

15. **Orlov O.O., Ivanyuk T.M.** *Prychyny ta dynamika potochnoyi khvyli vsykhannya dubovykh nasadzen* [Causes and dynamics of the current wave of drying oak plantations in Zhytomyr region] . Research Bulletin of National Agricultural University / Arboriculture. Ornamental Horticulture. – 2007. No.113. – P. 289-296. (in Ukrainian).

16. **Ohlyad** *rozpovsyudzhennya shkidnykiv ta khvorob u 2017 rotsi ta prohnoz yikh rozvytku na 2018 rik u lisovykh nasadzhennyakh Zhytomyrskoho OULMH* [Survey of pest and disease spread in 2017 and their forecast for 2018 in the forest plantations of Zhytomyr Oblast Plant Protection Plant] / SCLZP "Vinnitsa Forest Protection". – Vinnytsya, 2017. (in Ukrainian).

17. **Ohlyady** *rozpovsyudzhennya shkidnykiv ta khvorob ta prohnoz yikh rozvytku u lisovykh nasadzhennyakh Zhytomyrs'koho OULMH (2005-2016)* [Reviews of the distribution of pests and diseases and the forecast of their development in the forest plantations of Zhytomyr Oblast State Forest Research Institute (2005-2016)]. – Vinnytsya, 2005-2016. (in Ukrainian).

18. **Ohlyad** *rozpovsyudzhennya shkidnykiv ta khvorob u 2015 rotsi ta prohnoz yikh rozvytku na 2016 riku lisovykh nasadzhennyakh zony obsluhovuvannya DSLZP «Rivnelisozakhyst»* [Review of the distribution of pests and diseases in 2015, and their forecast for the year 2016 for the forest plantations of the RLPLZP " Rivne forest protection"]. – Sarny, 2015. – 84 p. (in Ukrainian).

UDC 630*23:504.73.05

Assoc. prof. I.D. Ivanyuk – Malinsky Forestry College; assoc. prof. T.M. Ivanyuk – Zhytomyr National Agroecological University

Oak diseases in the system of factors that reduce productivity

The data of researches of perennial phytopathological condition of oak plantations of the Right-bank Polissya of Ukraine are given. The dynamics of the centers of oak diseases common for the given region of Polissya is shown. It has been established that the centers of diseases are of local character and influence the oak stands only with their intense development which can be of a violent nature provided by the coincidence of unfavorable factors including the natural and climatic ones. The growth of the areas of the transverse oak cancer which is observed in the woods of Western Polissya and the decrease of the disease centers in oak plantations of Central Polissya was revealed. The tendency towards the growth of the centers of oak fungus in the period from 2006 to 2014 in Western Polissya and the reduction of area of the disease centers starting from 2013 up to now in the oak plantations of Central Polissya was traced. The centers of other oak diseases are recorded in isolated cases only in some forestries of the research region and are not systematic. Occasionally the cases of detection of downy mildew centers and oak tracheal mycosis are observed. A stable general tendency to reducing the areas of disease centers of oak plantations in the Right-Bank Polissya was found.

Keywords: centers of diseases, dynamics, transverse oak cancer, oak fungus, oak tracheal mycosis, oak downy mildew.

УДК 519.142

Доц. Б. Я. Бакай, канд. техн. наук – НЛТУ України

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ У МАШИНОБУДУВАННІ НА ОСНОВІ МЕТОДУ СТРУКТУРНИХ МАТРИЦЬ

Запропоновано використання методу структурних матриць для структурного уявлення і дослідження складних динамічних систем, що дозволяє шляхом специфічної форми запису матриці коефіцієнтів, не вдаючись до додаткових графічних зображень, зручно закласти основи для побудови системи будь-якої фізичної сутності у машинобудуванні. Наведений метод на основі запропонованого алгоритму і стандартизованої форми структурної матриці може бути застосований для розроблення структури не тільки інженерних систем. У перспективі, метод структурних матриць знайде широке застосування у дослідженні складних структур механічної інженерії та екосистем. Усі ці системи у галузевому машинобудуванні є складними системами, тому їх представлення на структурних матрицях, з відображенням прямих і зворотних зв'язків, дозволяє визначити цілий ряд неврахованих раніше взаємодій.

Ключові слова: складні системи; структурні матриці; машинобудування.

Вступ. Підвищення ефективності функціонування підприємств галузевого машинобудування є основним завданням галузевої науки. Однією з найбільш значущих сфер реалізації зазначеного завдання є методи синтезу ефективних технологій і оптимального управління виробничими процесами [1, 2]. В межах цієї царини мають місце певні наукові та виробничі проблеми, частина яких отримала своє відображення у галузевих виданнях, зокрема:

1. Проблема широкої низки машин і устаткування, що відрізняється за видами та типорозмірам. Це формулює питання про доцільність виробництва значної кількості типів машин і устаткування і складності раціонального вибору з цієї множини.

2. Проблема оптимального керування процесом виробництва та устаткуванням, що реалізують цей процес як еволюцію зміни стану предмета праці.

3. Проблема формування потокових ліній та розміщення виробництва кінцевого продукту і, відповідно, координат розміщення виробничо-переміщувальних функцій в просторі, що визначають вимоги до машин і устаткування. В рамках цієї проблеми йде пошук відповіді на основне питання – де виробляти кінцевий продукт.

Для вирішення наведених завдань особливого значення набуває розроблення теоретичних основ синтезу і оптимального керування технологічними процесами, які розглядаються як дискретно-безперервні зміни стану і положення предмету праці [2, 3]. Тому представлена робота розглядає проблему вдосконалення аналізу систем на підприємствах галузевого машинобудування для підвищення ефективності їх функціонування.

Актуальність досліджень. Розвиток виробничих систем в умовах динамічних змін залежить від прийнятих рішень у процесі проектування і управління виробництвом. Постійно зростаюча конкуренція вимагає від підприємств галузевого машинобудування безперервної організаційно-технічної перебудови з метою наближення існуючого виробництва до проектної потужності. Ця організаційно-технічна перебудова є постійним процесом адаптації з урахуванням технологічних інновацій виробничої системи [1-3].

Відомо, що науково-технічний прогрес характеризується розвитком складних систем, які на кожному етапі свого розвитку збільшують свою розмірність. До складу таких систем входять об'єкти самої різної природи. У зв'язку з використанням сучасної комп'ютерної техніки методи аналізу систем безперервно вдосконалюються і на даний час часу є велика кількість пакетів прикладних програм для проведення досліджень об'єктів і систем. Однак складність систем, їх велика розмірність, різноманітність об'єктів, що входять до них, складність самих об'єктів вимагають насамперед чіткого уявлення структури цих об'єктів і систем. Останнім часом вивченню цих систем приділяється велика увага в роботах різних авторів. При цьому дуже важливо, щоб структурні уявлення були переконливими, відображали принципи системної побудови, дозволяли розглядати в єдиному ключі складні системи на різних ієрархічних рівнях, а також полегшували перехід до математичних моделей систем для їх аналізу та подальшого дослідження на сучасній комп'ютерній техніці. Цій меті слугують різні методи, зокрема методи, розроблені на комбінації звичайних матриць, графів і структурних схем [4-5].

За результатом нарощування виробничих потужностей підприємств, промислове виробництво і пов'язані з ними системи стають дедалі складнішими. Це результат розширення функціональності, зростаючої інтеграції різних технічних дисциплін і організацій та змінних форм співпраці між різними компаніями. Моделювання може стати інструментом контролю зростаючої складності. Ускладнення будь-якої системи неминуче збільшує складність і взаємозв'язки, сумісність роботи і стійкість структури. Аналіз літературних джерел [2-5] та практичний досвід показав, що розмір і значення складних систем прямо пропорційні розміру можливих проблем і наслідків.

Постановка задачі. Термін “структура системи” дослідниками розглядається та трактується по-різному [1-3]. Одна її частина розглядає тільки сукупність зв'язків між елементами деякої множини, що утворює систему, інші – до поняття структури, крім зв'язків, відносять й самі елементи множини, що формують структуру. Кожен з методів представлення структури системи пройшов самостійний шлях розвитку і на різних етапах застосовувався для вирішення різноманітних задач. У даній роботі використовується друге поняття “структура системи”.

Для аналізу, структурно складну систему зазвичай представляють у вигляді різних математичних моделей, зокрема, структурних функцій їх станів, які відображають стан системи в залежності від станів її елементів і зв'язків між ними. Для побудови таких моделей існують різні методи, і, зокрема, метод матриці вузлових зв'язків.

У пропонованому алгоритмі побудови структурної функції станів структурно-складної системи елементи системи можуть перебувати у довільній кількості станів і описуватись за допомогою так званих логічних операторів, які відображають вихідний стан кожного елемента системи. Вхідні стани елемента відображають вихідні стани елементів системи, структурно пов'язаних з ним. Формування структурної матриці складної за своєю структурою системи виконується шляхом представлення кожного елемента системи у вигляді добутку елементарних систем (подій), структурно пов'язаних відповідним внутрішнім станом елемента, що призводить до отримання відповідних структурних функцій з багатьма станами елементів структурно складної системи.

Результати досліджень. До поняття структури відноситься сукупність всіх елементів, які формують дану систему і приймають участь в процесах досліджуваної системи. В поняття структури повинні входити всі зв'язки між елементами, за допомогою яких здійснюється взаємодія між ними. Зв'язки між елементами можуть бути постійними або змінними, зв'язки можуть формувати ланцюжки впливів або замкнуті контури. З комбінацій ланцюжків і контурів можуть утворюватися складніші залежності. За допомогою таких комбінацій формуються групи елементів, що володіють відносною автономністю. Такі групи можуть бути названі підсистемами. Вони являють собою більш високий ієрархічний рівень відносно елементів, які входять в їх склад.

У поняття структури системи повинні входити знаки зв'язків. Зміна навіть одного знаку зв'язку між елементами, що утворюють замкнутий ланцюжок, може перетворити систему з стійкої в принципово нестійку. Особливо чітко це простежується в контурах управління з зворотними зв'язками. Так, позитивний зворотний зв'язок зазвичай характеризує структурно нестійкий процес, що викликає на-

ростання або спадання вихідної величини. Негативний зворотний зв'язок характеризує структурно стійкий процес, який стабілізує значення вихідної величини при її випадкових відхиленнях від заданого значення.

Складною вважається система, поведінка якої містить прийняття рішення. В іншому випадку система вважається простою. Очевидно, що в даному випадку ознакою складності є наявність розгалужувального алгоритму процесу вирішення задачі.

Представлення структури будь-якої системи (або об'єкта, як системи) методом структурних матриць можемо виконати в кілька етапів за певним алгоритмом, причому на кожному наступному етапі уточнюватимемо структуру системи відносно досягнутих результатів на попередньому етапі. Такий алгоритм дає можливість одноконтурну матрицю в процесі деталізації перетворювати в багатоконтурну або виконувати завдання у зворотному порядку, відповідно до строго певного ітераційного процесу розроблення структури. Отже, такий підхід створює можливість розглядати такі системи як в класі простих, так і в класі складних систем.

Представлення систем за допомогою методу структурних матриць дає можливість запропонувати критерії складності, обумовлені безпосередньо їх структурою. Так, всі системи діляться на два чітко розділених між собою типи за такою важливою ознакою, як кількість замкнених контурів всередині ядра системи, тобто всередині квадратної частини матриці.

Можна запропонувати вважати системи, що представлені одноконтурними матрицями – простими, а багатоконтурними – складними. Для такої класифікації є досить вагомими підстави, зокрема:

– одноконтурні матриці являють собою найбільш елементарну структуру, де кожен елемент системи має один вхід і один вихід. Виняток становлять лише “перший” і “останній” елементи, тобто вхідний і вихідний елементи, які мають зв'язок із зовнішнім середовищем. Але на структуру власне системи, тобто на її ядро, це не впливає. Обчислення значень змінних за такою матрицею найбільш просто виконується за основною формулою структурних матриць шляхом визначення узагальнених коефіцієнтів передачі

$$K_{(n+m), k, l} = \frac{((n+m) \cdot k) \cdot \prod_{j=k}^{l-1} (j i) \prod_{j=l+1}^{k-1} (j j)}{\prod_{j=1}^n (j j) - \prod_{j=1}^n (j i)}, \quad (1)$$

де n – кількість змінних у лівій частині матриці; m – порядковий номер стовпця у правій частині матриці (вільних членів), $m = 1, 2, 3, \dots$; $n + m$ – перший індекс координати зовнішнього входу з правої частини; k – другий індекс координати зовнішнього входу з правої частини (стрічка входу зовнішньої дії); l – номер координати входу у лівій частині матриці (стрічка входу зовнішньої дії); j – перші індекси елементів матриці, $j = 1, \dots, n$; i – другі індекси елементів матриці $i = j + 1$; $n + 1 = 1$ – ознака замкнутості контуру (у лівій частині матриці);

– багатоконтурні матриці являють собою більш складні структури, і обчислення значень змінних за такою матрицею є більш складним завданням. Загальна формула (1) для визначення узагальненого коефіцієнта передачі може бути представлена як

$$K = \frac{\sum_m \sum_k \sum_s (\Pi(ji)\Pi(jj))}{\Pi(jj) - \sum_s (\Pi(ji)\Pi(jj))}, \quad (2)$$

де s – кількість контурів, що охоплюють всі елементи матриці (кількість варіантів входів).

Метод структурних матриць полягає в побудові орієнтованого графа на матричній сітці на основі розробленого алгоритму та прийнятих рішень. Позначення всіх вершин x_i винесемо наверх та розташуємо над відповідними стовпцями, а вершину x_0 виокремимо у стовпець вільних членів та розмістимо його з правої частини матриці. Для забезпечення дослідження динамічних систем, діагональні елементи матриці, повинні бути відмінні від одиниці, що має важливе значення. Тому, на головній діагоналі квадратної частини структурної матриці замість одиниць ставлять їх позначення, які прийняті в матричній формі, наприклад a_{jj} . Замість дуг, що з'єднують вершини, поставимо їх коефіцієнти зв'язків, наприклад позначення a_{ij} , що зображують взаємозв'язок між діагональними елементами. Особливу увагу необхідно звернути на знаки прямих і зворотних зв'язків на графі та матриці.

Для зручності проведення аналізу, на отриманому матричному зображенні доцільно виділити ті ж контури, які є на вихідному графі. Контури проводяться відповідно до напрямку стрілок або відповідно до індексів у вагових коефіцієнтів зв'язків a_{ij} . Таким чином, отримана структурна матриця повністю відображає граф (рис. 1), оскільки вона має цей же склад елементів і цей же склад зв'язків між елементами системи (вершини графа), і ті ж знаки зв'язків, що на графі. Отже, отримана матриця, повністю відображає структуру фізичної системи, зображеної графом.

Відповідно, на рис. 1, б, в, при зображенні динамічних систем на головній діагоналі структурних матриць розміщуються власні оператори a_{ii} (a_{11} , a_{22} , a_{33} , a_{44}) динамічних ланок цих систем, а нижче і вище головної діагоналі – оператори a_{ji} (a_{12} , a_{13} , $-a_{21}$, a_{23} , a_{34} , $-a_{42}$, $-a_{43}$) зв'язків між динамічними ланками. Оператори зв'язків розташовуються на перетині стовпця вихідного j -го і стрічки кінцевого i -го власного оператора. В цьому і полягає головна фізична сутність структурної матриці, яка є основою для подальшого розроблення структури складних систем в процесі їх дослідження.

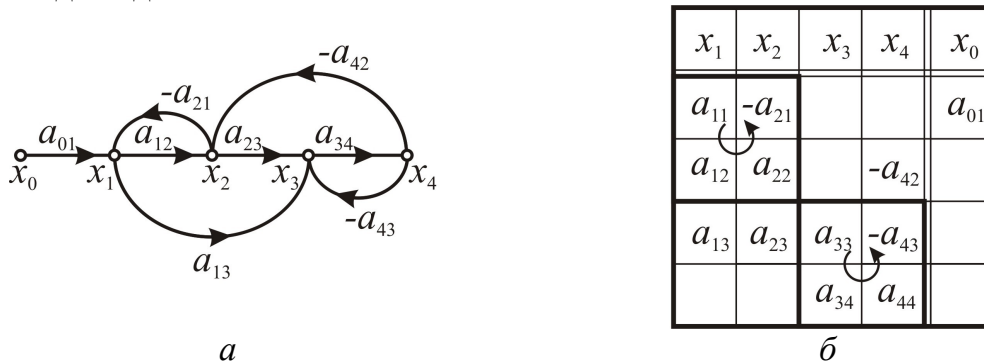


Рис. 1. Спосіб відтворення графа на матричній сітці:

а – початковий граф системи; б – структурна матриця з діагональними елементами та виділеними контурами

Однак структурні дослідження є лише першим кроком у вивченні систем.

Другим кроком повинні бути параметричні дослідження, які можуть бути проведені тільки після складання математичної моделі системи (наприклад, системи алгебраїчних або диференціальних рівнянь). Тому для аналізу і синтезу між структурою складної системи і її моделлю повинна бути відповідність. Відповідність, яку забезпечує найбільш простий перехід від структурного до метричного способу подання систем, дає метод структурних матриць.

Висновки. Структурні матриці, можуть слугувати аналітичним інструментом, який у значній мірі формалізує структури складних багатовимірних систем. Метод структурних матриць дозволяє шляхом специфічної форми запису коефіцієнтів матриці, не вдаючись до додаткових графічних зображень, аналізувати структуру динамічної системи.

Запропоновано алгоритм для розроблення структури складних систем, що отримав своє завершення у вигляді стандартизованої форми структурних матриць. Така форма представлення матриці значно прийнятніша для дослідника в процесі аналізу і синтезу структури виробничої системи. Цим самим зроблено крок до узагальнення формалізації розроблення структури складних багатоцільових та багатовимірних систем. Представлений метод на основі розробленого алгоритму і стандартизованої форми структурної матриці може бути застосований для розроблення структури не тільки технічних, а й техніко-організаційних систем. Метод структурних матриць знайде успішне застосування у дослідженні складних структур механічної інженерії та екосистем. Усі ці системи є складними системами, тому їх представлення на структурних матрицях, з відображенням прямих і зворотних зв'язків, дозволяє визначити цілий ряд неврахованих раніше взаємодій.

Література

1. **Field, F., Kirchain, R., and R. Roth.** Process Cost Modeling: Strategic Engineering and Economic Evaluation of Materials Technologies, *Journal of Metals*, 2007. – vol. 49, iss. 10. – P. 1543-1581.
2. **Kirchain, R. and Field, F.** Process-Based Cost Modeling: Understanding the Economics of Technical Decisions, in *Encyclopedia of Materials Science & Engineering*, Elsevier Science, 2000. vol. 2. – P. 1718-27.
3. **Timothy A. Davis, Sivasankaran Rajamanickam, and Wissam M. Sid-Lakhdar.** A survey of direct methods for sparse linear systems / *Acta Numerica*, v. 25, Cambridge University Press, 2016. – 383-566 pp.
4. **Shatihin L.G.** *Strukturnyye matritsy i ikh primeneniye dlya issledovaniya sistem* [Structural matrices and their application for the study of systems]. – М.: Mashinostroenie, 1991. – 256 p. (in Russian).
5. **Blinnikov V.I.** *Ispol'zovaniye strukturnykh matrits i obobshchennykh grafov pri vyyavlenii izobreteniy* [The use of structural matrices and generalized graphs in the detection of inventions]. – М.: VNIPI, 1991. – 59 p. (in Russian).

UDC 519.142

Assoc. prof. Borys Bakay – UNFU

Research of complex systems in machine building on the basis of structural matrix method

The use of the method of structural matrices for the structural representation and research of complex dynamic systems is proposed, which allows using the specific form of writing the matrix of coefficients, without resorting to additional graphic images, it is convenient to lay the foundations for

building a system of any physical essence in mechanical engineering. The given method on the basis of the proposed algorithm and the standardized form of the structural matrix can be used to develop the structure of not only engineering systems. In the long term, the method of structural matrices will be widely used in the study of complex structures of mechanical engineering of those ecosystems. All these systems in sectoral engineering are complex systems, so their representation on structural matrices, with the reflection of direct and feedback, allows us to determine a number of unconsidered interactions before.

Keywords: complex systems; structural matrices; mechanical engineering.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ СТАТЕЙ

Під час підготовки статей для міжвідомчого науково-технічного збірника "Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість" радимо авторам дотримуватись таких рекомендацій.

Текст статті обсягом 5-20 сторінок необхідно подавати англійською мовою, друкувати на папері формату А4 за допомогою комп'ютера у редакторі MS Word (шрифт – Times New Roman, розмір – 14 points, рядки – через 1.5 інтервали, поля – 2 см по периметру) без присвоєння жодних стилів і оформляти в такій послідовності. На початку статті **ОБОВ'ЯЗКОВО** проставляється індекс УДК, в заголовку вказуються: вчене звання, ініціали і прізвище автора (або авторів), науковий ступінь, скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація (500 знаків) та ключові слова. Далі – українською мовою: ініціали і прізвище автора (або авторів), скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація та ключові слова.

У наступних роках запрошує до спілкування працівників лісового і деревообробного комплексу, співробітників середньо-технічних, вищих навчальних і науково-дослідних закладів, науковців з-за кордону.

Статті здавати доц. С.В. Гайді, корп. №2, вул. Залізняка 11, 2 пов., каб. 22а;

тел. роб. 238-45-04; моб. 067-79-12-522;

e-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua; e-mail: vmmax@ukr.net;

e-mail: f-wood-ind@ukr.net

[http:// forest-woodworking.nltu.lviv.ua](http://forest-woodworking.nltu.lviv.ua)