

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621

Л.А. Недоступ, М.Д. Кіселичник, Ю.Я. Бобало, О.В. Лазько
Національний Університет "Львівська політехніка",
кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань

СИСТЕМНЕ ПАРАМЕТРИЧНО-СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

© Недоступ Л.А., Кіселичник М.Д., Бобало Ю.Я., Лазько О.В., 2006

Наведено системний аналіз процесів формування заданих властивостей радіоелектронних пристроїв за допомогою проведення технологічних та контрольних процедур. Запропоновані варіанти формалізації і математичного моделювання цих процесів з оцінкою їх функціональної ефективності у сенсі забезпечення надійності виробів.

The system analysis of electronic devices predicted properties forming processes by the way of technological and control procedures performing are given. The cases of formalization and mathematical modeling of this processes with their efficacy estimation are proposed. .

Вступ

У сучасних умовах серед традиційних показників якості і ефективності технологічних процесів переважаючого значення набувають показники якості продукції, які визначають її потенційну конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Технологічні процеси все більше розглядаються у ракурсі гарантованого виконання ними вимог щодо забезпечення заданих показників якості виробів при одночасному дотриманні норм і вимог стосовно інших показників. На таких концептуальних засадах будується сучасна науково-технічна стратегія створення нової високоякісної техніки [1]. Велика кількість різноманітних задач, які при цьому виникають, вимагають системного підходу до їх постановки і знаходження оптимальних розв'язків [2, 3]. У зв'язку з цим виникла потреба у розробленні методології і придатних для практики методів комплексної оптимізації технологічних процесів з метою забезпечення їх ефективності, тобто забезпечення потрібного рівня якості виробів при раціональному використанні всіх видів ресурсів.

Ефективність процесів забезпечення якості виробів

Ефективність виробничої системи є однією з головних її характеристик, яка визначається її спроможністю розв'язувати поставлену перед нею задачу виготовлення потрібної кількості продукції з заданими техніко-економічними параметрами. У теорії ефективності ця властивість розглядається у двох аспектах – як функціональна і як економічна ефективність. У цій роботі функціональну ефективність характеризувати прямим ефектом, який досягається під час функціонування системи, – випуском радіоелектронних пристроїв з заданим рівнем якості у широкому розумінні цього слова. Економічна ефективність визначається сумарними виробничими витратами на забезпечення якості виробів під час їх виготовлення та гарантійного обслуговування. Ефективність виробничих систем є комплексною характеристикою, яка поєднує їх функціональну ефективність з економічною ефективністю і саме у такому вигляді використовується, як об'єкт моделювання і комплексної оптимізації виробничих систем. Розгляд цих складових окремо є суто формальним [2, 3].

Математичні моделі процесів виробництва радіоелектронних пристроїв, як і інших технічних об'єктів, є формалізованим поданням процесів формування їх властивостей проведенням технологічних та контрольних процедур з використанням матеріалів, технологічних, метрологічних, енергетичних та інших ресурсів, які характеризуються множинами показників якості. Серед них, як найкерованіші, виділяються показники якості матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів і інших ресурсів r_s , показники якості технологічних процесів t_j і показники якості контрольних процедур k_l , які аналітично зображають об'єднаннями:

$$\begin{aligned} R &= \bigcup_{s=1}^v r_s, & s &= \overline{1, v}, \\ T &= \bigcup_{j=1}^q t_j, & j &= \overline{1, q}, \\ K &= \bigcup_{l=1}^u k_l, & l &= \overline{1, u}, \end{aligned} \quad (1)$$

де v, q, u – кількість елементів відповідних множин.

Вектор показників якості виробів після проведення технологічних та контрольних процедур має таку структуру:

$$X_{\langle n \rangle}(R, T, K) = [x_1(r_1, t_1, k_1), x_2(r_2, t_2, k_2) + \dots + x_n(r_n, t_n, k_n)], \quad (2)$$

у якій $x_1(r_1, t_1, k_1), x_2(r_2, t_2, k_2), \dots, x_n(r_n, t_n, k_n)$, компоненти вектора $X_{\langle n \rangle}$.

Фізичний зміст компонентів вектора $\hat{X}_{\langle n \rangle}$ визначається показниками якості виробів, які формуються на кожній стадії технологічного процесу. Наприклад, x_1 – показник точності розмірів деталей, виготовлених штампуванням, литвом, токарною обробкою і іншими методами, x_2 – показник якості структури металу, отриманої під час термічної обробки, x_3 – показник якості струмопровідного рисунка друкованої плати після операції травлення фольги, x_4 – показник якості паяних з'єднань тощо.

Вектор допустимих значень показників якості виробів також записується аналогічно

$$X_{\langle n \rangle}^D = [x_1^D, x_2^D, \dots, x_n^D], \quad (3)$$

Виконання умови $X_{\langle n \rangle}(R, T, K) \in \{X_{\langle n \rangle}^D\}$ є свідченням бездефектного виробництва. Невиконання цієї умови призводить до протилежного висновку.

У загальному випадку вектори $X_{\langle n \rangle}$ і $X_{\langle n \rangle}^D$ є випадковими векторами і тому як показник функціональної ефективності процесу виготовлення пристроїв доцільно використовувати імовірність виконання завдання $P_{в.з}$ такого змісту:

$$P_{в.з} = P(\hat{X}_{\langle n \rangle}(R, T, K) \in \{\hat{X}_{\langle n \rangle}^D\}) \quad (4)$$

Вимоги до якості виробів здебільшого мають односторонній характер, обмежуючи її показники або зверху, або знизу граничними значеннями – $x^{Гр}$:

обмеження зверху

$$\forall x, x \in \{x^D\} \Rightarrow x \leq x^{Гр};$$

обмеження знизу

$$\forall x, x \in \{x^D\} \Rightarrow x \geq x^{Гр} \quad (5).$$

Два варіанти забезпечення і незабезпечення якості виробів у разі двокомпонентного показника $X_{\langle 2 \rangle} = [x_1, x_2]$ показано на рис. 1.

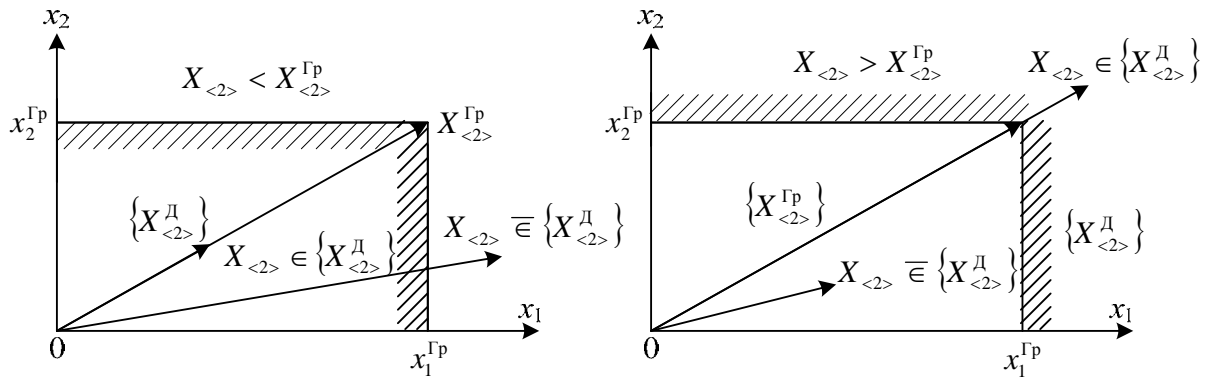


Рис. 1. Варіанти забезпечення і незабезпечення якості виробів

за умов $X_{<2>} < X_{<2>}^{Гр}$ і $X_{<2>} > X_{<2>}^{Гр}$

Враховуючи це, залежність (4) можна подати з використанням відповідного предикату у такому вигляді:

$$\begin{cases} P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R, T, K) < X_{<n>}^{Гр}); \\ P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R, T, K) > X_{<n>}^{Гр}), \end{cases} \quad (6)$$

або

$$\begin{cases} P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>} < X_{<n>}^{Гр}) = P\left[\bigcap_{i=1}^n \hat{x}_i < x_i^{Гр}\right]; \\ P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>} > X_{<n>}^{Гр}) = P\left[\bigcap_{i=1}^n \hat{x}_i > x_i^{Гр}\right]. \end{cases}$$

Предикати $X_{<2>} < X_{<2>}^{Гр}$ і $X_{<2>} > X_{<2>}^{Гр}$ визначаються фізичною сутністю показників якості виробів.

З наведених виразів видно, що задача визначення оптимального варіанта технологічного процесу в аспекті забезпечення необхідних показників якості виробів є багатогранною задачею, яка не має однозначного розв'язання. Варіантність її розв'язання визначається ступенем апріорної невизначеності множин R, T, K і можливістю керування ними в процесі виробництва. Враховуючи це, прийнятними є такі підходи до розв'язання задач комплексної оптимізації технологічних процесів за критеріями якості та надійності виробів і ефективності виробничих систем.

Якщо контур керування виробничим процесом у межах функціонування системи S охоплює лише технологічні процедури (операції, переходи, маршрути і окремі процеси), то при апріорній невизначеності множин R і K і апріорній невизначеності множини T комплексна оптимізація процесів може відбуватись за такою схемою керування їх функціональною ефективністю:

$$\begin{cases} P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R, T_{var}, K) < X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \\ P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R, T_{var}, K) > X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} (r_s \in Gr_s) &= \text{const} \\ t_j &\in Gt_j \\ (k_l \in Gk_l) &= \text{const} \end{aligned}$$

Якщо контур керування виробничим процесом охоплює лише контрольні процедури при апіорній визначеності множин R і T і апіорній невизначеності множини K , комплексна оптимізація процесів може відбуватись за аналогічною схемою керування ефективністю

$$\begin{cases} P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R, T, K_{var}) < X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \\ P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R, T, K_{var}) > X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} (r_s \in Gr_s) &= \text{const} \\ (t_j \in Gt_j) &= \text{const} \\ k_1 \in Gk_1 \end{aligned}$$

Якщо контур керування охоплює лише забезпечення якості матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів та інших ресурсів, які використовують у виробництві РЕП, то при апіорній визначеності множин T і K і апіорній невизначеності множини R керування ефективністю процесів може відбуватись за схемою

$$\begin{cases} P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R_{var}, T, K) < X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \\ P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R_{var}, T, K) > X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} r_s &= Gr_s \\ (t_j \in Gt_j) &= \text{const} \\ (k_1 \in Gk_1) &= \text{const} \end{aligned}$$

У наведених варіантах керування ефективністю процесів виробництва: $P_{в.3}$ і $P_{в.3.зад}$ – імовірність виконання завдання з забезпечення якості виробів і її задане значення; R , T і K – множини оптимальних і неоптимальних техніко-економічних показників ресурсів, технологічних процедур і процедур контролю.

Виробництво РЕП належить до категорії складних виробництв і тому здебільшого у параметричному і структурному відношеннях повинно розглядатись як велика і складна ієрархічна система з багатьма контурами керування. Саме тому найефективнішою, хоча і найскладнішою є комплексна оптимізація процесів виробництва, яка передбачає визначення показників якості матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, а також показників якості технологічних і контрольних процедур, оптимальних з погляду загальної ефективності виробничої системи. Керування такою системою відбувається за такою схемою

$$\begin{cases} P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R_{var}, T_{var}, K_{var}) < X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \\ P_{в.3} = P(\hat{X}_{<n>}(R_{var}, T_{var}, K_{var}) > X_{<n>}^{Гр}) \geq P_{в.3.зад} \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} r_s &\in Gr_s \\ t_j &\in Gt_j \\ k_1 &\in Gk_1 \end{aligned}$$

Узагальнений показник якості таких систем характеризується багатовимірною гіперповерхнею у просторі великої множини показників якості. Це робить практично неможливим розв'язання задач параметричної і структурної оптимізації виробничих процесів у повному обсязі і змушує спрощувати саму постановку задачі і способи її вирішення.

Процеси формування надійності виробів

Сучасне виробництво РЕП у своїй більшості базується на використанні типових технологічних процесів, до яких належать процеси структуро- і формоутворення, нанесення покриттів, збирання і монтажу, регулювання, технологічного припрацювання тощо. Всі ці процеси

відбуваються з загальною метою надання на кожній стадії виробництва необхідних властивостей, які у сукупності визначають кумулятивну якість виробів. Показники цих властивостей мають різну фізичну природу, що практично унеможливило їх зіставлення, а значить, унеможливило створення наскрізних математичних моделей, придатних для розв'язання реальних багатоальтернативних оптимізаційних задач. В цих умовах комплексну оптимізацію виробництва апаратури за критеріями якості та надійності можна здійснювати моделюванням та оптимізацією процесів їх забезпечення впродовж всього виробничого циклу. За такого підходу ці процеси у структурному відношенні є адекватними повним технологічним процесам, але на відміну від них подаються послідовностями формалізованих процедур формування та контролю якості виробів на всіх стадіях виробництва з використанням єдиного універсального критерію якості. Таким критерієм є рівень дефектності об'єктів виробництва – деталей, вузлів, блоків та інших конструкційно-технологічних компонентів, а також виробу загалом після проведення технологічних та контрольних процедур. Втрата фізичності отримуваних таким чином математичних моделей компенсується їх гнучкістю та універсальністю.

Динаміка формування початкових, проміжних та кінцевих показників якості та надійності виробів упродовж всього технологічного процесу відображається послідовністю перетворень, оператори яких можуть мати явну або неявну природу.

Процеси формування якісних показників виробів являють собою структури, які характеризуються активно формуючими, пасивно формуючими і неформуючими перетвореннями показників якості матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів і інших компонентів у показники якості та надійності готових виробів. Активно і пасивно формуючі перетворення, які надалі позначатимемо А і В, відбуваються внаслідок проведення технологічних і контрольних процедур. Неформуючі перетворення С, D і E відтворюють об'єктивно існуючі зв'язки між показниками дефектності виробів на всіх стадіях виробництва і показниками їх надійності в період експлуатації¹. Для n показників якості ці перетворення мають такий зміст:

$$\begin{aligned}
 A: X_{\langle n \rangle \text{ном}} &\rightarrow \hat{X}_{\langle n \rangle} \\
 B: \hat{X}_{\langle n \rangle} &\rightarrow \begin{cases} \hat{X}_{\langle p \rangle \text{у.конд}} \in \{\hat{X}_{\langle n \rangle}\} \\ \hat{X}_{\langle q \rangle \text{деф}} \in \{\hat{X}_{\langle n \rangle}\} \end{cases} \\
 C: \hat{X}_{\langle p \rangle \text{у.конд}} &\rightarrow \omega_{\text{деф}}(\tau) \\
 D: \omega_{\text{деф}}(\tau) &\rightarrow \omega(t) \\
 E: \omega(t) &\rightarrow \text{ПН}
 \end{aligned} \tag{11}$$

де $X_{\langle n \rangle \text{ном}}$ – вектор номінальних значень показників якості; $\hat{X}_{\langle n \rangle}$ – випадковий вектор значень показників якості після А-перетворення; $\hat{X}_{\langle p \rangle \text{конд}}$ – вектор значень показників якості, які внаслідок контролю признані умовно кондиційними; $\hat{X}_{\langle q \rangle \text{деф}}$ – вектор значень показників якості, які признані дефектними; $\langle p \rangle$, $\langle q \rangle$ – вимірність векторів, $p+q=n$; $\omega_{\text{деф}}(\tau)$ – параметр потоку дефектів у проміжку 0- τ ; $\omega(t)$ – параметр потоку відмов виробів під час експлуатації; ПН – показник надійності.

Формалізована схема процесу формування і-го показника на к-му кроці технологічного процесу зображена на рис. 2.

¹ Розгляд семантичних аспектів використаної тут термінології виходить за межі цієї роботи

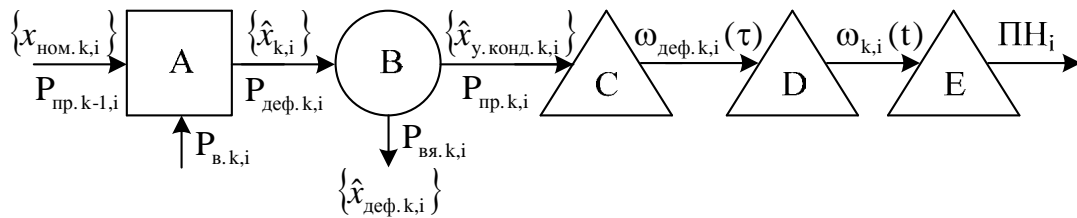


Рис. 2. Формування *i*-го показника надійності

На цьому рисунку:

A – активно формуюче перетворення показника якості $\{x_{ном.к,i}\}$ у множину *i*-х показників якості виробів $\{x_{к,i}\}$ при проведенні технологічної операції на *к*-му кроці;

B – пасивно формуюче перетворення внаслідок контролю множини $\{\hat{x}_{к,i}\}$ у множину показників якості явно дефектних одиниць продукції – $\{\hat{x}_{деф.к,i}\}$ і множину показників якості умовно кондиційних одиниць продукції – $\{\hat{x}_{у.конд.к,i}\}$;

C, D, E – неформуючі перетворення:

C – перетворення дефектності умовно кондиційних виробів у параметр потоку дефектів $\omega_{деф.к,i}(\tau)$;

D – перетворення параметра потоку дефектів $\omega_{деф.к,i}(\tau)$ у параметр потоку відмов $\omega_{к,i}(t)$ [2, 4];

E – перетворення параметра потоку відмов $\omega_{к,i}(t)$ у показник надійності ПН_{*i*}.

ПН_{*i*} – *i*-й показник надійності виробів;

$P_{пр.к-1,i}$ – імовірність пропуску дефектів з *к*-1-го кроку технологічного процесу;

$P_{деф.к,i}$ – імовірність наявності дефектності виробів після проведення *к_i* технологічної операції;

$P_{вя.к,i}$ – імовірність виявлення дефектних одиниць продукції після проведення контрольної процедури;

$P_{пр.к,i}$ – імовірність пропуску дефектних одиниць продукції у партії умовно кондиційних виробів.

Визначення перелічених імовірностей описано в [1].

Перетворення оператором A вектора номінальних значень показників якості виробів у вектор їх випадкових значень відображає реальну можливість виникнення дефектності виробництва на всіх стадіях технологічного процесу. Ця можливість кількісно оцінюється імовірністю вводу дефектів при проведенні технологічних процедур на *к*-му кроці технологічного процесу формування *i*-го параметра виробу і далі позначається $P_{вя.к,i}$. На сьогодні рівень якості технологічних процесів прийнято оцінювати за їх точністю та стабільністю. З ряду розроблених для цього кількісних критеріїв найбільшого застосування набули коефіцієнт точності – K_τ , коефіцієнт зміщення центра розсіювання параметрів виробів – K_z і показник розсіювання – K_p [1]. Визначення цих показників провадиться на основі статистичних даних, які отримуються внаслідок контролю параметрів виробів і цим забезпечується об'єктивність і точність оцінок якості технологічних процесів.

У загальному випадку імовірність вводу дефектів під час проведення технологічної операції залежно від обмеження показників якості допусковими значеннями *a* і *b* при відомій щільності *f*(*x*) визначається так:

$$P_{вя.к,i} = \int_{-\infty}^a f_1(x) dx \text{ – при обмеженні параметра знизу;}$$

$$P_{B,K,i} = \int_b^{\infty} f_2(x) dx \text{ – при обмеженні параметра зверху;} \quad (12)$$

$$P_{B,K,i} = 1 - \int_a^b f_3(x) dx \text{ – при двосторонньому обмеженні,}$$

За умови нормального розподілу параметрів і відомих значеннях коефіцієнтів K_T і K_3 , імовірність вводу дефектів визначається залежностями

$$P_{B,K,i} = \varphi(K_T) = 1 - \Phi\left(\frac{b - \bar{x}}{\delta K_T} l(\gamma)\right) + \Phi\left(\frac{a - \bar{x}}{\delta K_T} l(\gamma)\right) \quad (13)$$

$$P_{B,K,i} = \varphi(K_3) = 1 - \Phi\left(\frac{b - \delta K_3 + x_0}{S}\right) + \Phi\left(\frac{a - \delta K_3 + x_0}{S}\right) \quad (14)$$

$$P_{B,K,i} = \varphi(K_T, K_3) = 1 - \Phi\left(\frac{b - \delta K_3 + x_0}{\delta K_p} \cdot l(\gamma)\right) + \Phi\left(\frac{a - \delta K_3 + x_0}{\delta K_p} \cdot l(\gamma)\right), \quad (15)$$

у яких x_n – заданий центр настроювання – номінальне значення; \bar{x}_1 – середнє значення показників якості першої вибірки виробів; \bar{x}_n – середнє значення показників якості останньої вибірки виробів; $l(\gamma)$ – коефіцієнт, який залежить від імовірності знаходження показника якості у заданому полі; $\delta = a - b$ – поле допуску, встановленого на показник якості; S – середнє квадратичне відхилення показників якості.

В [1] показано, що у разі невиконання умов центральної граничної теореми теорії імовірностей показники якості можна розподіляти за різними законами, які здебільшого характеризуються асиметрією та ексцесом. Зручними моделями таких розподілів є ряди Грама-Шарльє, Еджворта тощо [7].

Отже, керування процесом формування дефектності під час виконання технологічних процедур може відбуватись або зміною параметрів розподілів показників якості виробів, або зміною точності і стабільності технологічних процесів, які оцінюються коефіцієнтами K_T і K_3 . Поява дефектних одиниць продукції є наслідком порушення точності і стабільності технологічних процесів. Виявлення адитивних і мультиплікативних складових дефектності, що вводиться під час проведення технологічних процедур, означило необхідність подальших досліджень їх природи, причин виникнення і можливостей цілеспрямованого керування ними під час розв'язання задач комплексної оптимізації технологічних процесів за критеріями якості та надійності виробів [2].

Перетворення оператором B вектора випадкових значень показників якості виробів – $\hat{X}_{<n>}$ у вектор параметрів умовно кондиційних виробів – $\hat{X}_{<k>\text{конд}}$ і вектор параметрів дефектних виробів – $\hat{X}_{<m>\text{деф}}$ реалізується проведенням контрольних операцій, ефективність яких оцінюється імовірністю правильного контролю $P_{k,i}$.

При цьому:

$P_{\text{вя},k,i} = P_{\text{деф},k,i} P_{k,i}$ – імовірність виявлення дефектних одиниць продукції;

$P_{\text{пр},k,i} = P_{\text{деф},k,i} (1 - P_{k,i})$ – імовірність пропуску дефектних одиниць продукції;

де $P_{\text{деф},k,i}$ – імовірність наявності дефектних одиниць продукції у партії виробів, яка підлягає контролю.

Оцінювання якості виробів за допомогою імовірності $P_{k,i}$, як це витікає з теорії статистичних оцінок, завжди супроводжується похибками першого та другого роду. Це пояснюється тим, що навіть стовідсотковий або суцільний контроль якості партії виробів завжди є вибірковою контролем за кількістю контрольованих параметрів. Тому для забезпечення ефективності контролю приходиться аналізувати стан виробу як за нормованими, так і за ненормованими параметрами.

Перетворення оператором С дефектності умовно кондиційних виробів у параметр потоку дефектів $\omega_{\text{деф}}(\tau)$ відбувається на основі відомої залежності

$$\omega_{\text{деф}}(\tau) = \frac{d}{d\tau} \left(\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i(\tau) \right), \quad (16)$$

де N – кількість виробів, виготовлених за час τ ; $m_i(\tau)$ – математичне очікування числа дефектів кожного виробу. Перетворення параметра потоку дефектів $\omega_{\text{деф}}(\tau)$ у параметр потоку відмов $\omega(t)$ оператором D відбувається внаслідок реально існуючій залежності між цими потоками

$$\omega(t) = F_{\omega}(\varepsilon \omega_{\text{деф}}(\tau)) \quad (17)$$

Цим питанням присвячені роботи [2, 3, 4]. Приклад такої залежності, отриманої експериментально, показано на рис. 3.

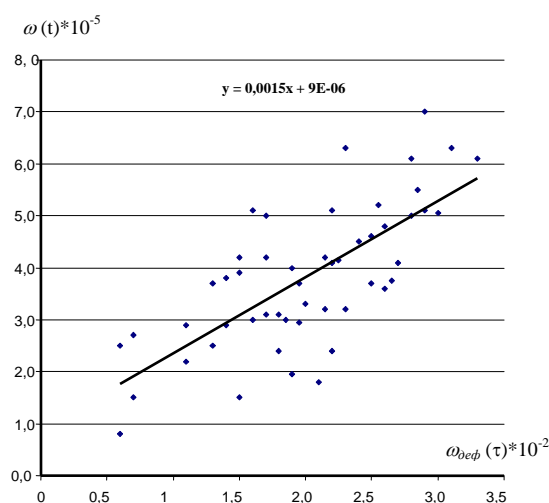


Рис. 3. Залежність параметра потоку відмов $\omega(t)$ від параметра потоку виробничих дефектів $\omega_{\text{деф}}(\tau)$.

Результати дослідження коефіцієнта перетворення ε наведені в таблиці.

Результати дослідження коефіцієнта перетворення ε

	Стадії виробництва	$\varepsilon_{\text{розм}}$	$\varepsilon_{\text{сер}}$
1.	Комплектуючі вироби	0,29÷0,45	0,37
2.	Деталі	0,01÷0,30	0,15
3.	Збирання	0,2÷0,4	0,3
4.	Друковані плати (голі)	0,26÷0,51	0,39
5.	Монтаж (паяння)	0,21÷0,48	0,36
6.	Регулювання	0,4÷0,5	0,45
7.	Технологічне припрацювання	0,17÷0,37	0,27

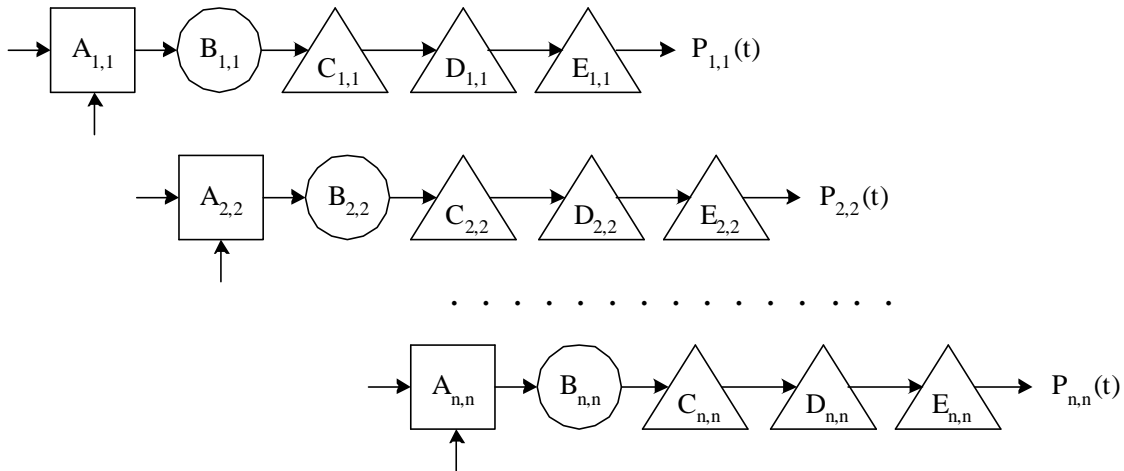
Перетворення параметра потоку відмов у інші показники надійності відбуваються за відомими залежностями.

Параметрично-структурні моделі процесів забезпечення якості та надійності виробів

Здебільшого реальні процеси забезпечення якості виробів проводяться за схемами послідовного процесу, паралельного процесу, а також великого розмаїття їх комбінацій. Серед основних варіантів таких моделей виділяються такі.

Послідовний n-кроковий процес.

Структура процесу:

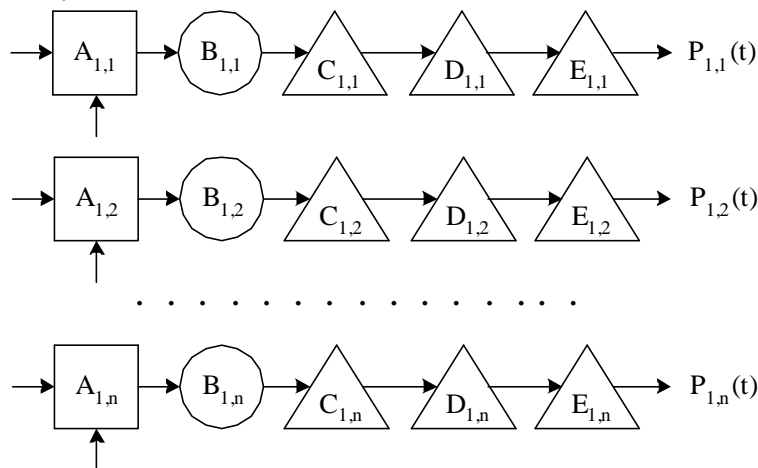


Сумарні значення $P_{\Sigma}(t)$ – імовірності безвідмовної роботи пристрою, виготовленого внаслідок проведення n-крокового послідовного процесу, визначається імовірнісного множення парціальних імовірностей $P_{1,1}(t)$, $P_{2,2}(t)$, ..., $P_{n,n}(t)$ – характеристик безвідмовності, стосовно кожного сформованого показника якості:

$$P_{\Sigma}(t) = P_{1,1}(t) \cdot P_{2,2}(t) \dots P_{n,n}(t). \quad (18)$$

Паралельний однокроковий процес

Структура процесу:

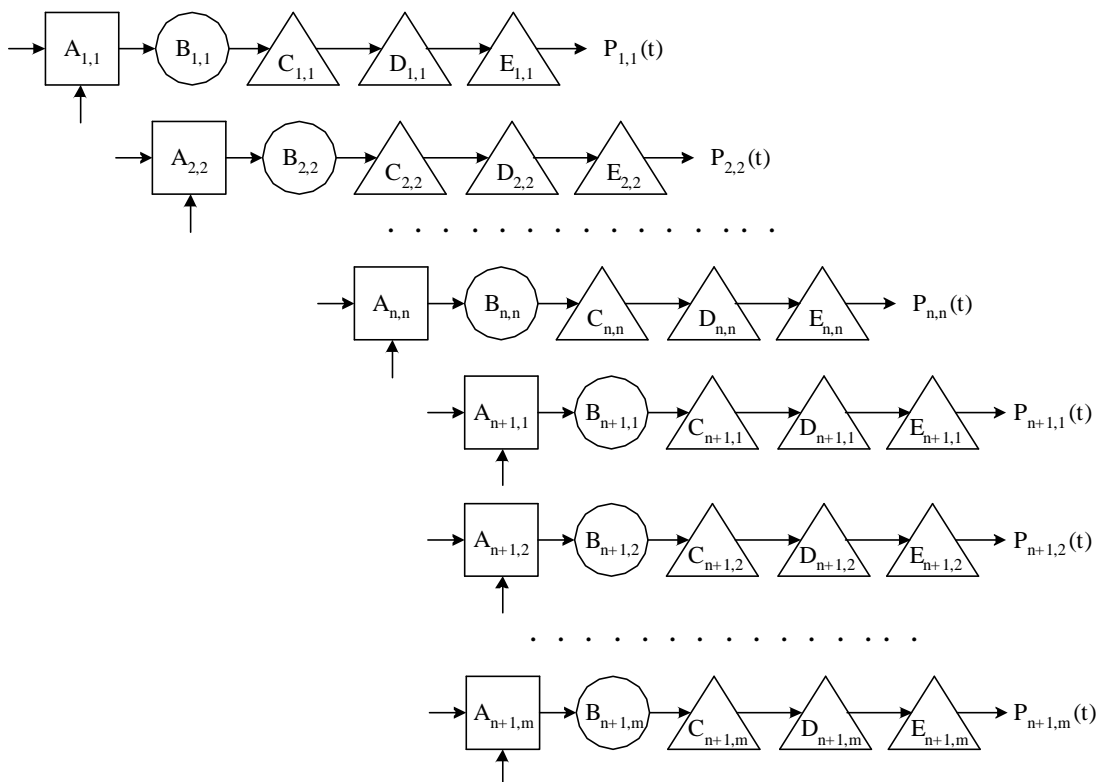


Сумарний показник надійності:

$$P_{\Sigma}(t) = 1 - [1 - P_{1,1}(t)] [1 - P_{1,2}(t)] \dots [1 - P_{1,n}(t)]. \quad (19)$$

Послідовно-паралельний процес

Структура процесу:

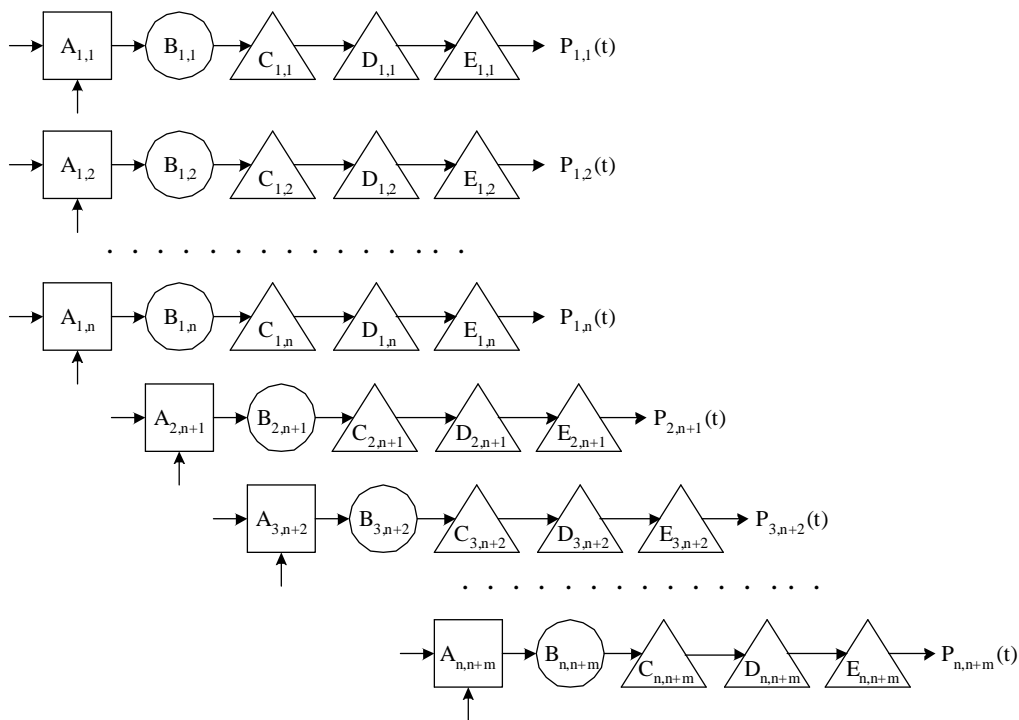


Сумарний показник надійності:

$$P_{\Sigma}(t) = P_{1,1}(t) \cdot P_{2,2}(t) \dots P_{n,n}(t) \{1 - [1 - P_{n+1,1}(t)] [1 - P_{n+1,2}(t)] \dots [1 - P_{n+1,m}(t)]\} \quad (20)$$

Паралельно-послідовний процес

Структура процесу



Сумарний показник надійності:

$$P_{\Sigma}(t) = \{1 - [1 - P_{1,1}(t)][1 - P_{1,2}(t)] \dots [1 - P_{1,n}(t)] \cdot P_{2,n+1}(t) \cdot P_{3,n+1}(t) \dots P_{n,n+m}(t)\}. \quad (21)$$

Для всіх наведених варіантів структур процесів сумарне значення імовірності безвідмовної роботи пристрою розраховується за загальним правилом підсумовування імовірностей сумісних незалежних подій.

Варто відзначити, що припущення про незалежність подій формування показників якості виробів на всіх стадіях технологічних процесів не завжди є виправданим. Встановлено, що саме ці зв'язки визначають вплив на якість формування показників на k -му кроці технологічного процесу дефектів, які були пропущені з попередніх кроків і які можуть стати причиною появи не тільки адитивної, але також і мультиплікативної дефектності, що негативно впливає на надійнісні показники готових виробів. Результати дослідження цих впливів розглянуті в [5, 6].

Висновки

Задачі комплексної оптимізації процесів забезпечення якості радіоелектронних пристроїв за допомогою підвищення ефективності виробництва загалом приходиться розв'язувати в умовах апріорної невизначеності великої кількості факторів стохастичної природи, які у сукупності визначають кінцевий рівень якості виробів. Це обумовлює необхідність базувати теорію і практику забезпечення якості на імовірнісній ідеології з використанням математичних моделей при пошуках оптимальних варіантів виробництва, побудованих на достовірній експериментально-статистичній інформації. Викладена в статті концепція формування якості виробів, як процесу послідовних цілеспрямованих перетворень їх властивостей, передбачає використання наскрізних моделей формування якості. На відміну від існуючих, запропоновані моделі базуються на використанні єдиного універсального критерію якості виробів – імовірнісного показника дефектності після кожної технологічної та контрольної операції. Особливості формування цього показника на різних стадіях виробництва радіоелектронних пристроїв на сьогодні ще достатньо не вивчені, що затримує створення інженерних методів системного параметрично-структурного моделювання процесів забезпечення якості і методів їх комплексної оптимізації.

1. ДСТУ ISO 9001-2001. Системи управління якістю. Вимоги. 2. Недоступ Л.А. Оптимізація контролю, регулювання та технологічної приладності приборів. – Львів: Вища школа, Изд-во Львов. ун-ета, 1987. – 152с. 3. Кіселичник М.Д. Моделювання та оптимізація процесів формування та контролю якості радіоелектронної апаратури. – Львів: Вид-во НУЛП, 2001. – 168с. 4. Недоступ Л.А., Кіселичник М.Д., Бобало Ю.Я., Питання теорії перетворення потоків при проведенні технологічних та контрольних процедур // Вісник ДУЛП, “Радіоелектроніка та телекомунікації”. – 1999. – № 367. – С.172–176. 5. Кіселичник М.Д. Динаміка потоків дефектів у виробництві електро- і радіоелектронної техніки // Наук.-прикл. журн. НАНУ “Електроніка та електротехніка”. – 2001. – №3. – С.73–75. 6. Nedostup L., Bobalo Yu., Kiselychnyk M., Mandziy B., Matematychny model defektownosci aparatury radioelektroney w trakcie jej wytrwarzania. III Simpozium modelowanie I symulacja komputerowa w technice. – Lodz, 2004.