

УДК 621.512.011.56.01.67

Г.М. Клещов, к.т.н.

**МАТЕМАТИЧНИ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ СТАНДАРТИЗОВАНОЮ ПІДГОТОВКОЮ
ВИРОБНИЦТВА ШТАМПІВ**

Одеський державний інститут вимірювальної техніки, м. Одеса

*У статті представлені математичні основи управління підготовкою виробництва штампів***Ключові слова:** управління, стандартизація, підготовка виробництва, штампи.**Вступ**

Деталі, отримані листовим штампуванням, володіють високою міцністю при відносно невеликій масі і відрізняються раціональністю форм. У наш час змінився попит ринку від індивідуалізації виробничих процесів на підвищений інтерес до комп'ютерних систем, за допомогою яких можливо забезпечувати серійне безпаперове, безлюдне і ефективне управління виробництвом.

Аналіз основних досліджень та публікацій

Розглянуті останні публікації і в них дослідження носять демонстраційний характер [3] з відносним наближенням до реального виробничого проектування і виготовлення штампів ХЛШ.

Постановка завдання

Скорочення термінів і трудових витрат підготовки виробництва та виготовлення штампів, а також розробка строго формалізованого методу, заснованого на теоретико-множинних конструкціях. Такий метод дає можливість підійти до проблеми опису складних систем [1], до яких відноситься система управління виробництвом штампів. Вона дає можливість наділяти отримані конструкції конкретними математичними структурами, що сприяє детальному вивченню і одержанню конкретних результатів. Основні задачі синтезу системи управління виробництвом відповідають державним науково-технічним програмам, сформульованим у Законі України "Про науково - виробничу діяльність".

У цьому зв'язку актуальність роботи, яка присвячена розробці моделі адаптивного управління стандартизованої підготовки виробництва штампів та алгоритмів визначення структури і властивостей ієрархічної автоматизованої системи очевидна. У виробничому процесі холодне листове штампування одне з найбільш прогресивних і розповсюджених видів технологічних процесів, що дозволяє виготовляти з листового матеріалу найрізноманітніші за формою та розмірами деталі в короткий термін з мінімальними витратами та відходами. Такі галузі виробництва, як автомобілебудівельна, авіобудівельна, сільськогосподарська, електротехнічна, приладобудівна та інші, є найбільшими споживачами виробів, які одержують холодним листовим штампуванням [2]. У наступній трудомісткості та термін виробництва штампів дуже великі, а термін проектування і виготовлення штампів у партії «в ручну» займає 2-3 роки.

Вирішення поставленого завдання

У якості об'єкта дослідження нами прийнятий процес синтезу структури управління виробництвом штампів. Предмет досліджень – апарат і математичні моделі прийняття рішень. Для вирішення поставленої задачі використовували методи теорії системного аналізу і синтезу оптимізації організованих структур. Наукова новизна роботи складається в розробці алгоритмів автоматизованого синтезу структури ієрархічної системи. Рішення представленої задачі базується на теоретико-множинному підході, в основі якого лежить уявлення системи у вигляді сукупності множини елементів, відповідна структура яких визначається як сукупність поверхонь різних класів і множин сполучень, визначених на елементах структури, а процедура синтезу у виді теоретико-множинних операцій над множинами.

При синтезі оптимальної структури системи управління виробництвом найбільш ефективним є застосування підходу, заснованого на теоретико-множинних конструкціях. Даний підхід забезпечує можливість найбільш повно наділяти отримані конструкції конкретними математичними структурами і гранично узагальнено підійти до проблеми опису складних систем, до яких відносяться системи управління виробництвом [2]. При цьому ми виходили з поняття системи S як підмножини декартового добутку деякого ряду множин

$$\{V_i | i \in I\} \quad S \subset \prod_{i \in I} V_i, \quad I - \text{множина індексів,}$$

приймаючи до уваги існування глобальної реакції системи [1]

$$R : X \times \prod_{i \in I_1} V_i \rightarrow \prod_{j \in I_2} V_j,$$

де $I_1 \cup I_2 = I$ і $I_1 \cap I_2 = \emptyset$; X - деяка абстрактна множина, яка називається множиною становищ.

Ієрархічна n - рівнева система управління U являє собою сукупність векторів.

Вектор управління буде:

$$U = (X, Z, \Omega, \varphi, \psi), \quad (1)$$

де X - вхідна множина станів системи є декартовим добутком множин $X = \prod_{i=1}^n X_i$.

Множина зовнішніх управлінь Z і множина вихідних впливів Ω є множинами відображень $\forall z \in Z \quad Z : X \rightarrow X, \quad \forall \omega \in \Omega \quad \omega : X \rightarrow X$.

Причому $Z = \prod_{i=1}^n Z_i, \quad \Omega = \prod_{i=1}^n \Omega_i$, так що

$$z(x) = (z_1(x_1), z_2(x_2), \dots, z_n(x_n)), \quad \omega(x) = (\omega_1(x_1), \omega_2(x_2), \dots, \omega_n(x_n)),$$

для усіх $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X$, де $z_i \in Z_1 : X_i \rightarrow X_i, \quad \Omega_i \ni \omega_i : X_i \rightarrow X_i$.

Будемо вважати, що множини Z_i і Ω_i містять елемент \wedge такий, що $\wedge(x) = x$, для всіх $x \in X_i$ і для $i = 1, 2, \dots, n$. Далі, $\varphi : X \rightarrow P(X), \quad \psi : X \rightarrow P(Z)$, де $P(\cdot)$ - сукупність усіх непустих

підмножин, множини m, \circ і ψ є діагональними добутками $\varphi = \bigwedge_{i=1}^n \varphi_i, \quad \psi = \bigwedge_{i=1}^n \psi_i$ відображень $\varphi_i : X \rightarrow P(X_i), \quad \psi_i : X \rightarrow P(Z_i), \quad (i = 1, 2, \dots, n)$.

Так що для кожного $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \varphi(x) = \prod_{i=1}^n \varphi_i(x), \quad \psi(x) = \prod_{i=1}^n \psi_i(x), \quad \varphi_i(x)$ визначаються значеннями багатозадачних відображень

$$\varphi_{ki} : X_k \rightarrow P(X_i), \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

як перша непушта множина у послідовності $A_n \subseteq A_{n-1} \subseteq \dots \subseteq A_1$. Аналогічно $\psi_i(x)$ - перше непусте перетинання $B_m = \bigcap_{k=1}^m \psi_{ki}(x_k)$ у послідовності $B_n \subseteq B_{n-1} \subseteq \dots \subseteq B_1$.

Таким чином, ієрархічну систему (1) можна розглядати як систему, що складається з n - рівнів ($i = 1, 2, \dots, n$)

$$U_i = (X_i, Z_i, \Omega_i, \{\varphi_{ij}\}, \{\psi_{ij}\}_{1 \leq j \leq n}). \quad (3)$$

Будемо називати множину X_i множиною станів i - го рівня, Z_i - множиною зовнішніх впливів можливих управлінь i - м рівнем і Ω_i - множиною вихідних впливів на i - й рівень. $\varphi_{ij}(x)$ можна інтерпретувати як множину j - го рівня, що задовольняють вимогам i - ому рівневі, який знаходиться в стані $x \in X_i$. Зокрема множину $\varphi_{ij}(x)$ будемо називати власною метою i - го рівня, що відповідає його станіві x . Якщо $\varphi_{ij}(x) = X_j$, то це буде означати інваріантність станів x i - го рівня до станів j - го рівня (відсутність цілев казівок).

Множина $\psi_{ij}(x)$ є множиною припустимих управлінь на j - ом рівні, обумовленим станом x рівня U_i . Відсутність обмежень на управління j - м рівнем з боку рівня U_i , що знаходиться в стані x , виражається рівністю $\psi_{ij}(x) = Z_j$.

Відображення φ_i і ψ_i визначають пріоритетність рівнів (3). Дійсно, при визначенні значення $\varphi_i(x)$ (відповідно $\psi_i(x)$) ($x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$) насамперед враховуються елементи множини $\varphi_{1i}(x_1)$, потім $\varphi_{2i}(x_2)$ і т.д. до $\varphi_{ni}(x_n)$ (відповідно $\psi_{1i}(x_1), \psi_{2i}(x_2), \dots, \psi_{ni}(x_n)$).

Зберігаючи прийняту індексацію, ми будемо говорити, що рівень U_k є вищестоячому стосовно U'_k , якщо $k < k'(U_k > U'_k)$. Отже, можна говорити про упорядковану множину рівнів (3) системи $U : U_1 > U_2 > \dots > U_n$, взаємозв'язок яких як зверху вниз, так і знизу вверх характеризується функціями φ_{ij} й ψ_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) і не обмежується при цьому взаємодіями між сусідніми рівнями.

Стан x системи U будемо називати ідеальним (або рішення системи), якщо x є нерухомою крапкою багатозначного відображення φ , тобто $x \in \varphi(x)$. Якщо множина нерухомих крапок відображення φ не порожня ($F_{ix}\varphi \neq \emptyset$), то система U називається розв'язною.

Ієрархічна система потенційно управляема в стані X , коли існує таке управління $z \in \psi(x)$, що $z(x) \in \psi(z(x))$, і цілком управляема в стані x , якщо $\forall \omega \in \Omega \exists z \in \psi(x)$, то $z(\omega(x))$ – нерухома точка відображення φ .

У загальному випадку під управлінням ієрархічної системи можна розуміти кінцеву послідовність управлінь z_1, z_2, \dots, z_p , яка приводить стан X системи в стан x_p такий що $z_l(x) = x_l$, $z_l(x_{l-1}) = x_l$ ($l = 1, 2, \dots, h$).

Якщо ввести в розгляд функцію $f : Z \rightarrow R$ множини Z в множину дійсних чисел, то можна говорити, наприклад, про „вартість” управління і вирішувати задачу оптимального управління в ієрархічних системах.

Для розв'язання системи U необхідно, щоб ($F_{ix}\varphi_{11} \neq \emptyset$). Дійсно, якщо $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – нерухома крапка відображення φ , тоді $x_1 \in \varphi_{11}(x)$.

У силу визначення $\varphi_1(x) \cap \varphi_{11}(x_1) \neq \emptyset$ і $\varphi_1(x) \subseteq \varphi_{11}(x_1)$, отже $x_1 \in \varphi_{11}(x_1)$.

Нехай x_1, x_2, \dots, x_n є непустими компактними випуклими множинами x_1, x_2, \dots, x_n . Тоді для того, щоб ієрархічна система (1) була розв'язною, досить, щоб відображення (2) φ_{ki} ($1 \leq i, k \leq n$) були замкнутими і випуклими.

Дійсно, при цих умовах множина станів X ієрархічної системи є компактною випуклою множиною $x = \prod_{i=1}^n x_i$. У силу визначення відображень φ_j ($j = 1, 2, \dots, n$) для всіх $x \in X$ $\varphi_j(x)$

непустого і для кожного $j \exists_k : \varphi_j(x) = \bigcap_{i=1}^k \varphi_{ij}(x)$,

тому для усіх $\varphi_j(x)$ є замкнутим, випуклим як непусте перетинання випуклих множин. Тоді відображення $\varphi = \bigtriangleup_{j=1}^n \varphi_j$ буде задовольняти умовам замкнутості і компактності. І по теоремі

Какутані про нерухомі крапки маємо: $F_{ix}\varphi \neq \emptyset$.

Безумовно, у кожному випадку використовують: стандартизовану штапову оснастку; уніфікацію - використання блоків, пакетів і деталей штапів для різних типорозмірів і як висновок - застосовується високоточна вимірвальна техніка контролю, оскільки штампи є особливо точним інструментальним оснащенням [3].

Висновки

Представлені в статті алгоритми, автоматизованого синтезу структури і властивостей управління гнучкими виробничими системами, забезпечують зниження тимчасових і грошових витрат.

Список літературних джерел

- 1 Квасніков В.П., Коломієць Л.В., Клещов Г.М. та ін. Патент «Метод інтегрованої наскризної підготовки виробництва та виготовлення деталей штапів», № 48027 від 10.03.2010.
- 2 Месарович М., Такахара И. Общая теория систем: математические основы. - М.: Мир, 1978. - 311с.
- 3 Клещов Г. М. Математическая модель автоматизированной интегрированной системы подготовки производства штапов ХЛШ. Вісник, випуск № 29 Одеської державної академії будівництва та архітектури, частина 2, Одеса, 2008.