

**Ничай І.М.**

Національний університет  
біоресурсів і  
природокористування  
України,  
м. Київ, Україна

**E-mail:**

[nichay@nubip.edu.ua](mailto:nichay@nubip.edu.ua)

**БАГАТОАТРИБУТИВНА ДЕКОМПОЗИЦІЯ  
НЕОБХІДНОГО РІВНЯ  
МАШИНОВИКОРИСТАННЯ  
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

[https://doi. 10.5281/zenodo.15427909](https://doi.org/10.5281/zenodo.15427909)

УДК 629.4

*Ничай І.М. Багатоатрибутивна декомпозиція необхідного рівня машиновикористання зернозбиральних комбайнів.*

**Анотація.** У багатоатрибутивну декомпозицію включається декомпозиція компонентна, функціональна, декомпозиція за атрибутом тип компонента і декомпозиція за атрибутом явище, яке виникає в системі машиновикористання зернозбиральних комбайнів. Функціональна декомпозиція важлива, оскільки дослідження системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів має обмежуватися розглядом надійності окремих модулів. Розгляд має охоплювати систему цілком. Надійність роботи системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів визначається поєднанням надійності роботи окремих її елементів. Виникає питання характері цього поєднання. Зазвичай, одна система машиновикористання зернозбиральних комбайнів виконує кілька функцій. Поряд із функцією контролю параметрів об'єкта машиновикористання зернозбиральних комбайнів може виконувати й інші функції. Для визначення надійності системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів необхідно визначати, які елементи беруть участь у виконанні якихось функцій. Врахування показників важливості модулів системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів дозволяє, по-перше, модифікувати порядок резервування модулів, забезпечивши більш високу надійність важливих функцій, а по-друге, отримати більш точну оцінку ймовірності безвідмовної роботи, виводячи дані про безвідмовність не тільки всієї системи, а й окремо головної функції. Ця методика забезпечує підвищення безвідмовності обраних функцій системи, але з цим показником для формування системи слід враховувати й інші параметри, зокрема, небезпека відмов.

**Ключові слова:** комбайн, машиновикористання, методика, декомпозиція.

*Nichay I.M. Multi-attribute decomposition of required level of machine utilization of combine harvesters.*

**Abstract.** Multi-attribute decomposition includes component decomposition, functional decomposition, decomposition by the attribute of the type of component and decomposition by the attribute of the phenomenon that occurs in the system of machine utilization of combine harvesters. Functional decomposition is important, since the study of the system of machine utilization of combine harvesters should be limited to considering the reliability of individual modules. The consideration should cover the system as a whole. The reliability of the system of machine utilization of combine harvesters is determined by the combination of the reliability of its individual elements. The question arises of the nature of this combination. Usually, one system of machine utilization of combine harvesters performs several functions.

*Along with the function of controlling the parameters of the object of machine utilization of combine harvesters, it can also perform other functions. To determine the reliability of the system of machine utilization of combine harvesters, it is necessary to determine which elements participate in the performance of certain functions. Taking into account the indicators of the importance of the modules of the machine utilization system of grain harvesters allows, firstly, to modify the order of module reservation, ensuring higher reliability of important functions, and secondly, to obtain a more accurate assessment of the probability of failure-free operation, deriving data on the failure-free operation not only of the entire system, but also of the main function separately. This technique provides an increase in the failure-free operation of selected system functions, but with this indicator, other parameters should also be taken into account for the formation of the system, in particular, the risk of failures.*

**Key words:** combine harvester, machine use, methodology, decomposition.

### **Постановка проблеми**

Для забезпечення необхідного рівня машиновикористання зернозбиральних комбайнів слід використовувати методику багатоатрибутивної декомпозиції, тобто декомпозиції різних атрибутів [1].

У багатоатрибутивну декомпозицію включається декомпозиція компонентна, функціональна, декомпозиція за атрибутом тип компонента і декомпозиція за атрибутом явище, яке виникає в системі машиновикористання зернозбиральних комбайнів. Функціональна декомпозиція важлива, оскільки дослідження системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів має обмежуватися розглядом надійності окремих модулів. Розгляд має охоплювати систему цілком [2].

Надійність роботи системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів визначається поєднанням надійності роботи окремих її елементів. Виникає питання характері цього поєднання. Зазвичай, одна система машиновикористання зернозбиральних комбайнів виконує кілька функцій. Поряд із функцією контролю параметрів об'єкта машиновикористання зернозбиральних комбайнів може виконувати й інші функції. Для визначення надійності системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів необхідно визначати, які елементи беруть участь у виконанні якихось функцій [3].

Необхідно визначати послідовності елементів, що виконують ту чи іншу функціональну задачу. Ця процедура поділу наявної системи на підсистеми та компоненти називається декомпозицією [4].

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Декомпозиція як процес розчленування дозволяє розглядати будь-яку систему, що досліджується, як складну, що складається з окремих взаємопов'язаних підсистем, які, у свою чергу, також можуть бути розчленовані на частини [5]. У разі декомпозиції кожне розчленування утворює свій рівень (рис. 1).

Вихідна система розташовується на нульовому рівні [6]. Після її розчленування виходять підсистеми першого рівня [7]. Розчленування цих підсистем чи деяких їх призводить до появи підсистем другого рівня тощо.

Спрощене графічне уявлення декомпонованої системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів називається її ієрархічною структурою [8].

Ієрархічна структура може бути зображена у вигляді схеми, що гілкується, на кшталт представленої на рисунку 1. Тут на нульовому рівні розташовується вихідна

система, на наступних рівнях – її підсистеми (кількість рівнів і кількість підсистем, показаних на рисунку, вибрано довільно) [9]. З метою отримання більш повного уявлення про систему машиновикористання зернозбиральних комбайнів та її зв'язки до структури включають надсистему та складові її частини (системи нульового рівня, наприклад, друга система [10]).

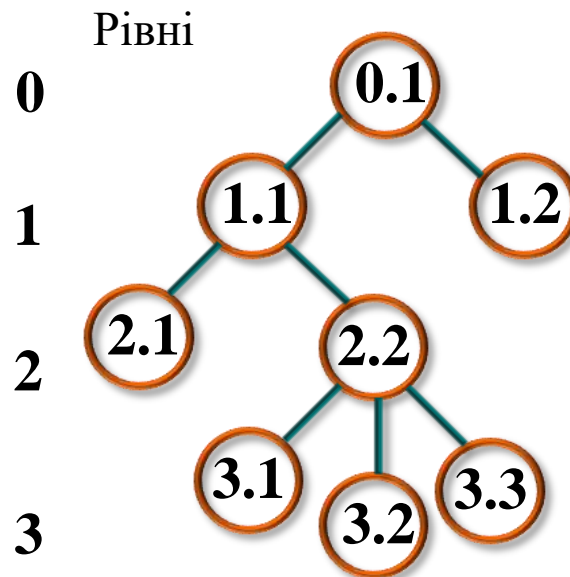


Рис. 1. Приклад ієрархічної структури.

Загальний підхід вирішення проблем може бути представлений як цикл [11]. При цьому в процесі функціонування реальної системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів виявляється проблема практики як невідповідність існуючого стану справ необхідному [12]. Для вирішення проблеми проводиться системне дослідження (декомпозиція, аналіз та синтез) системи, що знімає проблему. У ході синтезу здійснюється оцінка аналізованої та синтезованої систем машиновикористання зернозбиральних комбайнів [13]. Реалізація синтезованої системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів у вигляді пропонованої фізичної системи дозволяє провести оцінку ступеня зняття проблеми практики та ухвалити рішення на функціонування модернізованої (нової) реальної системи [14].

За такої думки стає очевидним ще один аспект визначення системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів: система є засіб вирішення проблем.

### Формулювання мети досліджень

Метою дослідження є методичне обґрунтування та практичне дослідження багатоатрибутивної декомпозиції необхідного рівня машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

### Методичний підхід в проведенні досліджень

Основні завдання системного аналізу машиновикористання зернозбиральних комбайнів можуть бути у вигляді трирівневого дерева функцій (рис. 2).

На етапі декомпозиції, що забезпечує загальне уявлення системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів, здійснюються визначення та

декомпозиція загальної мети дослідження та основної функції системи як обмеження траєкторії у просторі станів системи або в області допустимих ситуацій [15]. Найчастіше декомпозиція проводиться шляхом побудови дерева цілей та дерева функцій [16].



Рис. 2. Основні завдання системного аналізу машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

Глибина декомпозиції обмежується. Декомпозиція повинна припинитись, якщо необхідно змінити рівень абстракції – подати елемент як підсистему. Якщо декомпозиції з'ясується, що модель починає описувати внутрішній алгоритм функціонування елемента замість закону його функціонування у вигляді чорної скриньки, то в цьому випадку відбулася зміна рівня абстракції. Це означає вихід межі мети дослідження системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів і, отже, викликає припинення декомпозиції.

Декомпозиція за компонентами виділяє окремі складові машиновикористання зернозбиральних комбайнів – її модулі.

У випадку компонент не є принципово неподільним. Таким чином, постає завдання постановки межі декомпозиції. Декомпозиція обмежується шляхом встановлення ознаки виділення. Ознака виділення окремих компонентів – сильний зв'язок між їхніми деталями за одним із типів відносин (зв'язків), що існують у системі машиновикористання зернозбиральних комбайнів (інформаційних, логічних, ієрархічних, енергетичних тощо). Силу зв'язку, наприклад, за інформацією можна

оцінити коефіцієнтом інформаційного взаємозв'язку  $k = N/N_0$ , де  $N$  - кількість інформаційних масивів, що взаємовикористовуються,  $N_0$  - загальна кількість інформаційних масивів. Для опису всієї системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів має бути побудована складова модель, що поєднує всі окремі моделі. Рекомендується використовувати розкладання на підсистеми лише тоді, коли такий поділ на основні частини системи не змінюється. Нестабільність границь підсистем швидко знецінить як окремі моделі, і їх об'єднання.

Тобто межі окремих компонентів задаватимуться зв'язками між їхніми частинами.

Функціональна декомпозиція виходить з аналізу функцій системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів. При цьому порушується питання, що робить система машиновикористання зернозбиральних комбайнів, незалежно від того, як вона працює. Підставою розбиття на функціональні підсистеми є спільність функцій, виконуваних групами елементів.

У базовому методі передбачається декомпозиція рівня одиничних резервованих функціональних модулів.

Запропонована глибина декомпозиції машиновикористання зернозбиральних комбайнів обмежується рівнем функціональних послідовностей. Дані послідовності є безліччю модулів, чия працездатність необхідна для виконання певної функції системи.

І кожна така послідовність, забезпечуючи виконання своєї частини загальної функції системи, вносить свою частку  $W_n$  до загального кінцевого продукту  $W$ .

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad (1)$$

Отже, дослідження можливих станів послідовностей показує, наскільки повно виконується функція системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

Задля більшої виконання виявлених функцій застосовуються методи підвищення надійності. Показником, що визначає здатність технічного пристрою, споруди, засоби чи системи виконувати основні свої функції, незважаючи на отримані ушкодження, є живучість. Це властивість системи, що полягає у її здатності протистояти великим обуренням поза, встановленими їхнього штатного функціонування, не допускаючи подальшого каскадного розвитку аварійних і катастрофічних ситуацій. Жива система при виникненні відмови у певній послідовності елементів продовжує виконувати відповідну функцію. Збереження функціональних можливостей системи забезпечується широкою розгалуженістю її первинної мережі, організацією обхідних напрямів та резервних каналів зв'язку, використанням резервних засобів.

До кожної окремої послідовності функції належать елементи, при несправності яких виконання порушується. У цьому зовсім не обов'язково, щоб ці елементи розташовувалися послідовно у структурі передачі.

У першу чергу функцією системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів управління технологічного процесу можна назвати отримання будь-якого матеріального результату, вихідного продукту, але також функцією машиновикористання зернозбиральних комбайнів може бути контроль над певним параметром, отримання інформації. Отже, кількість виконуваних машиновикористання зернозбиральних комбайнів функцій визначається сумою кількості виходів та кількості елементів, що виконують контроль параметрів.

З погляду наслідків відмови важливішою є функція управління технологічним процесом. Функція контролю процесу менш важливою.

З огляду на це змінюється підхід до визначення надійних показників системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів загалом.

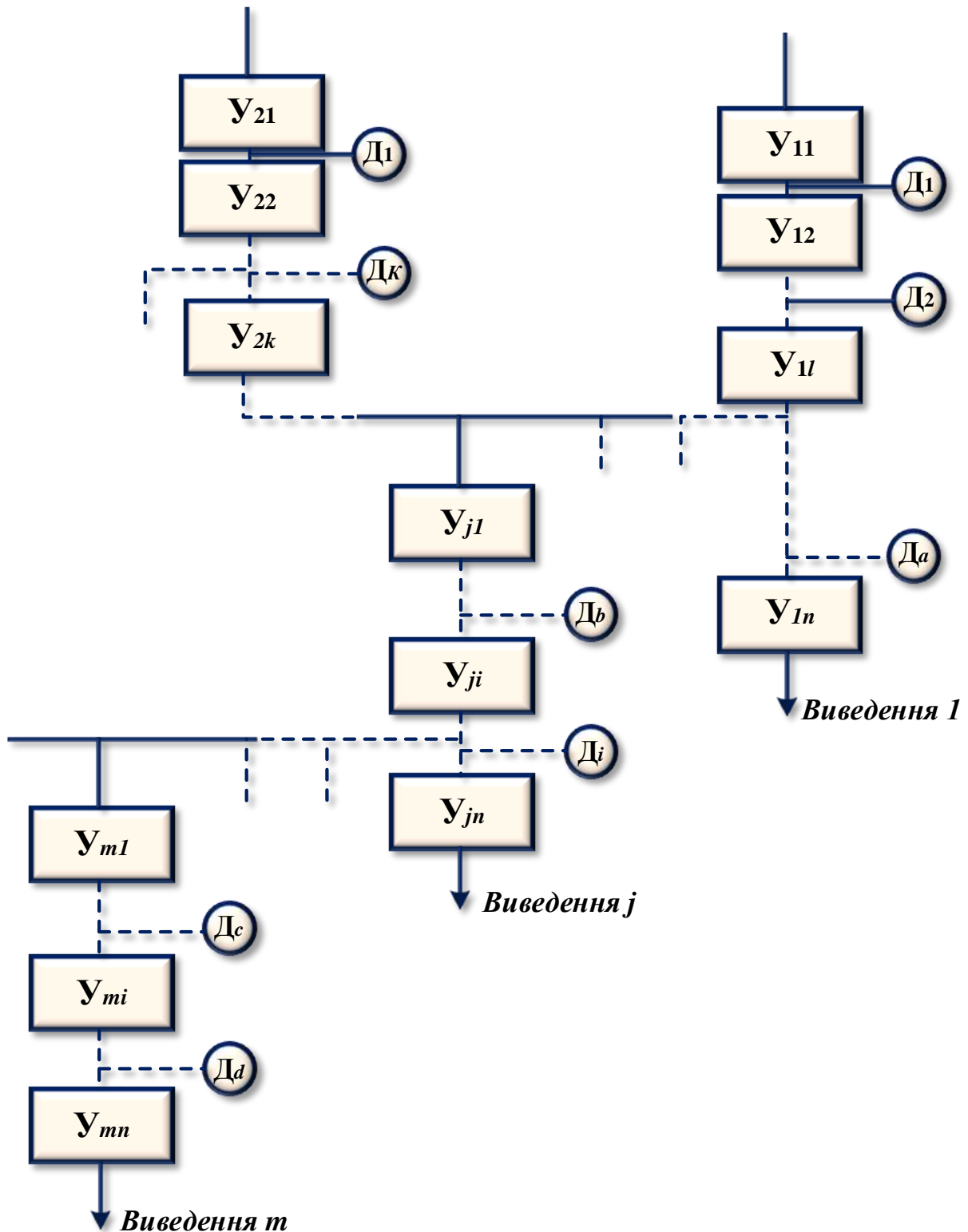


Рис. 3. Загальний вид деревоподібної структури.

Стан усієї системи виражається шляхом обчислення логічної формули системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів, аргументами якої стану окремих елементів, що входять у функціональні послідовності.

Можливими станами системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів звично називаються працездатне та непрацездатне. Такий дуальний підхід дозволяє

застосовувати до розрахунку фактичного стану звичайну булеву логіку. Але такий набір станів не є всеосяжним. Можливо запропонувати розширене уявлення про стан елементів/системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

Для оперування різноманітними станами, звичайно, потрібно застосовувати особливу систему обчислень, хоча вона багато в чому буде ґрунтуватися на звичній булевій логіці. Відмінністю запропонованої системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів буде більше можливих значень змінних стану.

Для ілюстрації універсальності даного підходу розглянемо кілька станів  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ , у яких може перебувати як система, і її модулі.

$V_1$  - непрацездатний стан. В даному стані елемент машиновикористання зернозбиральних комбайнів повністю не виконує своєї функції, і всі його параметри не відповідають необхідним.

$V_2$  - несправний стан, при якому машиновикористання зернозбиральних комбайнів не відповідає хоча б одній із вимог нормативної технічної та (або) конструкторської документації.

$V_3$  - стан справний. У ньому машиновикористання зернозбиральних комбайнів відповідає всім вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації.

Залежно від справності тієї чи іншої функції визначається економічний ефект, який приносить система машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

Згідно з цими визначеннями, система, яка не виконує жодну свою функцію, буде несправна. Несправна система знаходиться у прикордонному стані, який може дозволити виконати її мету.

Опишемо послідовність виконання системою функцій, як наведено вище.

Для виконання будь-яким довільно взятим пристроєм функції збору інформації про параметри об'єкта потрібно, щоб справні всі устрою, управляючі об'єктом.

Кількість послідовностей, що виконують функції, повинна враховуватися при виборі пріоритетного резервування модуля.

У разі представленого рисунку 3 пристрою збору інформації  $D$ ; ймовірність того, що їм виконуватиметься його функція, дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи всіх елементів, що лежать вище за процесом, враховуючи всі сполуки матеріальних потоків.

Для наведеного елемента формула виглядатиме як

$$P = \prod_{s=1}^i D_{1s} \cdot \prod_{s=1}^k D_{2s} \cdot \dots \cdot \prod_{s=1}^i D_{js} \quad (2)$$

Аналогічно, у разі пристрою  $Y_{ji}$

$$P = \prod_{s=1}^i Y_{1s} \cdot \prod_{s=1}^k Y_{2s} \cdot \dots \cdot \prod_{s=1}^i Y_{js} \quad (3)$$

Кількість послідовностей, що виконують функції, повинна враховуватися при виборі пріоритетного резервування модуля.

Важливість послідовностей, що виконують функції, повинна враховуватись при виборі пріоритетного для резервування модуля. Цей облік може бути здійснений шляхом запровадження коефіцієнта, що відображає важливість кожної функції.

### Результати досліджень

Типізація модулів машиновикористання зернозбиральних комбайнів здійснюється на основі їх властивостей.

У загальному вигляді найчастіше розподілені машиновикористання зернозбиральних комбайнів мають тривірневу структуру.

На верхньому рівні за участю оперативного персоналу вирішуються завдання диспетчеризації процесу, оптимізації режимів, підрахунку техніко-економічних показників виробництва, візуалізації та архівування процесу, діагностики та корекції програмного забезпечення системи. Верхній рівень машиновикористання зернозбиральних комбайнів реалізується на базі серверів, операторських (робітників) та інженерних станцій.

На середньому рівні – завдання інженерного менеджменту та регулювання, пуску та зупинки обладнання, логіко-командного управління, аварійного втручання та моніторингу. Середній рівень реалізується з урахуванням програмованих логічних механізмів.

Нижній (польовий) рівень машиновикористання зернозбиральних комбайнів забезпечує збір даних про параметри технологічного процесу стану устаткування, реалізує управляючі впливи. Основними технічними засобами нижнього рівня є виконавчі машини.

Вхідні сигнали від машин і управляючі на виконавчі механізми можуть подаватися безпосередньо на стан. Однак якщо машиновикористання зернозбиральних комбайнів має значну територіальну протяжність, це вимагатиме довгих інформаційних ліній від кожної машини. Таке технічне рішення може виявитися не раціональним із двох причин:

- висока вартість інфопродукції;
- зростання рівня перешкод із зростанням довжини ліній.

Більш раціональним у такій ситуації є використання станцій розподіленої периферії, що розташовуються у безпосередній близькості до датчиків та виконавчих механізмів. Від типу модуля, від конкретної природи залежать можливі причини його відмови та його наслідки.

Ідентифікація небезпек у процесі виробничої діяльності це процес виявлення, виявлення та розпізнавання небезпечних та шкідливих виробничих факторів та встановлення їх кількісних, тимчасових, просторових та інших характеристик, необхідних та достатніх для розробки профілактичних заходів (запобіжних та коригувальних дій), що забезпечують безпеку праці машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

У процесі ідентифікації складається номенклатура небезпеки та шкідливості робочого середовища та трудового процесу, проводиться ранжування негативних факторів, виявляються ймовірність, частота та умови їх прояву, причини, просторова локалізація, можлива шкода здоров'ю людей та навколишньому середовищу та інші параметри, необхідні для вироблення захисних заходів.

Для ідентифікації небезпечних та шкідливих виробничих факторів можна застосовувати такі методи: «Що буде, якщо...?», перевірочний лист, аналіз небезпеки та працездатності, аналіз виду та наслідків відмов, аналіз «дерева відмов», аналіз «дерева подій» та ін.

Джерелами інформації для виявлення небезпек і шкідливостей є:

- нормативні правові акти та нормативні технічні документи, довідкова та наукова технічна література, локальні нормативні акти;
- протоколи, акти, довідки та інші документи органів державного контролю (нагляду);

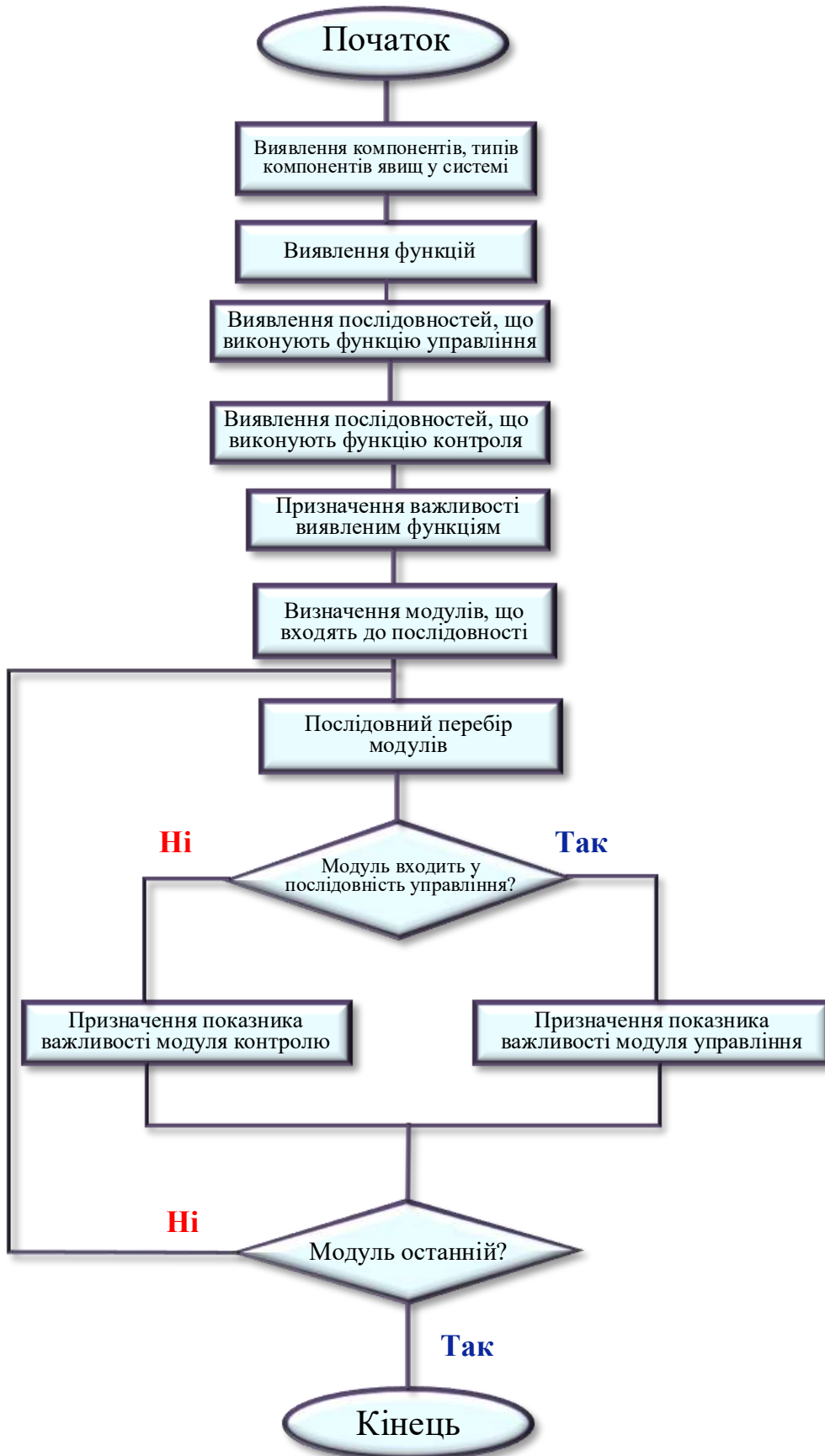


Рис. 4. Структурна схема методики декомпозиції машиновикористання зернозбиральних комбайнів.

- результати виробничого контролю за дотриманням вимог промислової, екологічної безпеки та санітарно-епідеміологічних вимог;
- результати спеціальної оцінки умов праці;
- розпорядження спеціалістів з охорони праці, подання уповноважених осіб з охорони праці, пропозиції комітету (комісії) з охорони праці;
- результати спостереження за технологічним процесом, виробничим середовищем, робочими місцями, роботою підрядних організацій, зовнішніми факторами (дорогами, кліматичними умовами тощо);
- результати аналізу анкет, бланків, опитувальних листів;
- досвід практичної діяльності;
- результати багатоступеневого контролю над умовами та охороною праці.

Кроки методики багатоатрибутивної декомпозиції та призначення важливості мають вигляд:

- Виявлення компонентів машиновикористання зернозбиральних комбайнів.
- Визначення типів компонентів машиновикористання зернозбиральних комбайнів.
- Визначення явищ, які є у машиновикористанні зернозбиральних комбайнів.
- Виявляє послідовності компонентів, справність яких забезпечує керування технологічними параметрами системи для отримання продукту.
- Виявляє послідовності, справність яких забезпечує контроль технологічних параметрів системи.
- Призначення важливості виявленим функцій, виходячи з необхідності їхньої справності та масштабу наслідків, що викликається припиненням виконання цих функцій.
- Послідовний перебір модулів та визначення, у виконанні якої функції бере участь черговий модуль. Якщо модулі закінчилися – завершення.
- Якщо модуль бере участь у виконанні функції керування – перехід до пункту 10.
- Якщо модуль бере участь у виконанні тільки функцій контролю – перехід до пункту 11.
- Призначення модуля важливості відповідної функції управління. Перехід до пункту 7.
- Призначення модуля важливості відповідної функції контролю. Перехід до пункту 7.

Розроблена оригінальна методика декомпозиції машиновикористання зернозбиральних комбайнів на функціональні послідовності з урахуванням важливості дозволяє оцінити ймовірність її перебування у різних станах.

## Висновки

1. Врахування показників важливості модулів системи машиновикористання зернозбиральних комбайнів дозволяє, по-перше, модифікувати порядок резервування модулів, забезпечивши більш високу надійність важливих функцій, а по-друге, отримати більш точну оцінку ймовірності безвідмовної роботи, виводячи дані про безвідмовність не тільки всієї системи, а й окремо головної функції. Ця методика забезпечує підвищення безвідмовності обраних функцій системи, але з цим показником для формування системи слід враховувати й інші параметри, зокрема, небезпека відмов.

### Список використаних джерел

1. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Tykhyi A., Kuzyk A., Dvornyk A., Derkach O., Lysenko S., Banniy O., Hrynkiv A. Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-T and fullerene. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 3 (12 (129)). P. 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719>.
2. Rogovskii I., Sivak I., Shatrov R., Nadochiy O. Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*. 2024. Vol. 23. P. 965–970. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF195>.
3. Yablonskyi P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2024. Vol. 11(1). P. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2).
4. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskyi M., Sheichenko D. Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 2 (1 (128)). P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>.
5. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hrynkiv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 1 (3 (127)). P. 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.
6. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2024. Vol. 489. P. 925–937. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78).
7. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Druzhynin M.A., Titova L.L., Nychay I.M., Nikulina O.V. Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2024. Vol. 489. P. 939–951. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79).
8. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2023. Vol. 10(2). P. F1–F9. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).
9. Rogovskii I., Lyubarets B., Borek K. Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*. 2022. Vol. 13. Issue 1. P. 67–76. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.01.067>.
10. Rogovskii I.L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 1. P. 137–146. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
11. Rogovskii I.L. Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.
12. Rogovskii I.L. Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 3. P. 157–166. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.03.157>.
13. Rogovskii I.L. Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in

agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 4. P. 129–138. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.

14. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

15. Myhailovych Y., Rogovskii I., Korobko M., Berezova L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. *Engineering for Rural Development*. 2023. Vol. 22. P. 908–914. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF179>.

16. Zagurskiy O., Pokusa Z., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. 2020. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-13-9. 162 p.

## References

1. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Tykhyi A., Kuzyk A., Dvornyk A., Derkach O., Lysenko S., Banniy O., Hrynkiv A. (2024). Revealing patterns of change in the tribological efficiency of composite materials for machine parts based on phenylone and polyamide reinforced with arimide-T and fullerene. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3 (12 (129)). P. 6–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304719>.

2. Rogovskii I., Sivak I., Shatrov R., Nadtochiy O. (2024). Agroengineering studies of tillage and harvesting parameters in soybean cultivation. *Engineering of Rural Development*. Vol. 23. P. 965–970. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF195>.

3. Yablonskiy P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. (2024). Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. Vol. 11(1). P. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2).

4. Sheichenko V., Petrachenko D., Koropchenko S., Rogovskii I., Gorbenko O., Volianskiy M., Sheichenko D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2 (1 (128)). P. 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>.

5. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hrynkiv A., Mironov D., Volianskiy M., Rogatynskiy R., Solomka O., Lysenko S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 1 (3 (127)). P. 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298567>.

6. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Osadchuk N.V., Ivanova T.M., Zinchenko M.M., Melnyk L.Yu., Ryzhakova H. (2024). Institutional aspects of development of budget system: theory and practice of Ukraine. *Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 489. P. 925–937. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_78](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_78).

7. Rogovskii I.L., Reznik N.P., Druzhynin M.A., Titova L.L., Nychay I.M., Nikulina O.V. (2024). Non-uniform field of concrete deformations of circular cross-section columns under cross bending applying digital image correlation method. *Studies in Systems, Decision and Control*. Vol. 489. P. 939–951. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36895-0_79).

8. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskiy P.

(2023). Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. Vol. 10(2). P. F1–F9. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).f1).

9. Rogovskii I., Lyubarets B., Borek K. (2022). Analyticity of non-stationary processes of change in diagnostic parameters of hydrostatic transmissions of harvesters. *Machinery and Energetics*. Vol. 13. Issue 1. P. 67–76. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.01.067>.

10. Rogovskii I.L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery and Energetics*. Vol. 12. Issue 1. P. 137–146. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

11. Rogovskii I.L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

12. Rogovskii I.L. (2021). Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. Vol. 12. Issue 3. P. 157–166. <https://doi.org/10.31548/machenergy2022.03.157>.

13. Rogovskii I.L. (2021). Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. Vol. 12. Issue 4. P. 129–138. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.

14. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

15. Myhailovych Y., Rogovskii I., Korobko M., Berezova L. (2023). Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. *Engineering for Rural Development*. Vol. 22. P. 908–914. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2023.22.TF179>.

16. Zagurskiy O., Pokusa Z., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. (2020). Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-13-9. 162 p.