

УДК 621.9:62-755

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Іскович-Лотоцький Р.Д., д.т.н., проф., Веселовська Н.Р., к.т.н., доц.
Зелінська О.В., Вінницький державний аграрний університет
21030, м. Вінниця, вул. Келецька, 71
E-mail: wnatalia@mail.ru*

Рассмотрены задачи оперативного контроля и анализа фактического завершения работ с изготовления и испытание функциональных элементов изделий и их совокупности на этапе процесса создания за фактом «качество».

Ключевые слова: задачи, оперативный контроль, качество.

The tasks of operative control and analysis of actual completion of works from making and test wares of functional elements and their aggregate on stage of creation after the fact «quality» are considered.

Key words: tasks, operative control, quality.

Вступ. Одним із актуальних завдань, що виникають у процесі створення складних виробів дрібно-серійного виробництва, є завдання оперативного контролю й аналізу фактичного завершення робіт з виготовлення та випробування функціональних елементів виробів та їхньої сукупності на будь-якому етапі процесу створення за фактом "якість". Кількість одночасних робіт, що завершуються, у деякому контрольованому тимчасовому перетині сіткового графіка, що регламентує технологію створення складних сучасних виробів машинобудування, досягає декількох сотень, а кількість технічних параметрів, що характеризують якість окремих елементів, визначається десятками. Крім того, існують множинні функціональні залежності між технічними параметрами окремих елементів. Тому, завдання контролю й аналізу якості розроблювального виробу по всій сукупності робіт, що завершуються, є досить трудомісткою процедурою. До того ж рівень вірогідності інформації про якість, що надходить з багатьох джерел, як правило, недостатньо високий, тому оперативність аналізу всієї сукупності інформації про технічні параметри елементів виробів і вірогідність результатів її обробки істотно визначають характер прийняття рішень по виявленню причин відхилень якості, по виділенню додаткових ресурсів для ліквідації цих відхилень, по коректуванню планових завдань.

Систематичне нагромадження й обробка інформації про технічні параметри, які відображають якість виготовлених і випробуваних елементів виробів, дозволяє вирішувати такі завдання в сфері керування якістю:

- контролювати фактично досягнуті значення технічних характеристик виробу в цілому і параметри його функціональних елементів і їх варіантів, а також відхилення фактичних значень технічних характеристик від заданих в проектно-конструкторській документації;
- аналізувати причини відхилення та цілеспрямовано контролювати ефективність проектно-конструкторських рішень, що приймаються з ліквідації відхилень технічних характеристик;
- накопичувати інформацію для статистичного ана-

лізу змін технічних характеристик у процесі відпрацювання елементів виробу та побудова багатofакторних залежностей характеристик призначення виробу від технічних характеристик функціональних елементів з метою прогнозування їх очікуваних значень;

- збирати інформацію про якість виробу і його елементів для представлення керівникам різних рівнів у момент закінчення етапів розробок.

Аналіз попередніх досліджень. Аналіз реальних процесів створення складних виробів на ряді великих машинобудівних підприємств країни показує, що для вирішення подібних завдань необхідно прожити п'яти – семирічного періоду розробки виробу накопичувати й аналізувати інформацію щодо об'єкта. Так, на ранніх стадіях розробки об'єми інформації про задані значення технічних характеристик виробу та технічних параметрів їх функціональних елементів разом з необхідною інформацією пояснювального та службового характеру складає не більше 1-1,5 Гбайт, а до кінця розробки об'єм інформації бази досягає 30-40 Гбайт. Зрозуміло, що обробка й аналіз такого об'єму інформації в умовах неавтоматизованої праці робітників служби якості роблять принципово неможливим рішення вказаних задач. Виникаюча одночасно з цим проблема забезпечення достовірності інформації про фактично досягнутому рівні технічних характеристик визначає необхідність рішення проблеми керування якістю відпрацьованих виробів на основі широкого використання засобів обчислювальної техніки в технологічному процесі створення виробів. Тільки створення мережі автоматизованого збору інформації безпосередньо з технологічного обладнання і з комплексів, які забезпечують автоматизацію технологічних процесів виготовлення та випробування елементів, одна організація збору, передачі й обробки інформації можуть забезпечити рішення поставлених перед службою якості завдань оперативного та достовірного контролю й аналізу стану якості відпрацьованих виробів.

Мета роботи – формування комплексного показника якості, який характеризує загальний показник закінчення етапів розробки по фактору «якість».

Створювані в даний час інформаційно – діагностичні системи контролю й аналізу відхилень технічних характеристик виробів призначаються для рішення перерахованих вище завдань.

Матеріал і результати дослідження. Розглянемо питання формалізації цієї проблеми. Нехай має місце представлення сукупності робіт по виготовленні та випробуванні елементів виробу у вигляді мереженої моделі. Якість виконання кожної роботи $q \in Q$, де Q – множинна робіт, яка характеризується сукупністю $P_{r_1}, P_{r_2}, \dots, P_{r_q}$ технічних параметрів елемента виробу, яку контролюють по закінченню q -роботи.

У виробничий момент часу $t \in [0, T]$, де $[0, T]$ – часовий інтервал розробки виробу в цілому, необхідно проаналізувати стан процесу розробки по фактору «якість». Це означає, що для кожного часового перетину, який однозначно визначає сукупність Q^t закінчених до моменту контролю t робіт, повинен бути конструктивно визначений комплексний показник якості, який характеризує стан розробки в цілому.

Комплексним показником якості розробки в момент t назвемо величину:

$$H^t = \sum_{q \in Q^t} \beta_q^t H_q^t, \quad (1)$$

де H_q^t – показник якості закінченої до моменту t q -ї роботи; β_q^t – масовий коефіцієнт, який визначає вклад показника H_q^t в комплексний.

Коефіцієнт β_q^t є функцією часу та визначається таким чином. Априорно для кожної роботи $q \in Q$ експертно задається коефіцієнт α_q , який не залежить від часу внеску якості її виконання в комплексний показник H^T так, що

$$H^T = \sum_{q \in Q} \alpha_q H_q^T, \quad \sum_{q \in Q} \alpha_q = 1.$$

До моменту контролю t закінчено Q^t робіт і

$$\beta_q^t = \begin{cases} \alpha_q / \sum_{q \in Q^t} \alpha_q, & q \in Q^t, \\ 0, & q \in \bar{Q}^t. \end{cases} \quad (2)$$

За часом функція β_q^t є спадаючою, $\lim_{t \rightarrow T} \beta_q^t = \alpha_q$ при $t \rightarrow T$, однак для кожного $t \quad \sum_{q \in Q^t} \beta_q^t = 1$.

Показник якості H_q^t q -ї роботи, яка закінчується до моменту t , виражається через сукупність R_q часткових показників якості $H_{qr}^t, r \in R_q$, кожний з яких однопараметрично з ваговим коефіцієнтом γ_r характеризує якість елементів виробу, що є результатом q -ї роботи:

$$H_q^t = \prod_{r \in R_q} (H_{qr}^t)^{\gamma_r}, \quad (3)$$

де $0 \leq \gamma_r < 1; \sum_{r \in R_q} \gamma_r = 1$.

Показник H_{qr}^t залежить від параметра P_r таким чином:

$$H_{qr}^t = \begin{cases} 1 - \frac{|P_r^{t\phi} - P_r^{t\text{mp}}|}{\Delta P_{\text{гдоп}}}, & |P_r^{t\phi} - P_r^{t\text{mp}}| \leq \frac{1}{2} \Delta P_{\text{гдоп}}, \\ 0, & |P_r^{t\phi} - P_r^{t\text{mp}}| > \frac{1}{2} \Delta P_{\text{гдоп}}, \end{cases} \quad (4)$$

де $P_r^{t\phi}, P_r^{t\text{mp}}$ – відповідно фактичне на момент t і потрібне значення параметра; $\Delta P_{\text{гдоп}}$ – допустима похибка P_r^Φ від P_r^{mp} для будь-якого t .

Залежність H_{qr} від величини $|P_r^\Phi - P_r^{\text{mp}}| = \Delta P_r$ відхилення фактичного значення від потрібного є шматково-лінійною.

Природно прийняти показник якості H_{qr}^t в момент t контролю параметра P_r рівним нулю, якщо фактичне значення параметра відхилилось від потрібного більш ніж на $\frac{1}{2} \Delta P_{\text{гдоп}}$, а значення $H_{qr}^t = \frac{1}{2}$ розрахувати мінімально допустимим для того, щоб по параметру P_r результат q -ї роботи не належав на доопрацювання.

З (3) видно, що $H_q^t = 0$, якщо хоча б один технічний параметр P_r вийшов за допуск, а мінімальне допустиме значення показника якості H_q^t повинно дорівнювати $1/2$, тобто

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \leq H_q^t < 1, \quad \forall r H_{qr}^t \neq 0; \\ H_q^t = 0, \quad \exists r^* : H_{qr^*}^t = 0. \end{aligned}$$

Для показника якості характерна така залежність від значень складових H_q^t :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \leq H^t \leq 1, \quad \forall q H_q^t \geq \frac{1}{2}; \\ \frac{1}{2} (1 - \beta_{q_1}^t) \leq H^t \leq (1 - \beta_{q_1}^t), \quad \exists q_1 : H_{q_1}^t = 0; \\ \frac{1}{2} (1 - \beta_{q_1}^t - \beta_{q_2}^t) \leq H^t \leq (1 - \beta_{q_1}^t - \beta_{q_2}^t), \\ \exists q_1, q_2 : H_{q_1}^t = H_{q_2}^t = 0; \\ \dots \\ H^t \geq \frac{1}{2} \beta_{q^*}^t, \quad \exists q^* : H_{q^*}^t \neq 0; \end{aligned}$$

$$H^t = 0, \quad \forall q H_q^t = 0.$$

Оскільки послідовність значень вагових коефіцієнтів може бути впорядкована та пронумерована таким чином, що найбільшому значенню β_q^t відповідає найменший індекс $q = 1, n$, тобто $\beta_1^t > \beta_2^t > \dots > \beta_n^t$, те значення H^t можуть бути ро-

зподілені за підінтервалами інтервалу $[0; 1]$ залежно від нульових значень H_q^t для будь-яких q таким чином:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \leq H^t \leq 1, \forall q H_q^t \geq \frac{1}{2}; \\ \frac{1}{2}(1-\beta_n^t) \leq H^t \leq 1-\beta_n^t, H_n^t = 0; \\ \dots\dots\dots \\ \frac{1}{2}\beta_1^t \leq H^t \leq \beta_1^t, H_1^t \neq 0, H_q^t = 0, \forall q \neq 1; \\ \dots \\ \frac{1}{2}\beta_n^t \leq H^t \leq \beta_n^t, H_n^t \neq 0, H_q^t = 0, \forall q \neq n; \\ H^t = 0, \forall q H_q^t = 0. \end{aligned}$$

Враховуючи, що вказані підінтервали не утворюють розбиття інтервалу $[0; 1]$, тобто є пересічними, для ідентифікації підінтервала певним значенням показників H_q^t необхідна уточнююча додаткова інформація про нульові значення $H_q^t, q = 1, n$. Наприклад, підінтервали $\left[\frac{1}{2}(1-\beta_n^t); (1-\beta_n^t)\right]$ і $\left[\frac{1}{2}; 1\right]$ можуть мати непорожній перетин при $\beta_n^t < \frac{1}{2}$, і значення $H^t \in \left[\frac{1}{2}(1-\beta_n^t); (1-\beta_n^t)\right] \cap \left[\frac{1}{2}; 1\right]$ можна інтерпретувати як одержане або при всіх відмінних від нуля значеннях $H_q^t : H^t = \sum_q \beta_q^t H_q^t \geq \frac{1}{2}$, або при $H_q^t \neq 0, q = \overline{1, n-1}$ і $H_n^t = 0$. При збереженні в пам'яті ЕОМ нульового значення $H_n^t = 0$ в момент t неоднозначність інтерпретації значення H^t виключається.

Таким чином, у роботі на підставі запропонованого формалізованого представлення інформації про стан процесу розробки виробів по чиннику «якість» розв'язується проблема агрегації і скорочення об'ємів інформації, що зберігається в ЕОМ. Дійсно, результати контролю якості розробки в цілому за період часу $[0; t] \in [0; T]$ при відомій послідовності моментів контролю $t_1, t_2, \dots, t_k \in [0; t]$, виражені комплексним показником якості H^t , складають часовий ряд значень цього показника:

$$H^{t_1}, H^{t_2}, \dots, H^{t_k}. \quad (5)$$

Аналогічно, часовий ряд значень показника якості q -ї роботи:

$$H_q^{t_1}, H_q^{t_2}, \dots, H_q^{t_k}. \quad (6)$$

при фіксованому q містить інформацію про обробку елементу виробу за технічними параметрами множини R_q , контрольованих після закінчення роботи.

Висновки. Таким чином, інформативність вка-

заних тимчасових рядів визначається можливістю управління якістю обробки елементів виробу та розробки в цілому. Так, нульові значення показника якості H_q^t , а в окремих випадках і відмінні від одиниці значення цього показника, обумовлюють необхідність повторного виконання q -ї роботи і, отже, оперативного коректування планових завдань. Наявність одиниці в ряду (6) означає завершеність відробітку відповідного елементу виробу за сукупністю відпрацьованих його технічних параметрів.

Досягнуте на момент контролю $t_i, i \in \overline{1, k}$,

значення комплексного показника якості H^{t_i} , при певній адаптації керівників розробки до використання агрегованої інформації про якість розробки в цілому у вигляді (5), є початковою інформацією для прийняття рішень про подальший хід робіт: про включення в оперативно-календарний план нових робіт або про зміну термінів виконання робіт і коефіцієнта їх пріоритетності.

У ряді випадків для прийняття обґрунтованого управлінського рішення про подальший хід розробки, а також для порівняння процесів розробки нового виробу та виробів-аналогів недостатньо мати тільки агреговане представлення інформації у вигляді тимчасового ряду значень комплексного показника якості, а необхідно однозначно ідентифікувати значення H^{t_i} з тим, що складає його значення $H_q^{t_i}$ і $H_{q'}^{t_i}$. Для реалізації алгоритму такої дезагрегації в пам'яті ЕОМ необхідно зберігати також масив коефіцієнтів $\beta_q^{t_i}$ для всіх t_i і q і масив переліку відпрацьованих параметрів R_q для всіх q .

У результаті використання в практиці автоматизованого управління розробками запропонованого способу агрегації інформації про хід процесу розробки по чиннику якості об'єм інформації, що зберігається, за весь період розробки може бути скорочений на порядок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Головлев В.А., Армяков А.С. Автоматизация работ по управлению качеством на машиностроительном предприятии. – М.: Советское радио, 1976.
2. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. – М.:Нолидж, 2001. – 1296 с.
3. Жук К.Д. Методы системного проектирования как основа разработки САПР. – К., 1976. – 24 с.
4. Жук К.Д. Тимченко А.А. Автоматизированное проектирование логико-динамических систем.– К. Наук. думка, 1981. – 320 с.
4. Струтинський В.Б., Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Структурна модель технологічного процесу як динамічної системи –Луганськ: Видавництво ВНУ ім. В.Даля, 2007. – С. 158-164.
5. Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Методика розробки інформаційної моделі технологічної підготовки процесу переробного виробництва в АПК.– Наукові праці ВДАУ, серія «Технічні науки». – №1, 2006. – С.181–186.

Стаття надійшла 10.05.2008 р.