АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК 004.021 (045)

[1]**В. М. Синєглазов,** д-р техн. наук, проф.,
[2]**А. О. Титарчук,** д-р техн. наук

ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНИ

[1]Інститут аерокосмічних систем управління НАУ, e-mail: svm@nau.edu.ua
[2]Черкаський державний технологічний універсистет

Розроблено методику параметричного синтезу технологічної машини.

Ключові слова: математична модель, обмеження.

Вступ. Сучасне конструювання в умовах обмежених запасів сировини та енергії потребує знаходження раціонального компромісу між суперечними залежностями міцності, надійності,технологічним, техніко-економічними показниками конструкції є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оптимізаційні завдання пошуку раціонального компромісу між суперечними залежностями показників складних технічних систем досліджуються в численних працях [1 – 3]. У праці [1] запропоновано ефективний підхід до розв'язання багатокритеріальних задач структурної і параметричної оптимізації технічних об'єктів, який полягає в раціональному виборі ієрархічної структури складної конструкції за раціонального розподілення вимог до функціональних конструктивних елементів кожного ієрархічного рівня і раціонального компромісу суперечних показників.

Оптимізація параметрів технологічної машини має особливості, дослідження яких розглянемо в цій роботі.

Постановка завдання. Визначити оптимальні значення показників технологічної машини з умов раціонального компромісу вимог до міцності, надійності, витрат матеріалів, технологічності, техніко-економічної ефективності.

Основний зміст роботи. Для розроблення початкових вимог, технічного завдання показники техніко-економічної ефективності визначаються залежно від місця виробу в технологічному комплексі, вимог державних стандартів, правових документів. Економічну оцінку виробництва характеризує собівартість технологічної машини. Собівартість складається з витрат на дослідження, розроблення, випробування, підготовку виробництва, матеріали, оплату праці, електроенергію в процесі виробництва та ін.

Структура технологічної машини створюється у процесі розроблення її концептуальної моделі, яка визначається технологічним процесом перетворень предмета праці.

Задачу параметричного синтезу формують на етапі ескізного конструювання і знаходять способи її розв'язання; на етапі технічного проекту її уточнюють і розв'язують.

Математична модель оптимальної конструкції технологічної машини являє собою формалізований опис умов, які забезпечують виконання заданих функцій виробом, критеріїв якості, вимог до окремих параметрів тощо. Метою оптимізації може бути забезпечення максимальної продуктивності, мінімальної маси, максимального КПД, мінімальної вартості виготовлення, мінімальних витрат матеріалів, енергії тощо. Критерії оптимізації виражаються цільовими функціями, які являють собою математичні залежності їх значень від параметрів виробу. Параметри мають обмеження $x_i \pm \Delta x_i$, де x_i – параметр машини; Δx_i – абсолютне значення допустимого відхилення.

Функціональні обмеження на параметри машин являють собою умови їх залежностей:

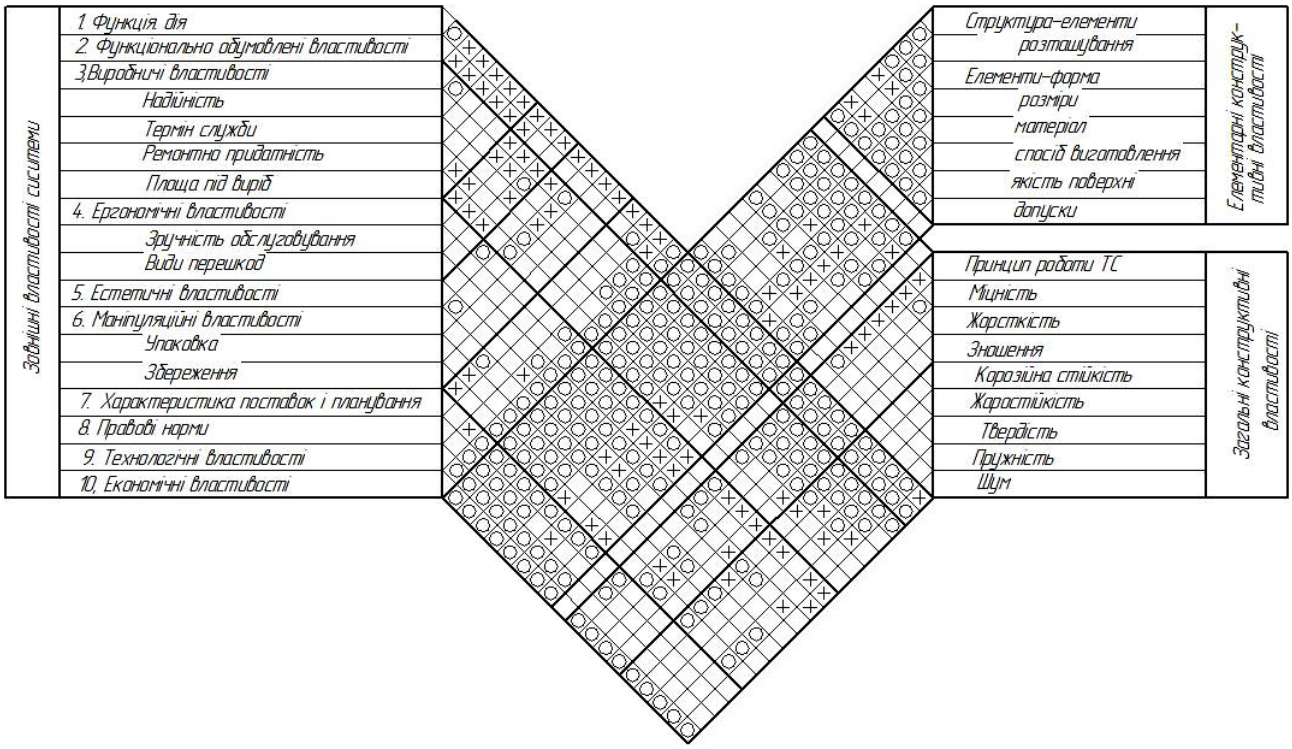
$$q_i(x) \le 0; \quad q_j(x) = 0; \quad q_k(x) > 0.$$

Це можуть бути умови міцності, жорсткості, терміну експлуатації. Шляхом з'ясування невизначеності цілей і умов здійснюється пошук раціонального компромісу протилежних вимог і раціонального розподілу вимог до показників складових ієрархічних рівнів структури технологічної машини. Вимоги містять суперечності, наприклад, мінімізація ваги виробу залежить від мінімізації ваги складових і водночас вони взаємопов'язані з іншими задачами оптимізації технічних характеристик – оптимізації міцності, надійності, довговічності конструкції.

Формулюючи задачі оптимізації, необхідно проаналізувати сумісність параметрів і функцій обмеження.

Необхідно знайти таке значення $x_i^* \in \Pi_k$, для якого $f(x_i^*) = \min f(x_i)$, де $x_i \in \Pi_k$; Π_k – простір конструювання.

Водночас брак досліджень зовнішніх та загальних конструктивних властивостей та їх складного характеру у взаємозв'язку не дозволяє створити математичну модель виробу в цілому (див. рисунок) [5].



Зв'язки між категоріями властивостей і конструктивними ознаками:
— – безпосередній зв'язок; + – непрямий зв'язок

Декомпозиція структури технологічної машини на підсистеми дозволяє розподілити процес конструювання на ряд взаємопов'язаних задач. Методологія системного проектування ґрунтується на таких основних положеннях оптимальності підсистем [4]:

1. У загальному випадку система, що складається з оптимальних елементів, не обов'язково буде оптимальною. Вона має оптимізуватись у цілому як цілісний об'єкт із заданим цільовим призначенням. Проте це не означає, що оптимізація підсистем не має сенсу.

2. Система повинна оптимізуватись за кількісно визначеним одним критерієм, що в математичній формі визначає мету оптимізації.

3. Оскільки система оптимізується в умовах кількісно визначених обмежень на параметри, що оптимізуються, то її оптимальність відносна, умовна.

4. Важливою проблемою є вибір системи критеріїв, які дозволяють для кожного рівня конструкторських задач, для кожного елемента підсистеми визначити такі параметри, які б забезпечили високу ефективність системи в цілому. При цьому необхідно керуватись *принципом оптимальності*: якщо підсистеми всіх рівнів оптимальні за критеріями, що відповідають системам більш високого рівня, то система оптимальна. Це означає, що для кожної підсистеми на кожній стадії конструювання можна визначати їм властиві критерії оцінки, проте всі вони не повинні суперечити один одному і відповідати загальним цілям конструювання ТМ-А.

Існують основні правила вибору критеріїв з урахуванням зв'язків між підсистемами:

1. Для вибору оптимальних критеріїв певного пристрою з фіксованими функціональними зв'язками необхідно, щоб ці критерії при його оптимізації були показниками якості систем більш високого рівня.

2. У випадку оптимізації пристроїв, що мають прямі функціональні зв'язки, необхідно, щоб ці пристрої були оптимальні за критерієм оцінки системи, функції якої вони виконують.

3. Для вибору оптимальних параметрів пристрою, що визначає ієрархічні функціональні зв'язки, критерієм має бути показник якості системи вищого рівня, який обмежує вплив цих параметрів.

4. Функціональні зв'язки – це зв'язки, що визначають можливість виконання ТМ-А їх функцій.

Відношення та зв'язки між властивостями зображено на рисунку, у виробі внутрішні елементарні конструктивні і технологічні властивості є визначальними для зовнішніх.

Якщо оптимізація підсистем можлива, то формалізація ТМ-А в цілому без досліджень між категоріями властивостей, між властивостями неможлива. Рішення щодо конструювання приймаються суб'єктивно, вони залежать від досвіду, інтуїції, знань конструктора. На всіх етапах створення конструкції розглядаються можливі варіанти конструкцій, з них обирають раціональний варіант.

Раціональний вибір – це одне з можливих розв'язань задачі множини Парето, задачі оптимізації за одним варіантом.

Розглянуті особливості та властивості параметричного синтезу ТМ-А орієнтують на використання інтелекту конструктора і можливостей сучасних інформаційних технологій для зберігання великих масивів даних, фізико-технічних знань, наданих експертам, допоміжної інформації за аналогами конструктивних рішень, довідково-аналітичними даними тощо.

Послідовність розв'язання задачі параметричного синтезу ТМ-А:

1. Декомпозиція морфологічної структури ТМ-А.
2. Декомпозиція функцій, вимог, обмежень ієрархічної структури ТМ-А.
3. Формування вимог, обмежень до функціональних елементів.
4. Оптимізація конструкцій функціональних елементів – виконавчих і допоміжних органів, передатних пристроїв, деталей елементарних конструктивних властивостей.
5. Формування залежностей технічної характеристики і властивостей ТМ-А від властивостей складових.
6. Ітераційний процес розв'язання задачі параметричного синтезу ТМ- А.

Наділення конструкції ТМ-А раціональними параметрами властивостей.

Висновки. Запропоновано розв'язання задачі параметричного синтезу технологічних машин на базі декомпозиції її морфологічної структури, що дозволило розподілити процесс

проектування на ряд взаємопов'язаних задач. Знаходження оптимальних параметрів розв'язується як задача багатокритеріальної оптимізації.

Список літератури

1. *Згуровский М. З.* Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К.: Наук. думка, 2005. – 743 с.
2. *Кіндрацький Б. І.* Раціональне проектування машинобудівельних конструкцій / Б. І. Кіндрацький. Г. Т. Сулим. – Л.: КІНПАТРІ ЛТД, 2003. – 280 с.
3. *Синєглазов В. М.* Оптимізація структури технологічної машини-автомата / В. М. Синєглазов, А. О. Титарчук. – К.: Нау-друк, 2005. – 360 с.
4. *Егер С. М.* Основи автоматизированного проектирования самолетов / С. М. Егер, Н. К. Лисейцев, О. С. Самойлович. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
5. *Хубка В.* Теория технических систем / В. Хубка; пер. с нем. – М.: Мир, 1987. – 208 с.

В. М.Синеглазов, А. А. Титарчук

Параметрический синтез технологической машины

Разработана методика параметрического синтеза технологической машины.

V. M. Sineglazov, A. A. Titarchuk

Parametric synthesis of technological machine

The technique of parametric synthesis of technological machine.