

УДК 001.53

# СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТНИХ ПРОЦЕДУР

**В. В. Шендрик**Кандидат технічних наук, доцент\*  
Контактний тел.: 099-769-69-75**Н. О. Зінченко**Аспірант  
Кафедра гідроаеромеханіки\*\***І. В. Баранова**Кандидат технічних наук, доцент\*  
\*Кафедра комп'ютерних наук\*\*

\*\*Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, Суми, Україна, 40007

E-mail: opm@sumdu.edu.ua

*У доповіді розглядаються основні питання автоматизації проектних процедур при створенні технічного об'єкту. Запропоновано використання методології морфологічного синтезу та прийняття проектних рішень. Досліджені методи були використані в інформаційній системі*

*Ключові слова: структурний синтез, морфологічна матриця, прийняття рішень, інформаційна система*

*В докладе рассматриваются основные вопросы автоматизации проектных процедур при создании технического объекта. Предложено использование методологии морфологического синтеза и принятия проектных решений. Исследованные методы были использованы в информационной системе*

*Ключевые слова: структурная синтез, морфологическая матрица, принятие решений, информационная система*

## 1. Вступ

Проектування технічного об'єкта полягає у створенні, перетворенні та поданні у прийнятній формі образу цього об'єкта. Образ об'єкта або його складових частин може створюватися в уяві людини у результаті творчого процесу або автоматично генеруватися у відповідності з заданими алгоритмами чи моделями. Серед інформаційних технологій автоматизація проектування займає особливе місце. Сутність проектування полягає у прийнятті проектних рішень, які забезпечують виконання майбутнім об'єктом вимог, що до нього висувуються. Також треба враховувати, що проектування складних об'єктів ґрунтується на застосуванні ідей та принципів системного підходу.

Прийняття проектних рішень охоплює широке коло задач та процедур. У автоматизованому проектуванні на першому етапі відбувається синтез проектних рішень, а потім виконується верифікація (аналіз) проектних рішень. Задачі синтезу структури об'єкта відносяться до таких, що найбільш складно формалізуються. У ході структурного синтезу генеруються принципи рішення. Аналіз дозволяє отримати необхідну інформацію для цілеспрямованого виконання процедур синтезу в ітераційному процесі проектування. Постановка та методи рішення задач синтезу структури у зв'язку зі складністю формалізації не досягли узагальнення та деталізації, яка властива математичному забезпеченню процедур аналізу.

## 2. Прийняття проектних рішень

Існує декілька підходів для узагальненого опису задач прийняття проектних рішень у процесі структурного синтезу.

Задачу прийняття проектних рішень можна формалізувати наступним чином:

$$ЗПР = \langle A, K, \text{Мод}, P \rangle,$$

де  $A$  - множина альтернатив проектного рішення,

$K = (K_1, K_2, \dots, K_m)$  - множина критеріїв, за якими виконується оцінювання відповідності альтернатив тим цілям, які перед ними поставлені,

Мод:  $A \rightarrow K$  - модель, що дозволяє для кожної альтернативи розрахувати вектор критеріїв,

$P$  - вирішальне правило, що дозволяє обрати найбільш підходящу альтернативу у випадку багатокритеріальної ситуації.

Кожній альтернативі можна поставити у відповідність значення впорядкованої множини атрибутів, які характеризують її властивості [7].

Таким чином, прийняття рішення - це процес вибору і узгодження найкращого альтернативного варіанта досягнення поставленої мети. Отже, процес прийняття рішення полягає у виборі найбільш ефективного варіанта з безлічі альтернатив. Це діяльність, що здійснюється за певною технологією з використанням різних методів та технічних засобів. Схематично процес прийняття рішень можна розбити на декілька етапів (рис. 1)

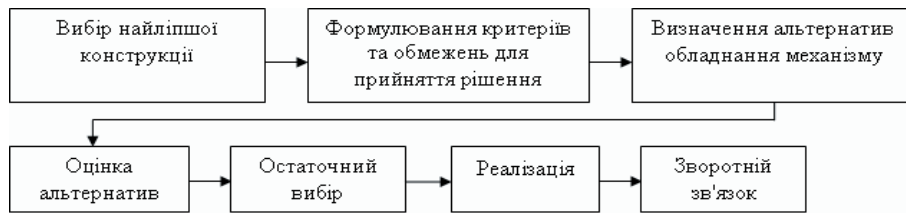


Рис. 1. Етапи прийняття рішення

Етап 1. Включає в себе опис альтернатив, встановлення мети та ідентифікацію критеріїв прийняття рішення.

Етап 2. Дуже важлива умова правильного формування альтернатив рішень і вибору найбільш кращої - визначення обмежень і формулювання критеріїв прийняття рішення.

Етап 3. Виявлення всіх можливих варіантів вирішення проблеми - «поле альтернатив». З цією метою нерідко використовують метод морфологічного синтезу (побудова морфологічних таблиць). Поглиблений аналіз важких проблем, необхідний для розробки декількох альтернатив, які дійсно відрізняються. В процесі розробки альтернатив з метою обмеження їх кількості необхідно враховувати наступні вимоги до них:

1) взаємовиключність альтернатив – впливає з визначення категорії «прийняття рішення» як акту вибору; однозначний вибір можливий лише за умови, коли альтернативи виключають одна одну;

2) забезпечення однакових умов опису альтернатив (аби забезпечити можливість порівняння альтернатив, їх необхідно описувати в одних і тих самих умовах: часових, ресурсних, зовнішніх обмежень тощо). Дотримання цієї вимоги має гарантувати однакові початкові умови для кожної альтернативи та врахування усього комплексу результатів їх реалізації.

Етап 4. Оцінка альтернатив. Включає визначення переваг та недоліків кожної з них і можливих наслідків її вибору.

Етап 5. Вибір альтернативи. Якщо попередні етапи розробки рішень виконані ретельно, альтернативні рішення зважені і оцінені, то вибір альтернативи здійснюється з найбільш сприятливими оцінками і наслідками.

Етап 6. Реалізація рішень. Реальна цінність рішення стає очевидною тільки після його здійснення. Відбувається порівняння альтернатив за очікуваними ефектами їх реалізації та вибір кращої альтернативи, ідентифікованих на першому етапі.

Етап 7. Контроль виконання рішення. Визначення відповідності фактичних і запланованих результатів [2,3].

### 3. Морфологічний синтез

На етапі визначення альтернатив застосовується, як один з найефективніших методів їх генерації, морфологічний синтез. Він дозволяє отримати нові рішення шляхом складання комбінацій елементів морфологічної моделі (матриці). Метод застосовується для генерації альтернатив рішень в умовах визначення

класу засобів для виконання заданих функцій, а також параметрів об'єкта.

Морфологічна матриця являє собою узагальнену структуру у вигляді множини функцій, що виконуються компонентами синтезованих об'єктів розглянутого класу, і підмножин способів їх реалізації.

Кожній функції можна поставити у відповідність один рядок таблиці, кожному способу її реалізації - одну клітинку в цьому рядку. Отже, у морфологічних таблицях елемент  $M_{ij}$  має значення  $j$ -го варіанту реалізації  $i$ -ї функції в класі технічних об'єктів, що описуються матрицею  $M$ .

Інакше кажучи, множини альтернатив можна представити у вигляді відношення  $M$ , що називається морфологічною таблицею:

$$M = \langle X, R \rangle,$$

де  $X$  - множина властивостей (характеристик або функцій), що властиві об'єктам розглянутого типу;  $n$  - число цих властивостей;  $R = \langle R_1, R_2, \dots, R_n \rangle$ ;  $R$  - множина значень (способів реалізації)  $i$ -ї властивості, потужність цієї множини далі позначена  $N_i$ . При цьому множина альтернатив  $A$  представлена композицією множин  $R$ , тобто кожна альтернатива включає по одному елементу (значенню) з кожного рядка морфологічної таблиці. Очевидно, що загальне число альтернатив  $k$ , представлених морфологічною таблицею, дорівнює

$$k = \prod_{i=1}^n N_i.$$

Таблиця  $M$  не містить відомостей про спосіб синтезу. Однак на базі  $M$  можлива побудова методів синтезу з елементами алгоритмізації. У таких методах вводиться метризація морфологічного простору. Морфологічний простір складає можливі закінчені структури, приймається, що відстань між структурами  $C_1$  і  $C_2$  є числом незбіжних елементів (кожна клітинка таблиці  $M$  є одним елементом). Тому можна говорити про околиці рішень. Далі виходячи з припущення про компактність «підходящих» рішень, що дозволяють замість повного перебору обмежуватися перебором у малій області поточної точки пошуку. Таким чином, гіпотеза про компактність і метризація простору рішень фактично приводять до побудови математичної моделі.

У формалізованому вигляді задача генерації множин альтернатив на морфологічній матриці та пошуку екстремуму має наступну постановку.

Нехай побудована морфологічна матриця розмірністю  $n$ . Найменуваннями рядків матриці є ознаки (функції і узагальнені функціональні елементи) технічної системи, позначені через  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Для кожної ознаки  $x_k$  ( $k=1, n$ ) визначено множину значень (альтернатив  $A_{qkk}$ ) конструктивних реалізацій функцій. Число варіантів, утворених морфологічною матрицею, визначається прямим добутком множин  $x = A_{q11} \times A_{q22} \times \dots \times A_{qkk}$  ( $k = 1, n; q = 1, n$ ).

Генерований варіант технічної системи представляє вибірку альтернатив по одній з кожного рядка матриці і в загальному вигляді записується наступним чином:  $\{Aq_{i1}, Aq_{i2}, \dots, Aq_{ik}\}$ . Тут  $Aq_{ii}$  - альтернатива  $i$ -ої функції при  $q=1,2, \dots, p_i$  ( $p_i$  - число альтернатив  $i$ -ої функції). Потрібно знайти підмножину варіантів, яким відповідає екстремальне значення цільової функції (і найбільш близьких до нього). Розмірність шуканої підмножини задається постановником завдання (або користувачем програмної системи) [4].

Решта варіантів оцінюються, порівнюються за встановленим критерієм. Вибирається найкращий варіант [5].

#### 4. Прийняття рішень в умовах невизначеності

Часто прийняття рішень доводиться виконувати при обмеженій інформації про стан проектного об'єкта. При цьому все більше зростають вимоги до усунення такого роду невизначеностей при прийнятті рішень.

У такому випадку пропонується використовувати складну структуру прийняття рішення. Введемо прямокутну систему координат, відкладаючи по осі абсцис значення результату рішення  $e_{i1}$ , які відповідають зовнішньому стану  $F_1$ , а по осі ординат - значення  $e_{i2}$ , що відповідають стану  $F_2$ ,  $i = 1, \dots, m$ . У цьому випадку кожен варіант рішення  $E_i$  відповідає точці  $(e_{i1}, e_{i2})$ ,  $i = 1, \dots, m$ , на площині

Отриманий прямокутник – це поле корисності рішень.

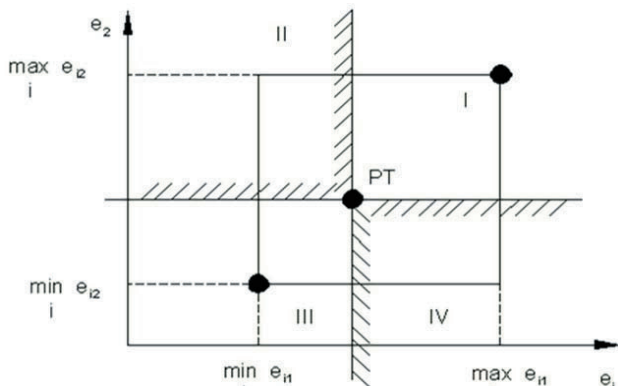


Рис. 2. Поле вибору рішень

#### 5. Інформаційна система автоматизації процесу виконання проектних процедур

Описану методологію рекомендується використовувати у інформаційній системі, що дозволяє автоматизувати процес виконання проектних процедур.

Інформаційна система повинна комбінувати блоки механізму і шукати найкращу конструкцію, яка задовольняє параметрам технічного завдання. Якщо така конструкція не знайдена, потрібно знайти такий запис, який близький до параметрів технічного завдання і вказати блок, який необхідно модернізувати. На наступному етапі обираються вже підблоки

для комбінування і вираховуються параметри, які повинна мати нова конструкція, щоб задовольняти вимоги технічного завдання. Аналогічно обирається оптимальна конструкція і якщо знову не знайдена комплектація, то процес повторюється для деталей, з яких складається підблок.

Тобто для отримання можливої оптимальної конструкції потрібно пройти від одного до трьох етапів. Якщо на якомусь етапі неможливо знайти запис більш-менш подібний до параметрів технічного завдання, то пошук припиняється і потрібно вказати вже інші можливі деталі для конструювання і повторити запит.

Матриця проектних завдань дає можливість впорядкування нагромадження типових проектних рішень. Основна її перевага полягає у тому, що вона є конструктивною основою для розробки маршрутів проектування.

Особливість пропонованого способу побудови матриці проектних завдань полягає у тому, що вона містить конкретизацію по об'єктах проектування та міжетапні зв'язки між типом і станом виконання проектних процедур [6].

За розробленими методиками та алгоритмами створена інформаційна система в Microsoft Access 2003, що використовує вбудовану мову програмування VBA.

Планується на основі вищезазначених викладах зробити удосконалення системи з частковим або повним прийняттям конструкторських рішень.

У інформаційній системі:

- БД складається з десяти таблиць, що містять дані про комплектуючі та їх характеристики (рис. 3);
- головна таблиця, де зберігаються результати виконання розрахунку морфологічної матриці та відфільтровані користувачем дані;
- запит на виведення найкращих варіантів конструкцій;
- запит на відбір тільки тих деталей форми, які вибрав користувач;
- форми для таблиць і головна форма, яка дозволяє вибирати різні таблиці для компонування;
- звіт.

№	Поле для вводу	Маса (кг)	КПД (%)	Цена (грн)	Параметр1 (Сумарумишні)	Параметр2 (Умножачи)
1	корпус1	250	99	200,00	0,2	0,5
2	корпус2	300	99,5	300,00	0,3	0,4
*	чепчик	0	0	0,00	0	0

Рис. 3. Результат створення форми

Початок роботи користувача з БД починається з основної форми, де знаходиться 10 полів зі списком, що дозволяють вибирати таблиці деталей для створення конструкції (рис. 4). Спочатку задаємо кількість таблиць, що означає скільки користувач обирає деталей для вибору параметрів. Характеристики кожного компоненту можна переглянути у відповідній таблиці або додати, якщо це необхідно (рис. 5).

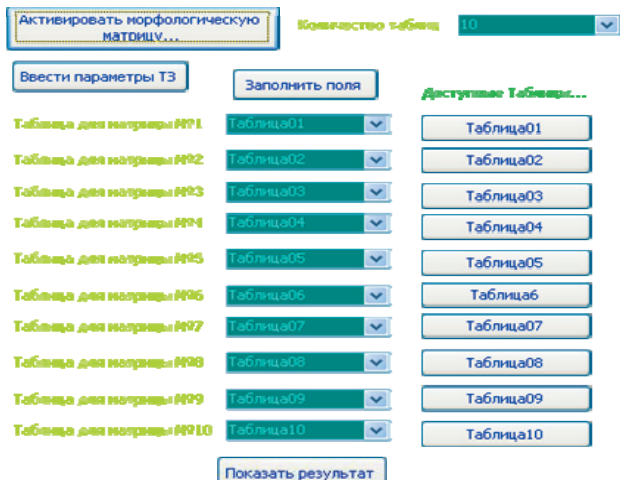


Рис. 4. Загальний вигляд Головної Форми



Рис. 5. Вибір деталей у відповідній таблиці

Потім ввести параметри технічного завдання (рис. 6).

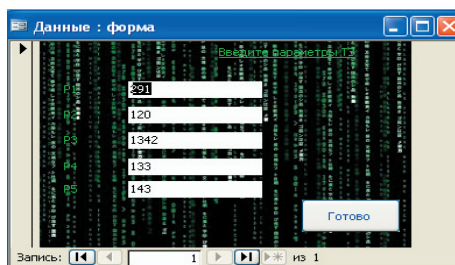


Рис. 6. Форма для вводу параметрів технічного завдання

Наступний крок - натиснути на кнопку «Активувати морфологічну матрицю» для комбінування всіх можливих варіантів конструкції і знаходження найкращих результатів (рис. 4).

Потім, після запиту показу даних буде відкрита форма, де буде показаний результат застосування морфологічної матриці.

Користувач може коригувати отримані результати найбільш оптимальних варіантів конструкції за допомогою поля «Вибір найкращих». Порядок виконання інформаційної системи схематично показаний на рис. 7.

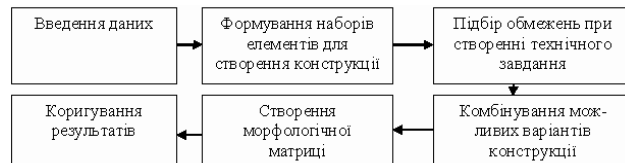


Рис. 7. Послідовність роботи з інформаційною системою з пошуку оптимальних рішень конструкції

## 6. Висновок

Процес прийняття рішень при проектуванні механізмів – це визначення оптимального варіанту конструкції з усього набору варіантів.

Першим етапом проектування конструкції є структурний синтез, який відбувається шляхом створення морфологічної матриці. Морфологічна матриця містить в собі набір можливих варіантів створення конструкцій.

Для проектування підсистем всіх ієрархічних рівнів, включаючи елементи низького рівня, використовується єдина методика виконання проектних процедур.

У випадках, коли неможливо однозначно прийняти рішення з вибору найкращої конструкції, застосовується методологія прийняття рішень в умовах невизначеності.

Запропонована інформаційна система виконує процедуру структурного синтезу конструкції шляхом морфологічного синтезу.

## Література

1. Колпаков, В. М. Теория и практика принятия управленческих решений [Текст] / В. М. Колпаков. - К., 2000.
2. Zwicky F. The morphological approach to discovery, invention, research and construction //New methods of thought and procedure.-Pasadena, 1967.- P.273-297.
3. Попов, А.Б. Морфологический анализ технических объектов. [Текст] / А.Б. Попов // Методическая разработка Минживмаш,- Люберцы, 1987.
4. Мартин, Дж. Планирование развития автоматизированных систем [Текст] / Дж. Мартин - М.: Финансы и статистика, 1984. - 196 с.
5. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 336с.

## Abstract

The designing of a technical object lies in the creation, transformation and representation of image of this object. In the computer-aided design, the first stage includes the synthesis of design decisions and their further verification (analysis).

*Statement and methods of solution of the problems of structure synthesis do not reach the generalization and specification, which are inherent to mathematical support of analysis procedures, due to the complexity of formalization. The decision-making lies in the selection and coordination of the most effective variant from a great number of alternatives. This is such type of activity that is carried out according to the specific technology using various methods and technical means. This process could be divided into several stages. At the stage of the alternative determination, the morphological synthesis is used as one of the most effective methods for their generation. The morphological matrix is a generalized structure represented as a set of functions performed by the components of the synthesized objects of this class, and by the subsets of ways of their realization. It is recommended to use the technology in the information system that permits to automate the execution of design procedures. The information system should combine the mechanism units and seek the best design that meets the requirements specification. The next stage is the definition of subunits for the combination and calculation of the parameters, required for the new design to meet the requirements specification. The optimal design is chosen similarly and if the packaging is not found, the process will be repeated for the details that make up the subunit*

**Keywords:** structural synthesis, morphological matrix, decision-making information system

**Розроблено 26-ГГц векторний аналізатор кіл з застосуванням електродинамічної моделі E-площинного хрестообразного діляника потужності. З використанням чисельних параметрів діляника калібрування аналізатора здійснюється як градування індикаторів потужності з застосуванням одного узгодженого навантаження. При дослідженні рухомих навантажень з КСХ<7 похибка вимірювання коефіцієнта відбиття встановлює 10%**

**Ключові слова:** векторний аналізатор кіл, рухоме навантаження, коефіцієнт відбиття

**Разработан 26-ГГц векторный анализатор цепей на основе электродинамической модели E-плоскостного крестообразного делителя мощности. При известных расчетных параметрах крестообразного делителя калибровка прибора сводится к градуировке индикаторов мощности на одну согласованную нагрузку. При исследовании скользящих нагрузок с КСВ<7 погрешность измерения комплексного коэффициента отражения не более 10%**

**Ключевые слова:** векторный анализатор цепей, подвижная нагрузка, коэффициент отражения

УДК 621.396.96

## 26-ГГЦ ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗАТОР ЦЕПЕЙ

**В. А. Карлов**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра прикладной и компьютерной  
радиофизики  
Днепропетровский национальный  
университет им. Олеса Гончара  
пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск,  
Украина, 49010  
Контактный тел.: 095-303-77-91  
E-mail: cdep@mail.dsu.dp.ua

### 1. Введение

Комплексный коэффициент отражения является одним из основных параметров антенно-фидерных устройств. В автоматизированных анализаторах цепей, которые реализуют метод калибруемого двенадцати-полюсника [1], параметры первичного преобразователя находятся экспериментально, с использованием набора (не менее четырех) эталонов комплексного коэффициента отражения (КО). В основе разработки конструкции и методик измерений данного класса приборов лежит теория цепей, что ограничивает их реализацию в коротковолновой части миллиметрового диапазона [2].

В статье рассматривается возможность разработки автоматизированных анализаторов комплексного коэффициента отражения на основе теории поля с ис-

пользованием простой конструкции крестообразного делителя мощности, который используется в первичном измерительном преобразователе, как многоплечая отсчетная неоднородность с известными расчетными параметрами [3].

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В отличие от автоматизированных анализаторов цепей, в которых используется согласованная конструкция "12-полюсного" измерительного преобразователя [4], разработан измеритель комплексного коэффициента отражения, который собран на основе четырехплечей неоднородности E-плоскостного волноводного крестообразного делителя мощности с ат-