Технология пайки. Методы исследования процессов пайки и паяных соединений: Учеб. пособие / В.П. Ларин // СПбГУАП. СПб., 2002. — 42 с.

9. Дипстратен Г. Как справиться с примесями при пайке волной припоя / Г. Дипстратен // SMT Эксперт: Электрон. журнал. — 2011. — Вып. 9 — С. 80 — 90.
10. Установка пайки Ersa ETS-250. Руководство оператора. Ersa Loettechnik GmbH. Перевод и переработка, ред. 1 ЗАО Предприятие «ОСТЕК». 2001. — 53 с.
11. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств / А.М. Ларин — М.: Техносфера, 2007. — 256 с.

Obzherin Yu.E., Nikishenko A.N. Efficiency parameters of functioning of complex systems taking into account the condition monitoring of components

The main parameters of reliability and cost-effectiveness of the multi-component system with hidden failures and the condition monitoring of components are found. The process of functioning of the wave soldering machine is described.

Keywords: latent failure, control, semi-Markov model.

Обжерін Ю.Є., Нікішенко О.М. Параметри ефективності функціонування складних систем з покомпонентним контролем технічного стану

Визначені основні параметри надійності та економічної ефективності функціонування багатокомпонентної системи з прихованими відмовами з урахуванням проведення покомпонентного контролю. Отримані параметри дозволили описати процес функціонування установки пайки хвилею припою.

Ключові слова: прихована відмова, контроль, напівмарківська модель.

УДК 004.832.3

Е.Н. Машенко, доц., канд. техн. наук

В.И. Шевченко, канд. техн. наук

В.С. Ловягин, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: kvit.sevntu@gmail.com

Ю.В. Сосновский, доц., канд. техн. наук

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского

пр. Вернадского 4, г. Симферополь, Россия, 295000

МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ АУДИТА ИТ-СЕРВИСОВ И ОЦЕНКИ ПОТРЕБНОСТИ В ИТ-РЕСУРСАХ НА ОСНОВЕ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ⁴

Рассмотрена актуальная проблема управления качеством сервис – ориентированных систем. Проведено формальное описание процессов аудита ИТ-сервисов и оценки потребности в ИТ- ресурсах сервис – ориентированных систем на основе полумарковских процессов с общим фазовым пространством состояний. Предложена комплексная полумарковская модель, описывающая процесс принятия решений по организации аудита ИТ-сервисов согласно концепциям методологии Cobit. Получены выражения для нахождения средних времен обслуживания запросов пользователей на проведение аудита по классам сервис-ориентированных систем, вероятностей классификации сервис-ориентированных систем на отдельных уровнях принятия решений.

Ключевые слова: сервис-ориентированные системы, ИТ-сервисы, ИТ – процессы, ИТ-ресурсы, аудит, методология Cobit, принятие решений, полумарковская модель.

Введение. Современные тенденции развития информационных технологий (ИТ) обуславливают широкое распространение сервис-ориентированных информационных систем. Важным аспектом обеспечения их функционирования, в связи с повышенными требованиями к параметрам качества КРІ (Key Performance Indicators) [1], является периодический аудит этих систем и оценка потребностей в ИТ-ресурсах. Аудит информационных систем - это системный процесс получения и оценки объективных данных о текущем состоянии информационной системы, действиях и событиях, происходящих в ней, устанавливающий уровень их соответствия определенным критериям и предоставляющий результаты заказчику [2]. В настоящее время в качестве открытого стандарта де факто используется методология Cobit [2], которая позволяет организовать единый подход к сбору, анализу информации, подготовке выводов и заключений на всех этапах управления, контролю и аудиту ИТ, предоставляет возможность сравнения существующих ИТ-процессов с лучшими отраслевыми практиками. Принципы аудита Cobit в

⁴ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-47-01047).