

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 519.816

Гліненко Лариса

□□ “□□□□□□□□ □□□□□□□□□□”, кафедра конструювання
і технології виробництва радіоапаратури**ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ ЕВРИСТИЧНИХ ЗАДАЧ**

©Гліненко Лариса, 2000

**Розглянуто варіанти функціональних моделей технічних систем і
можливості їх застосування для моделювання евристичних задач.****Functional models of heuristic problems. Abstract. Kinds of functional models of
engineering systems and ways of their application to heuristic problems solving are
investigated.**

Функціональна модель довільної технічної системи (ТС) як багатовходового функціонального перетворювача з передавальною функцією A являє собою розгалужений граф, що складається з функціональних ланок, в межах яких здійснюються елементарні функціональні перетворення, векторна сума яких (з урахуванням затримки) дає передавальну функцію A . Кожна функціональна ланка здійснює одну функцію, яка, як можна довести, описується чотирма елементами: власне дією D , умовами U її виконання, носієм H і об'єктом O цієї дії [1]. Тоді функціональну модель системи можна зобразити розгалуженим ланцюжком у складі дій D і учасників H і O цих дій, причому деякі допоміжні дії спрямовані на забезпечення відповідних умов U виконання інших дій вищого рангу (рис. 1).

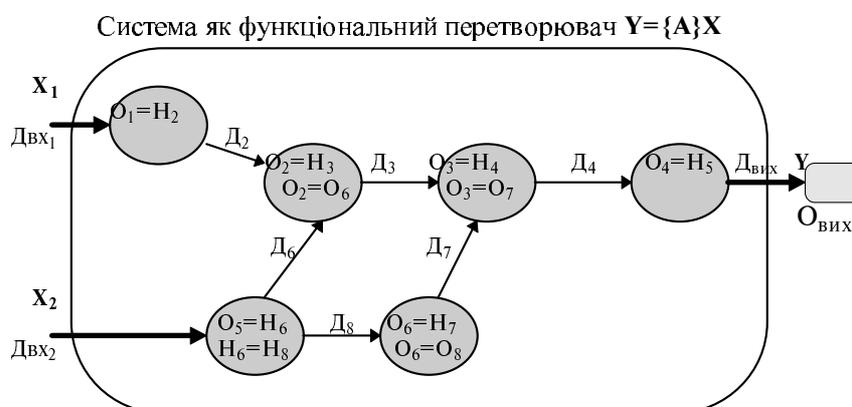


Рис. 1. Фрагмент функціональної моделі технічної системи.

При моделюванні системи у вигляді функціонального перетворювача типу “чорної скриньки” з передавальною функцією $Y=A\{X\}$, який реалізує переведення певної іншої

системи (об'єкта головної функції) зі стану X у стан Y за алгоритмом $Y=A\{X\}$, не існує обмежень на тип системи чи природу об'єкта головної функції. Останній може бути поданий як системою-об'єктом, так і системою-процесом, причому довільної фізичної природи. Для системи — об'єкта матеріальної природи — перетворення $Y=A\{X\}$ буде описувати зміну стану матеріального об'єкта в результаті взаємодії з нашою системою, де X відповідає станові об'єкта перетворення на вході у “чорну скриньку”, а Y — на її виході. Як впливає з правил функціональної та енергетичної повноти системи [2], модель мінімально життєздатного функціонального перетворювача, здатного здійснити перетворення $Y=A\{X\}$, буде складатися з об'єкта перетворення, дії з переведення в певних умовах цього об'єкта зі стану X у стан Y за алгоритмом $Y=A\{X\}$ та об'єкта — носія цієї дії. Така модель була запропонована Г.Альтшуллером [2], який дав їй назву *веполь*, а її елементам — відповідно *виробу* (об'єкт перетворення), *поля* (дія) і *інструменту* (носій дії). З позицій функціонального аналізу очевидно, що веполь — це стисле описання (модель) функції $\Phi=\{O, H, D, U\}$, яке піддається зручному графічному відображенню і елементи якого відповідають структурним елементам функції. Виріб B_1 веполь є об'єктом функції O , інструмент B_2 — її носієм H , дія D задається вербальним описанням у вигляді дієслова, природа дії відображається типом поля Π , а ступінь ефективності і характер (корисна/шкідлива) дії D в даних умовах U відображаються вербально або графічними позначками. Графічно веполь відображається “трикутником дії”, у вершинах якого знаходяться відповідно інструмент, поле і виріб (рис. 2), причому характер взаємодії між речовинами у веполі позначається видом лінії, яка з'єднує речовинні елементи веполь, а природа дії відображається природою поля Π (Π_{mag} — магнітне).

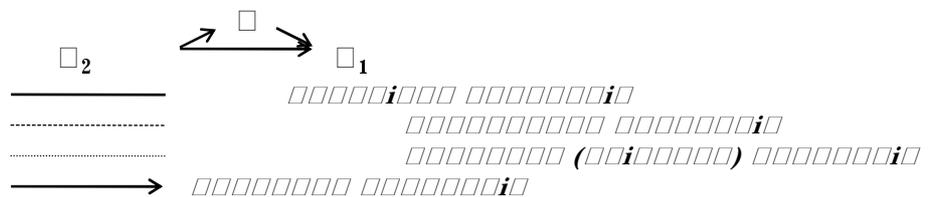


Рис. 2. Графічне зображення веполів.

Веполь моделює взаємодію довільної пари елементів ТС. Якщо хоча б одна з взаємодій цієї пари є незадовільною [1], то веполь становить *модель* задачі у вигляді *проблемної функції*. Якщо усунення проблемного характеру функції вимагає розв'язання фізичного протиріччя, то веполь стає моделлю *евристичної* задачі, розв'язують яку, змінюючи чи замінюючи один або декілька учасників проблемної функції. Вепольне моделювання стало основою методу вепольного аналізу, у якому функціональна ланка системи з проблемною функцією моделюється у вигляді веполь, який піддається стандартним перетворенням за певними правилами, що отримали назву правил вепольного аналізу, а надалі, в розвиненішому вигляді — стандартів на перетворення технічних систем [3]. Оскільки функціональна модель довільної системи складається з функціональних ланок, кожна з яких є мінімально життєздатним функціональним перетворювачем, то веполь буде являти собою мінімальну модель функціональної ланки системи, яка може бути подана у вигляді ланцюжка веполів (рис. 3). Таке подання в неявному вигляді використовує метод побудови функціональної схеми [1]. Інструментарій вепольного аналізу в явному вигляді

використовується у всіх пошукових методах на основі ТРВЗ (теорії розв'язання винахідницьких задач) [2] для розв'язання задач на усунення недоліків існуючих чи синтез нових ТС.

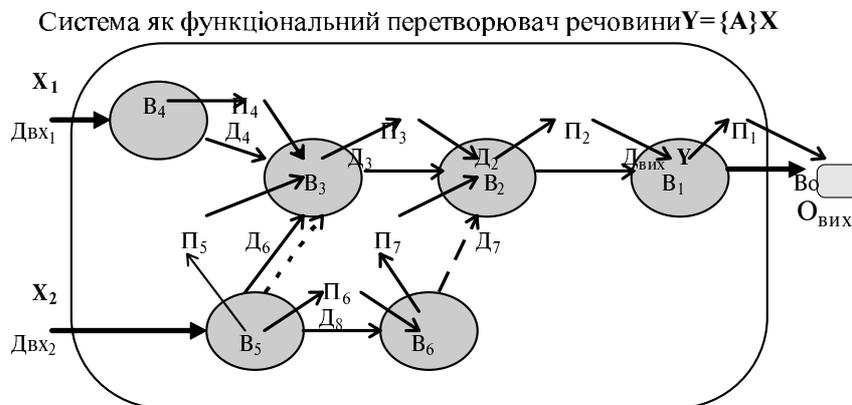


Рис. 3. Функціональна модель технічної системи у вигляді сукупності веполів.

З принципу взаємозв'язку системи з довкіллям і закону енергетичної повноти системи [2], який визнає наскрізне проходження енергетичного потоку в напрямку вхід-вихід невід'ємною умовою життєздатності технічної системи, впливає, що довільна система може розглядатися не лише як функціональний перетворювач стану певного матеріального (речовинного) об'єкта з передавальною функцією $Y_p = A\{X_p\}$, але і як перетворювач енергетичного потоку, який переводить вхідний енергетичний потік (поле на вході $\Pi_{ВХ}$) у репрезентований вихідний енергетичний потік (поле на виході $\Pi_{ВИХ}$) за алгоритмом $Y_{\Pi_{ВИХ}} = A\{X_{\Pi_{ВХ}}\}$. Це перетворення енергетичного потоку може бути або умовою здійснення головної функції ТС, або її реалізацією (для інформаційних систем). В останньому випадку поле на вході $\Pi_{ВХ}$ ідентичне вхідному сигналові $C_{ВХ}$, а поле на виході $\Pi_{ВИХ}$ – вихідному сигналові $C_{ВИХ}$. Функціональна модель ТС описуватиметься операторним рівнянням $Y_{\Pi_{ВИХ}} = A\{X_{\Pi_{ВХ}}\}$ або векторним функціональним рівнянням у вигляді векторної суми перетворень енергетичного потоку у межах одиничної функціональної ланки з врахуванням оператора затримки. Графічне зображення такої моделі майже не відрізнятиметься від оргграфу функцій узагальненої функціональної моделі (рис.1, 4). Модель такого типу отримала назву енергетичної або енергоінформаційної [4, 5] і широко використовується у методах розв'язання задач на синтез фізичного принципу дії та структури систем.

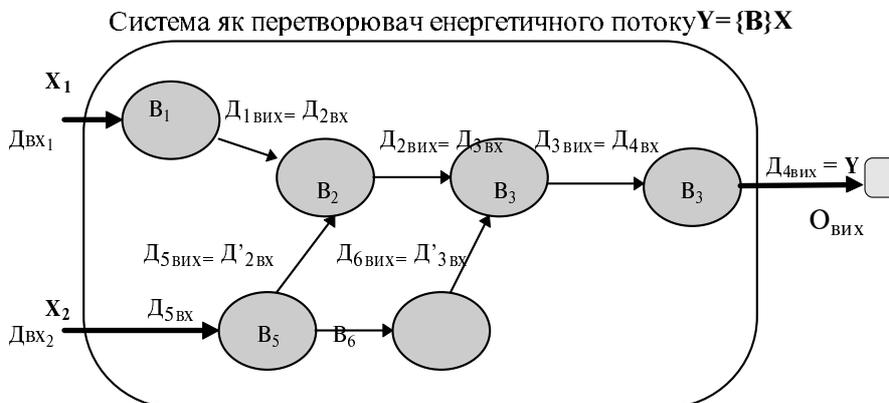


Рис. 4. Фрагмент енергоінформаційної моделі технічної системи.

З рис. 1, 3 і 4 очевидно, що функціональна модель системи може бути зображена не лише у вигляді векторної суми чи ланцюжка перетворень матеріальних елементів системи, але і у вигляді векторної суми функціональних перетворень чи ланцюжка дій. Можливість подвійного описання функціональної структури в межах збереження адекватності моделі впливає з постулату модельованості складних систем. Мінімальним фрагментом функціональної моделі у вигляді сукупності веполів вочевидь є один веполь, який є структурною моделлю функції. Мінімальним фрагментом функціональної моделі енергетичного типу буде, на наш погляд, триелементна ланка у складі потоку $\mathbf{P}_{\text{вх}}$ на вході в елемент \mathbf{V} , речовинного елемента \mathbf{V} і потоку $\mathbf{P}_{\text{вих}}$ на виході з \mathbf{V} з зазначенням стану і типу поля чи сигналу на вході і виході. Доведемо це.

Мінімальним фрагментом функціональної моделі може вважатися такий її фрагмент, який моделює виконання однієї елементарної функції. Оскільки довільна функція Φ однозначно визначається чотирма елементами: власне дією \mathbf{D} і умовами \mathbf{U} її виконання, а також носієм \mathbf{H} і об'єктом \mathbf{O} цієї дії [1], то мінімальний фрагмент функціональної моделі повинен містити ці ж чотири елементи. Об'єктом \mathbf{O} дії буде енергетичний потік на вході $\mathbf{P}_{\text{вх}}$, носієм \mathbf{H} цієї дії з перетворення енергетичного потоку буде виступати речовинний елемент \mathbf{V} системи, умови здійснення дії визначатимуться фізикою взаємодії $\mathbf{P}_{\text{вх}}$ і \mathbf{V} . Описання дії \mathbf{D} задається в даному випадку зміною стану енергетичного потоку в результаті взаємодії з речовинним елементом \mathbf{V} : $\mathbf{D} = \mathbf{P}_{\text{вих}} / \mathbf{P}_{\text{вх}}$. Співвідношення $\mathbf{P}_{\text{вих}} / \mathbf{P}_{\text{вх}}$ відповідає математичній моделі функції і репрезентує передавальну функцію речовинного елемента \mathbf{V} , яка дає мінімально можливе коректне описання дії без додаткового вербального її описання.

Виходячи з постулату модельованості і принципу фізичності, а також на основі вищенаведених міркувань можна стверджувати, що як вепольна, так і енергоінформаційна моделі є варіантами подання функціональної моделі системи, при створенні яких не порушується властивість цілісності системи. Оскільки характер взаємодії системи з довкіллям і процеси всередині системи задаються власною просторово-часовою метрикою системи, а способи її декомпозиції при побудові вепольної і енергоінформаційної моделі однакові, то можна говорити про принципову тотожність цих двох варіантів функціональної моделі. Різниця тут полягає у меті моделювання, яка зумовлюється характером задачі і об'єктом проблемної функції: у випадку вепольної моделі нас цікавить результат перетворення речовинного об'єкта під дією поля, а у випадку енергоінформаційної моделі – результат перетворення поля під дією речовини. Саме це зумовлює різницю у виборі мінімального функціонально повного компонента кожної з моделей. У першому випадку, для якого характерна речовинна природа об'єкта проблемної функції, таким мінімальним функціональним перетворювачем буде виступати класичний альтшуллерівський веполь у складі двох речовинних елементів \mathbf{V}_1 і \mathbf{V}_2 і одного польового \mathbf{P} . Такий класичний веполь ми пропонуємо назвати речовинним веполем. У випадку енергоінформаційної природи об'єкта проблемної функції системи роль мінімального функціонального перетворювача буде виконувати триелементна ланка у складі двох полів – на вході $\mathbf{P}_{\text{вх}}$ і на виході $\mathbf{P}_{\text{вих}}$ і однієї речовини \mathbf{V} . Такий мінімальний функціональний перетворювач енергетичного потоку ми пропонуємо назвати польовим веполем. При такому підході вимірвальні веполі [2] становитимуть окремий випадок польових веполів, що дає

змогу подолати суперечливість запропонованої Г.Альтшуллером системи стандартів [3]. В межах цієї системи мінімально життєздатним функціональним перетворювачем визнається виключно веполь з двох речовинних і одного польового елементів, що позбавляє сенсу існування запропоновані там же вимірювальні веполі, які моделюють вимірювальні задачі і складаються з двох польових і одного речовинного елементів. Причиною цього протиріччя є саме неврахування різного типу цих веполів: більшість стандартів і всі позначення [3] стосуються речовинних веполів, а вимірювальні веполі є польовими.

Якщо прийняти цю термінологію, то в межах польового веполя необхідно знайти місце для інструменту і виробу. Спираючись на розширене визначення виробу як об'єкта перетворення, а інструменту – як елемента, під дією якого це перетворення здійснюється, видається доцільним вважати виробом польового веполя енергетичний потік на вході $\Pi_{\text{вх}}$, інструментом – речовинний елемент \mathbf{B} , під дією якого здійснюється це перетворення, а характер цього перетворення описати передавальною функцією елемента \mathbf{B} у вигляді співвідношення $\Pi_{\text{вих}}/\Pi_{\text{вх}}$. Отже, речовинний веполь буде однозначно задаватися ланкою $\mathbf{B}_2 \rightarrow \Pi \rightarrow \mathbf{B}_1$, а польовий – ланкою $\Pi_{\text{вх}} \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow \Pi_{\text{вих}}$, з передавальною функцією $\Pi_{\text{вих}}/\Pi_{\text{вх}}$.

1. Гліненко Л.К., Смердов А.А., Вибойцик О.М. *Моделювання евристичних задач проектування*. Львів, 1997. 2. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. *Поиск новых идей: от озарения к технологии*. Кишинев, 1989. 3. Альтшуллер Г.С. *Стандарты на решение задач // Нить в лабиринте*. Петрозаводск, 1988. 4. Горяинов Л.Г. *Анализ энергетических цепочек как метод совершенствования технических систем // ТРИЗ*. 1990. 1, 2. С. 16–22. 5. Заритов М.Ф. и др. *Энерго-информационный метод научно-технического творчества*. М., 1988.

УДК 539.293.011.44

Закалик Любов, Красівський Ігор

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра конструювання
і технології виробництва радіоапаратури

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВНУТРІШНІХ МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ В БАГАТОШАРОВИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СТРУКТУРАХ

© Закалик Любов, Красівський Ігор, 2000

Багатошарові інтегральні структури широко використовуються в радіоелектронній апаратурі та іншій сучасній техніці. При виготовленні цих структур в процесі охолодження від температури нанесення шарів до нормальної (робочої) температури, а також при експлуатації в них виникають значні механічні напруження. В цій статті запропонований метод розрахунку напружено-деформованого стану інтегральних структур.

The multilayered integral structures find a wide use in radioelectronic apparatus and other contemporary engineering. Attached to making of these structures in chilling