

В.Г. Неня, к.т.н., Н.О. Зінченко, аспірант (Сумський державний університет)

Методологія проектування відцентрових насосів

Представлена методика проектування відцентрових насосів. Насос розглядається як складна система, проектування виконується за схемою «згори-вниз» на основі матриці проектних завдань. Для проектування підсистем усіх ієрархічних рівнів запропоновано використовувати єдину методику і принцип «ланки, що замикається»

Ключові слова: насос, автоматизоване проектування, системний аналіз, прийняття рішень.

Представлена методика проектирования центробежных насосов. Насос рассматривается как сложная система, проектирование выполняется по схеме «сверху-вниз» на основе матрицы проектных заданий. Для проектирования подсистем всех иерархических уровней предложено использовать единую методику и принцип «замыкающего звена».

Ключевые слова: насос, автоматизированное проектирование, системный анализ, принятие решений.

The technique of designing of centrifugal pumps is considered. The pump is considered as complex system, designing is carried out under the scheme "from above-downwards". It is offered to use matrixes of decisions. For designing subsystems of all hierarchical levels it is offered to use a uniform technique. For reduction of iterative cycles it is offered to use a principle of "a closing part".

Keywords: pumps, automated design, systems analysis, decision-making.

Процес автоматизації проектування за допомогою технічних, алгоритмічних і програмних засобів обчислювальної техніки являє собою перетворення початкового опису об'єкта проектування в остаточний опис через ряд проміжних [1]. Необхідність проміжних описів обумовлена складністю об'єкта, що проектується. Складність насосного устаткування і процесу його проектування обумовлена не стільки великою кількістю складових (від декількох десятків до декількох тисяч, причому деякі з них можуть бути стандартними або покупними виробами із своїми сталими характеристиками), скільки складністю робочого процесу, пов'язаного з перетворенням одного виду енергії в іншу, наявністю елементів проточної частини складної геометричної форми. У зв'язку з цим актуальним є завдання функціонального проектування - вибору структури об'єкта і принципів дії елементів, що її складають.

Можливості сучасних методик проектування

У зв'язку з наведеним вище обґрунтуванням доцільно застосувати системний підхід, суть якого складається у перегляді усіх складових системи (явищ) з урахуванням їх взаємодії [1]. Через необ-

хідність введення в процес проектування проміжних описів, кожен з яких уточнює й конкретизує раніше отримані описи, виникає необхідність постановки й рішення конкретних часткових проектних завдань (ЧПЗ), рішення кожного з яких дозволяє реалізувати конкретні проектні процедури. Для оптимізації витрат на розробку системи, що проектується, її необхідно формувати з типових модулів, які реалізують типові проектні процедури ЧПЗ.

У роботі [2] запропоновано загальне і часткове завдання проектування, що представлене у вигляді матриці окремих проектних завдань. Дане подання відкриває можливості автоматизації процесу проектування. Однак воно має потребу в уточненні й розвитку стосовно до обліку специфіки насосного устаткування. Крім наведених вище особливостей слід зазначити наступне. Тенденція переходу від галузевого характеру насособудування по характеру виробництва і застосування до загальномашинобудівного по характеру виробництва реалізується із застосуванням блочно-модульного принципу проектування [3]. У зв'язку з цим на підприємствах і в проектних організаціях відбувається нагромад-

ження типових проектних рішень, раціональне застосування яких вимагає відповідного науково-методичного обґрунтування.

Постановка задачі

Розробити методологію проектування відцентрових насосів, яка дозволяє автоматизувати процес проектування, задовольняє вимогам блочно-модульного підходу до синтезу конструкції, дозволяє закінчити процес проектування обмеженою кількістю кроків, що є актуальним для розробки САПР.

Основні результати

Матриця проектних завдань [2] відображає розвиток процесу проектування в часі (по етапах проектних робіт) і розчленовування об'єкта усередині етапу. Розчленовування за часом пов'язано зі специфікою проектних робіт, що включають етапи функціонального (системного) проектування насоса, функціонального формування окремих пристроїв і вузлів, гідродинамічного та конструкторського проектування геометричних образів, проектування технологічних процесів обробки, макетного виконання, дослідних випробувань об'єктів всіх рівнів.

Розчленовування в рамках етапу проводиться за ознакою функціональної й частково конструкторської ієрархії структури об'єкта як з причини неоднорідності фі-

зичних принципів функціонування компонентів проекту, так і їхнього призначення. При цьому враховується різноманітність технологічних методів виготовлення, різноманіття означених показників і багато інших причин, що породжують необхідність розчленовування проекту на більш дрібні проектні завдання.

Основна перевага введеної матриці проектних завдань (таблиця) полягає у тому, що вона є конструктивною основою для розробки маршрутів проектування. Особливістю пропонованого способу побудови матриці проектних завдань полягає у тому, що вона містить конкретизацію по об'єктах проектування та зв'язками між типом і станом виконання проектних процедур.

Перед виконанням кожного з етапів автономно вирішуються ЧПЗ по вибору складу проектуваної підсистеми або вибір типу проектуваного елемента. У значній мірі ЧПЗ не формалізовані й визначаються на підставі досвіду проектувальника. Істотну допомогу при цьому можуть надати експертні системи, розробка яких є окремим важливим завданням. Суть вирішення етапів проектування полягає у виконанні процедур параметричного синтезу із застосуванням методів і програмних засобів оптимізації.

Алгоритм його реалізації, склад застосовуваних засобів проектування показано на рисунку. При виконанні цього етапу відбувається нагромадження у базі даних (БД) припустимих варіантів проектних рішень. Безпосередньо перед виходом виконується відбір з бази даних єдиного рішення особою, що приймає рішення за результатами порівняльного аналізу критеріїв (показників) якості.

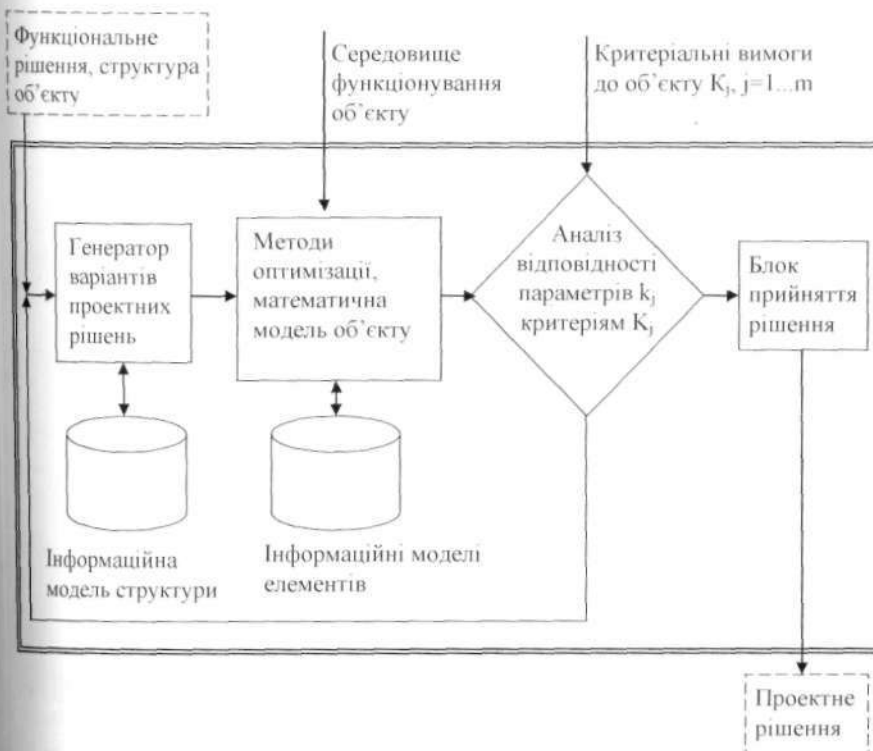
На перших етапах основне місце займають ЧПЗ, пов'язані з функціональним проектуванням насоса і його складових частин або вибором відповідних елементів з бази даних. На заключних етапах виконується конструкторське моделювання елементів конструкції насоса. Причому особливістю зв'язку функціонального й конструкторського аспектів полягає в тому, що моделі, які в них використовуються часто відносяться до різних деталей насоса. Так, елементи ущільнень, розвантажувальних пристроїв складаються як з елементів ротора, так і з елементів корпусних деталей. Тому проектування насосів неможливо виконувати без встановлення асоціативних зв'язків між функціональними й геометричними моделями елементів і вузлів насоса.

З цього робимо висновок, що системні функції керування про-

Таблиця. Матриця проектних завдань

Етап 1 (проектний)	
Елементи	Дії
Елемент1 Насос	Проектування
Елемент2 Двигун	Вибір із бази даних (БД)
Елемент3 Передача	Проектування
Елемент4 Рама	Відкладена
Етап 2 (проектний)	
Елементи	Дії
Елемент1.1 Підвід	Вибір із БД
Елемент1.2 Відвід	Проектування
Елемент1.3 Ступінь 1	Проектування
...	...
Елемент1.N2 Ступінь N	Вибір із БД
...	...
Етап i (конструкторський)	
Елементи	Дії
Елемент4 Рама	Проектування
Елемент1 Насос	Вибір із БД
Елемент2 Двигун	Вибір із БД
Елемент3 Передача	Вибір із БД

Вхід у блок синтезу



Вихід із блоку синтезу

Рисунок. Алгоритм рішення ЧПЗ

ектуванням складного об'єкта включають формування загальних технічних вимог до об'єкту, декомпозицію об'єкту і встановлення взаємозв'язків компонентів на рівні інформаційних моделей проектних завдань перед виконанням ЧПЗ і визначення частини критеріальних вимог до кожного компонента, актуалізацію інформаційних моделей відповідно до проектних даних у процесі виконання ЧПЗ.

Керування процесом проектування передбачає також етап прийняття проектного рішення при виході із кожного блоку синтезу. Причому, при дотриманні блочно-модульного принципу проектування у чистому вигляді цілком можливі випадки, коли жодна із запропонованих комбінацій блоків не дозволить задовольнити вимоги технічного завдання на проектування конкретної підсистеми, формування якої передбачається за результатами проектування на більш високому (попередньому) ієрархічному рівні.

У цьому випадку необхідне втручання у процес проектування осо-

би, яка виконує функції головного конструктора проекту або відповідас за проектування відповідної підсистеми з метою вибору «замикаючої ланки» («слабкого ланцюга») – елемента підсистеми, який більш за все піддається «управлінню», тобто на його характеристики можна впливати з найменшими зусиллями. Науково-методичною основою для цього є наукові дослідження численних параметричних дослідів у фізичних та розрахункових експериментах.

Обґрунтування можливості реалізації методології

Елементна база. Для цілого ряду насосних агрегатів (теплової та атомної енергетики, нафто- та водогонів міжрегіонального значення, тощо) відомі за результатами експериментальних досліджень баланси енергії. Розроблені програмні засоби макромодування робочого процесу, наприклад [4], дозволяють із прийнятною точністю їх відтворити і для усіх типових рядів насосів, що виробляються, побудувати баланси енергії з прийнятною точністю, а отже наповнити інформаційну і параметричну бази моделей елементів.

Генератор проектних рішень.

На вході до блоку синтезу проєктант визначає структуру підсистеми, що розроблюється, та набори елементів кожного типу, які можна використовувати у ній. Фактично будується морфологічна таблиця, за якою синтезується підсистема. На відміну від традиційного морфологічного аналізу, в якому проводиться аналіз лише «перспективних» варіантів, виконується аналіз усіх можливих.

Методи оптимізації та моделювання. Вони достатньо опрацьовані теоретично і практично, неодноразово перевірені. Особливість їх застосування полягає у їх узгодженні між собою та з інформаційними моделями елементів підсистеми, а також із інформаційною підсистемою прийняття рішення. По мірі переходу до проектування підсистем більш низьких ієрархічних рівнів використовуються більш детальні математичні моделі, тобто здійснюється перехід від метамodelей через макромоделі до мікромodelей.

Блок прийняття рішення.

Його теоретичною основою є теорія прийняття рішень. Це також достатньо розроблена теорія у її основних аспектах [5] і включена як складова у запропонованому підході до проектування насосного обладнання [6]. Однак є ряд

питань, які потребують свого вирішення.

По-перше, цей блок надзвичайно важливий, оскільки усі досягнення будуть зведені нанівець та ресурси будуть витрачені даремно, якщо особа, що приймає рішення, схибить. По-друге. Сама суть процесу проектування полягає у збільшенні інформації про об'єкт, що проєктується, на основі інформації технічного завдання. При цьому, як при проектуванні насосного агрегату, так і усіх його підсистем, не вдається повністю врахувати усі можливі фактори, а лише найсуттєвіші, а також наперед визначити усі можливі наслідки. Тобто ми маємо ситуацію, яку можна визначити як ефект невизначеності. Тому у блоці прийняття проектних рішень є проблема як оптимально або хоча б раціонально використати наявну інформацію. По-третє, невизначеність та багатоваріантність майбутньої конструкції насоса, та і довільної машини взагалі, передбачає необхідність використання різних співвідношень між параметрами. Не всі вони та їх вплив на параметри створюваного об'єкту перевірені та апробовані. Отже використання «загально прийнятих» значень у програмному забезпеченні є потенційною основою ризику. Це призводить до додаткового навантаження на блок, як у частині зведення ризику до мінімуму, так і у частині його доцільного введення з метою збільшення «загального ефекту».

І нарешті останнє. Робота насоса характеризується набором параметрів, таких як паспортні дані, зовнішні характеристики і ряд інших кількісних і якісних показників. З одного боку не всі їх можна визначити на різних етапах і стадіях проектування, а з іншого боку, не завжди їх можна об'єднати у одну цільову функцію, оскільки спроба покращити один параметр призводить до погіршення іншого. Необхідно знайти компроміс на основі обмежень для усіх параметрів і лише один використовувати для побудови функції мети в задачах оптимізації, тобто застосовується принцип головного критерію.

Для різних підсистем насосного агрегату та різних етапів проектування необхідно використовувати різні стратегії вибору проектних рішень. Для зменшення їх кількості запропоновано використовувати функції корисності [7], які будуються як степеневі функції від лінійних перетворень часткових

критеріїв оптимізації при їх нормуванні, чим досягається вимога забезпечення їх інваріантності до типу екстремуму.

При використанні якісних критеріїв у прийнятті рішень неможливо без перетворення якісної шкали у кількісну. При цьому перевагу одних чинників над іншими визначає особа, що приймає рішення, або це виконується на основі експертних оцінок, що вимагає кропіткої попередньої роботи.

Висновки

Методологія проектування об'єктів машинобудування за схемою «згори-вниз» на основі матриці проектних завдань задовольняє умовам автоматизованого проектування. Використовуються матриці проектних завдань, в яких один елемент виконує роль замикаючої ланки, що значно скорочує кількість ітераційних процедур для забезпечення вимог технічного завдання. Для проектування підсистем усіх ієрархічних рівнів, включаючи елементи найнижчого рівня, використовується єдина методика виконання проектних процедур за методом оптимізації.

Список літератури:

1. Норенков І.П. Основи автоматизованого проектування. – М.: МІТУ ім. Н.Е.Баумана, 2002. – 336 с.
2. Вермишев Ю.Х. Управление разработкой сложного объекта // Информационные технологии, 2005. – № 4. – С. 8-15.
3. Евтушенко А.А., Ржебаев Э.Е., Швиндин А.И., Шифрин М.И. Развитие насосостроения на Украине // Машинобудування України, 1995. – №1. – С.30-32.
4. Алексенко О.В., Неня В.Г. Построение функциональных блоков для макромодели центробежного насоса // Промислова гідроліка і пневматика. – Вінниця: Вид-во ВДАУ, 2004. – №4(6). – С.21-25.
5. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. /А.Н.Борисов, А.В.Алексеев, Г.В.Меркурьева. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
6. Захарченко В.П., Кошеленко Н.О., Неня В.Г. Приняття рішень при проектуванні насосів // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету. – Суми: Вид-во СумДУ, 2007. – Ч.2. – С. 99 - 100.
7. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребеннік І.В. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах / За ред. Е.Г.Петрова. – К.: Техніка, 2004. – 256 с.