

УДК 681.51:007.52

І. Б. Чепков,

доктор технічних наук, професор, начальник
Центрального науково-дослідного інституту озброєння
та військової техніки Збройних Сил України,
заслужений діяч науки і техніки України, полковник,

О. П. Григор'єв,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник Військової академії
(м. Одеса),

В. Т. Беліков,

кандидат технічних наук, доцент,
науковий співробітник Військової академії (м. Одеса),
заслужений винахідник України,

С. С. Ковалішин,

начальник науково-дослідної лабораторії
Військової академії (м. Одеса), підполковник

Класифікація бойових наземних робототехнічних комплексів – дієвий шлях до з'ясування сутності цієї категорії озброєння

Стаття є третім розділом циклу матеріалів, присвячених питанням науково-теоретичного обґрунтування роботизації Сухопутних військ Збройних Сил України. Вона містить результати досліджень основних принципів побудови класифікацій прогностичного типу, які дають змогу визначити чітку спрямованість синтезу конструктивного типу модульних платформ наземних робототехнічних комплексів.

Ключові слова: наземні робототехнічні комплекси, платформа, структура, модульність, класифікація, прогноз, екстенціональність, інтенціональність, таксон, ознака теорія симетрії, теорія великих множин, елементарний індивід.

© І. Б. Чепков, О. П. Григор'єв, В. Т. Беліков,
С. С. Ковалішин, 2017

Усяке розумне рішення припускає свідомий вибір, йому передують перерахування можливостей, а вони зумовлюються доцільною класифікацією, в якій найчастіше і полягає основна особливість хороших рішень.

Б. Паскаль

Якщо закони природи дають змогу передбачати явища, то принципи симетрії дають змогу передбачати самі закони природи.

А. Ейнштейн

Класифікація – це, в загальному сенсі, розподіл об'єктів на групи за визначеними ознаками. На жаль, на сьогодні не існує єдиного загальноприйнятого погляду стосовно класифікації роботизованих комплексів. Об'єктивно це зумовлене тим, що роботизовані комплекси здатні виконувати широкий спектр складних завдань, спроможні самостійно приймати рішення в складних умовах, маючи високий інтелект і суттєво відрізняючись за конструкцією. Отже, для їх розподілу на групи (класи) фахівці використовують найсуттєвіші ознаки (показники), що найменше між собою перетинаються, а саме: спецпризначення, корисний вантаж, спосіб управління, тип рушія, спосіб програмування тощо. Наприклад:

- 1) за корисним вантажем:
 - надлегкі (до 1 кг);
 - легкі (від 1 до 10 кг);
 - середні (від 10 до 20 кг);
 - важкі (від 200 до 1000 кг);
 - надважкі (понад 1000 кг);
- 2) за способом управління:
 - ручне управління;
 - програмне управління;
 - адаптивне управління;
- 3) за типом рушія:
 - колісні;
 - гусеничні;
 - крокуючі;
 - роторні;
- 4) за типом енергозабезпечення:
 - акумуляторні;
 - електрогенераторні;
 - гібридні.

Наведені приклади класифікації є лише певною констатацією досягнутого стану сучасних технічних рішень, упроваджених у закордонних зразках існуючих роботизованих комплексів. Безумовно, така класифікація корисна. Вона сприяє пошуку оптимальних конструкцій під час створення нових зразків наземних робототехнічних комплексів (НРК) і її слід розвивати й нарощувати з появою принципово нових конструктивних рішень.

Але на першому етапі для практики військ доцільною буде класифікація за принципом відомих «ідей ієрархії»,

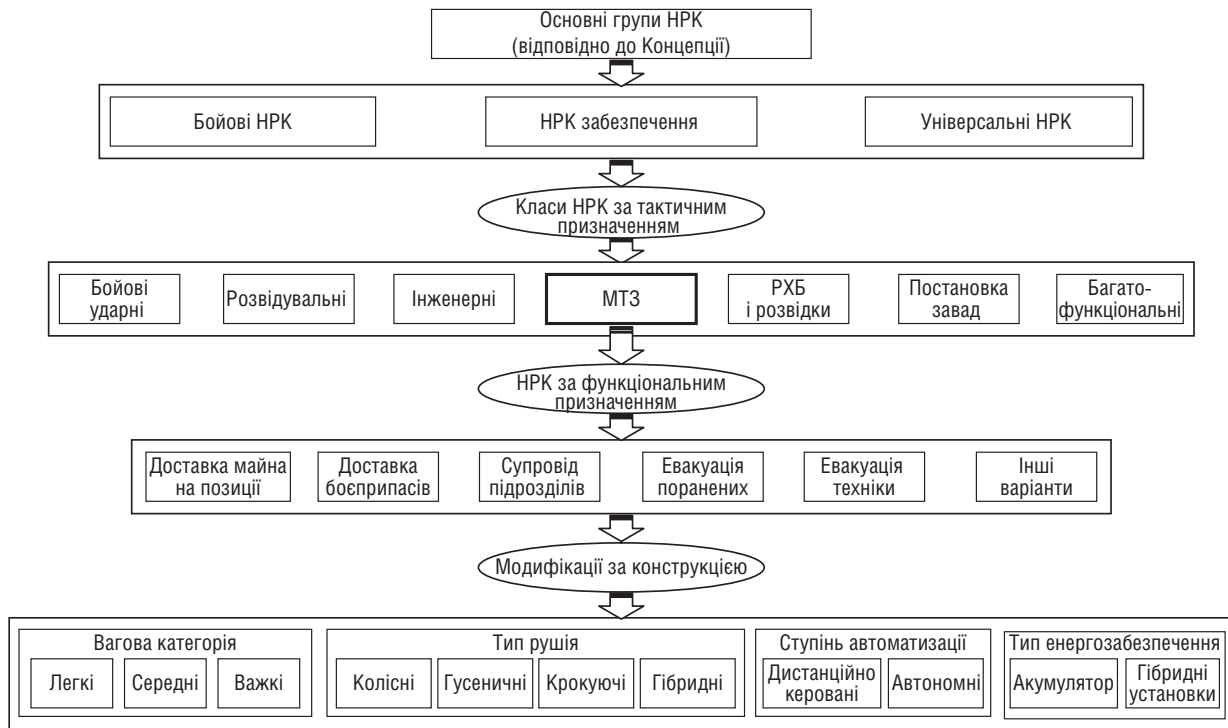


Рис. 1. Класифікація НПК Сухопутних військ Збройних Сил України

з багатоступінчатим розподілом об'єктів, наприклад, на класи, типи, модифікації (рис. 1).

Систематизація НПК за ієрархічним принципом є не лише констатацією досягнутого рівня знань, а й підставою для його подальшого розвитку. Вона сприяє розширенню напрямів розвитку роботизованих систем для військ, надає орієнтири для їх планування та визначення типу НПК.

В ієрархічній класифікації існує пріоритет ознак об'єктів, що класифікуються. Перше місце в ієрархії належить ознакам, визначеним у керівних документах. Стосовно НПК таким документом є «Концепція застосування наземних роботизованих комплексів для виконання завдань Збройних Сил України на період до 2020 року та подальшу перспективу», в тексті якої визначена головна ознака для кожного НПК – його призначення в системі застосування Збройних Сил України. Наприклад: бойові НПК, НПК забезпечення та універсальні НПК. Кожен клас може охоплювати кілька типів НПК, які відрізняються за функціональним призначенням.

Наприклад, до класу тилових можуть входити кілька типів транспортних НПК, а саме функціонально обладнані для підвищеної прохідності й малої помітності для доставки військового майна (боєприпасів тощо) на бойові позиції або інший тип тилових НПК – для евакуації поранених з поля бою, обладнаних медичним устаткуванням, тощо.

Концепція надає також класифікацію НПК за ознаками, що обумовлюють у кожному типі різні принципи технічного виконання їхніх складових, тобто появу різних моделей одного й того самого функціонального

призначення, наприклад моделі з гусеничним або колісним рушієм тощо.

Загалом наведену систему ієрархічної класифікації слід розглядати як пропозиції для наукового обговорення й можливого подальшого вдосконалення, оскільки запропонована класифікація базується лише на використанні характеристик (ознак) уже відомих НПК, тобто це класифікація за принципом екстенсiональності. Поряд із цим принципом у методології класифікації існує принцип інтенсiональності, який базується на використанні таких ознак об'єктів, які відображають фундаментальні властивості структури НПК, що дає змогу прогнозувати ймовірне створення нових, перспективних, ще не реалізованих зразків.

Ураховуючи зазначене, надалі доцільно розглядати весь спектр можливих класифікацій за шкалою «екстенсiональність – інтенсiональність» [1–5].

Проведення структурного синтезу платформ НПК модульного типу для Збройних Сил України на основі класифікаційних процедур, як було вказано вище, здатне визначити шляхи їх оптимізації, починаючи з найперших етапів проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт. Завдяки цьому зменшуються як первинні витрати на ці роботи й на організацію виробництва НПК, так і експлуатаційні витрати при практичному застосуванні НПК у військах.

Як один з найефективніших сучасних методів структурного синтезу платформ НПК модульного типу для Збройних Сил України слід рекомендувати проведення класифікаційних досліджень інтенсiонального типу.

Принципи, покладені в основу інтенціональної класифікації, забезпечують довготривалий прогноз усієї мислимої різноманітності об'єктів заданого типу. Вони полягають у тому, що на першому, головному етапі проведення класифікаційної процедури аналітичним шляхом потрібно чітко встановити тип і кількість ідеальних індивідів породжувального типу, у вигляді атомарних одиниць розмаїття структур модульних платформ НРК. Далі, так само здійснюється перехід до визначення типу й технології операцій об'єднання вказаних ідеальних індивідів атомів у працездатні «молекули»-структури основного конструктиву вказаних модульних платформ НРК.

Таким чином, запропонований спосіб організації класифікаційної процедури перетворює проєктовану інтенціональну класифікацію на об'єкт, безпосередньо зумовлений принциповими глибинними, сутнісними властивостями і зв'язками модульних платформ НРК, що класифікуються. А це, у свою чергу, робить її ефективним інструментом структурного синтезу модульних платформ НРК. Крім того, слід зазначити, що сучасні методики класифікації та систематики, запропоновані нами для конструктивного аналізу і структурного синтезу платформ НРК, побудовані на строгому математичному фундаменті при широкому застосуванні групових методів теорії множин, сучасних можливостей математичної теорії симетрії та основних теоретичних положень модульної побудови технічних систем [1–3]. У теоретичних основах сучасної теорії класифікації використані пропозиції з розробки офіційної термінології теорії класифікації, які, на наш погляд, слід визнати такими, що найбільше відповідають принципам положенням вказаної теорії [6].

Відповідно до цієї теорії, класифікація модульних платформ НРК для Збройних Сил України визначається як розподіл (розчленування) заданої предметної області M НРК на класифікаційні одиниці – таксони. При цьому ім'я таксона означає клас усіх мислимих об'єктів, що втілюють певне, встановлене класифікатором, поняття A . Якщо позначити через T множину таксонів, визначуваних класифікаційними ознаками, то їхній структурі мають бути притаманні такі властивості [4, 5]:

у множині T таксонів існує найбільший таксон t_0 , що збігається з усією предметною областю M ;

якщо в T входять таксони t_1 і t_2 , то в T входить їх перетин $t_1 \cap t_2$. Перетин $t_1 \cap t_2$ визначається як найбільший таксон серед тих, котрі входять і в t_1 , і в t_2 ;

множина таксонів скінченна.

Таксономічна ознака – це категорія, яка дає можливість ділити поняття, що класифікуються, на видові поняття на єдиній основі. Класифікаційна таксономічна ознака визначається як пара $\langle P_i, \{p_{ij}\} \rangle$, де P_i – ім'я ознаки, а $\{p_{ij}\}$ – множина її значень. Якщо для кожного з конкретних об'єктів предметної області M ця ознака P_i набуває одного певного значення, то ним задане розбиття предметної області M на таксони, які відповідають заданим зна-

ченням цієї ознаки P_i . При цьому старшинство однієї ознаки відносно іншої зумовлене мірою дискретизації класу об'єктів предметної області M , які класифікуються, на таксони. Очевидно, що з двох ознак старшою повинна вважатися та, яка забезпечує меншу міру дискретизації. Отже, ознаки, розбиття за якими призводить до однієї й тієї самої міри дискретизації, слід кваліфікувати як еквівалентні.

Відповідно до основних висновків сучасних методів теорії класифікації для структурного оцінювання та перевірки потенціалу класифікаційної процедури в заданій предметній області M об'єктів запропоновано використати поняття «добуток ознак». Добуток двох ознак P_1 і P_2 визначається як ознака $P_1 P_2$, яка на заданому об'єкті X , для якого одночасно виконуються

$$\begin{cases} P_1(x) = p_{1j} \\ P_2(x) = p_{1k} \end{cases}, \quad (1)$$

приймає як значення пару $\langle p_{1j} p_{1k} \rangle$. Ознака P_0 , яка набуває на всіх об'єктах предметної області M одне й те саме значення, визначається як одиниця $P_0 = 1$, чому в класифікації співвідноситься найбільший таксон [4].

Нижче, на прикладі із чотирьох ознак P_0, P_1, P_2, P_3 показана множина G_i комбінацій ознак та їхніх добутків, характерна для двох основних типів класифікацій – ієрархічних і багатоаспектних (фасетно-комбінативних) – і двох проміжних, а саме ієрархічна класифікація

$$G_1 = \{1, P_1, P_1 P_2, P_1 P_2 P_3\}; \quad (2)$$

комбінативна (фасетна) класифікація

$$G_2 = \{1, P_1, P_2, P_3, P_1 P_2, P_2 P_3, P_3 P_1, P_1 P_2 P_3\}; \quad (3)$$

класифікації змішаного типу

$$G_3 = \{1, P_1, P_2, P_2 P_3, P_1 P_2, P_1 P_2 P_3\}; \quad (4)$$

$$G_4 = \{1, P_1, P_2, P_1 P_2, P_1 P_2 P_3\}; \quad (5)$$

$$G_5 = \{1, P_1, P_1 P_2, P_2 P_3, P_1 P_2 P_3\}. \quad (6)$$

Аналіз практичного досвіду проведення кваліфікованих класифікаційних процедур показав, що існує досить чітка принципова відмінність ієрархічних деревовидних класифікацій від класифікацій фасетно-комбінативного типу.

Для реалізації деревовидної структури ієрархічної класифікації об'єктів заданої предметної області M остання має бути розбита на ієрархічно структуровані таксони, як це було показано вище.

Властивості (ознаки) вказаних таксонів так само повинні мати ієрархічно організовану супідрядність.

Багатоаспектну (фасетно-комбінативну) класифікацію об'єктів тієї самої предметної області M , яка має, на відміну від ієрархічної класифікації, значний прогностичний потенціал, виконано як класифікацію, що дає можливість групування понять паралельно за декількома різними ознаками (фасетами).

У багатоаспектній класифікації фасет визначається або як одна з ознак, за якою класифікуються поняття,

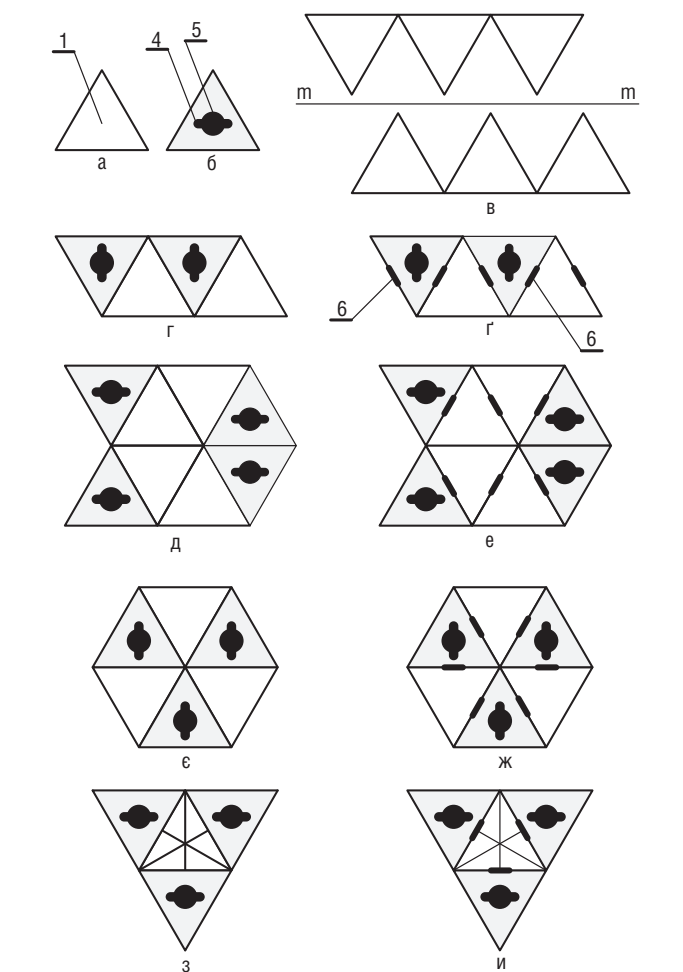


Рис. 2. Елементарний індивід у вигляді рівностороннього трикутника: *a)* за відсутності приводного і поворотного двигунів; *б)* за наявності приводного і поворотного двигунів; *в)* перетворення симетрії площиною *m* ковзного відображення; *г)* монолітний структурний елемент платформи; *д)* гнучкий структурний елемент платформи; *е)* приклад структури гнучкої платформи з комбінації індивідів типів *a* і *б*; *ж)* приклад структури монолітної платформи з комбінації індивідів типів *a* і *б*; *з)* монолітна платформа у формі правильного шестикутника; *и)* гнучка платформа у формі правильного шестикутника; *к)* монолітна платформа у формі правильного трикутника; *л)* гнучка платформа у формі правильного трикутника

або як перелік взаємовиключних видових понять, отриманих у результаті ділення відповідного родового поняття за однією і тільки однією основою.

У цьому випадку ні таксони, ні їхні властивості (ознаки) ніяк не пов'язані з ієрархічною атрибуцією.

Для практичної реалізації класифікаційних процедур і подальшого переходу до синтезу нових, не відомих до цього часу структур такого виду військової робототехніки, до якого належить уся структурна різноманітність платформ НРК різного бойового призначення, авторами вперше запропоновано застосувати групові методи математичної теорії симетрії, детально розробленої для теорії

кристалографії [2]. Вони в усіх подробицях викладені в класичному чотиритомному довідковому виданні Інституту кристалографії АН СРСР [2]. Цей підхід до одного з найважливіших етапів класифікації та систематизації стосовно технічних об'єктів уперше був розроблений та опублікований одним зі співавторів цієї статті в 1982 р. [7].

Набір елементарних породжувальних структур функціональних блоків-модулів автономних модульних платформ НРК представлений у вигляді ідеальних індивідів атомів на *рисунках 2, 3 і 4*.

Тут три елементи простої геометричної конфігурації форм плоских платформ НРК породжувального типу в плані є рівностороннім трикутником 1, квадратом 2 і колом 3, відповідно (*рис 2а, 3а, 4а*). Відповідно до основних принципів математичної теорії симетрії, з них тільки два перші породжувальні індивіди-атоми, тобто індивіди 1а і 2а (*рис. 2 і 3*), здатні забезпечити суцільне покриття площини платформи [2]. Автономні платформи 3а круглої в плані форми (*рис. 4*) рекомендовані до застосування в гнучких складених платформах НРК, здатних здійснювати охоплення відповідних об'єктів військової робототехніки противника [8], як схематично показано на *рисунку 4д*. Комплект **автономних** елементарних породжувальних індивідів (*рис. 2б, 3б, 4б*) простої геометричної конфігурації відрізняється тим, що кожен з них забезпечений активним опорно-приводним колесом 4, обертання якого навколо вертикальної осі відбувається за допомогою торцевого електродвигуна повороту 5. Приведення опорно-приводного колеса 4 в обертання здійснюється за допомогою вбудованого в його обід тягового електродвигуна оберненого виконання. З метою максимального спрощення структурних схем, представлених на *рисунках 2, 3 і 4*, конструкції приводних двигунів повороту та обертання на них не показані.

На *рисунках 2в, 3в і 4в* представлені приклади формування складових елементів структур модульних платформ НРК шляхом застосування до їхніх елементарних породжувальних індивідів – рівносторонніх трикутників 1, квадратів 2 і кіл 3, відповідно, операцій симетрії типу трансляції та відображення в площині дзеркального відображення *m* (*mirror*). Така операція має назву ковзного відображення [2].

На *рисунку 2г* показана структура відрізка (відповідно до термінології математичної теорії симетрії – бордюру [2]) **жорсткого, монолітного** об'єднання по горизонталі двох приводних автономних елементарних трикутних конфігурацій з опорно-приводними колесами і двигунами повороту з двома безопорними елементарними трикутними конфігураціями

На відміну від *рисунку 2г*, на *рисунку 2г* представлений відрізок **гнучкого** бордюру з такими самими елементарними складовими. Для його реалізації використане об'єднання елементарних складових за допомогою шарнірних з'єднань 6.

На *рисунку 2 (д, е, з)* показані реально готові до практичної реалізації зразки **монолітних** модульних платформ

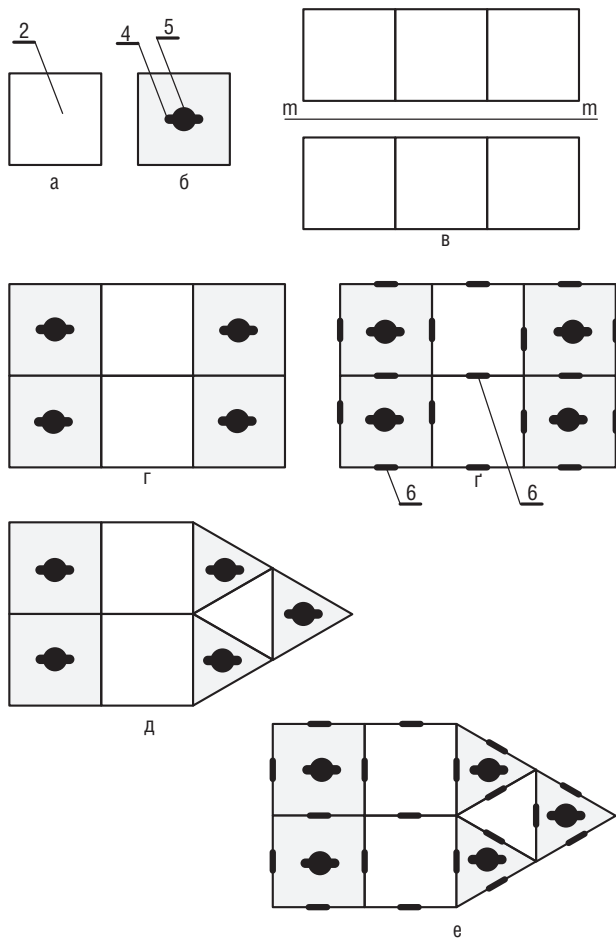


Рис. 3. Елементарний індивід у вигляді квадрата: а) за відсутності приводного і поворотного двигунів; б) за наявності приводного і поворотного двигунів; в) перетворення симетрії площиною відображення m ; г) приклад структури монолітної платформи з комбінації індивідів типів a і b ; r) приклад структури гнучкої платформи з комбінації індивідів типів a і b ; д) приклад структури монолітної платформи комбінованого типу з квадратних і трикутних елементарних індивідів; е) приклад структури гнучкої платформи комбінованого типу з квадратних і трикутних елементарних індивідів

НРК, які відповідають двом наступним елементам симетрії: площини дзеркального відображення m (д) і вертикальній осі симетрії третього порядку (е, з).

Гнучкі різновиди цих платформ відповідно показані на *рисунку 2* (е, ж, и). У разі необхідності збільшення сили тяги колісного рушія на вільні платформи можуть бути додатково встановлені рухові вузли 4–5.

Аналогічно до *рисунка 2*, модульні платформи НРК, які формуються на основі принципів математичної теорії симетрії елементарними модулями квадратної форми (*рис. 3*), можуть бути укомплектовані бордюрами з них, отриманими на основі трансляції та відображення в площині дзеркального відображення m , відповідно до *рисунка 3в*. У цьому випадку монолітна структурна композиція

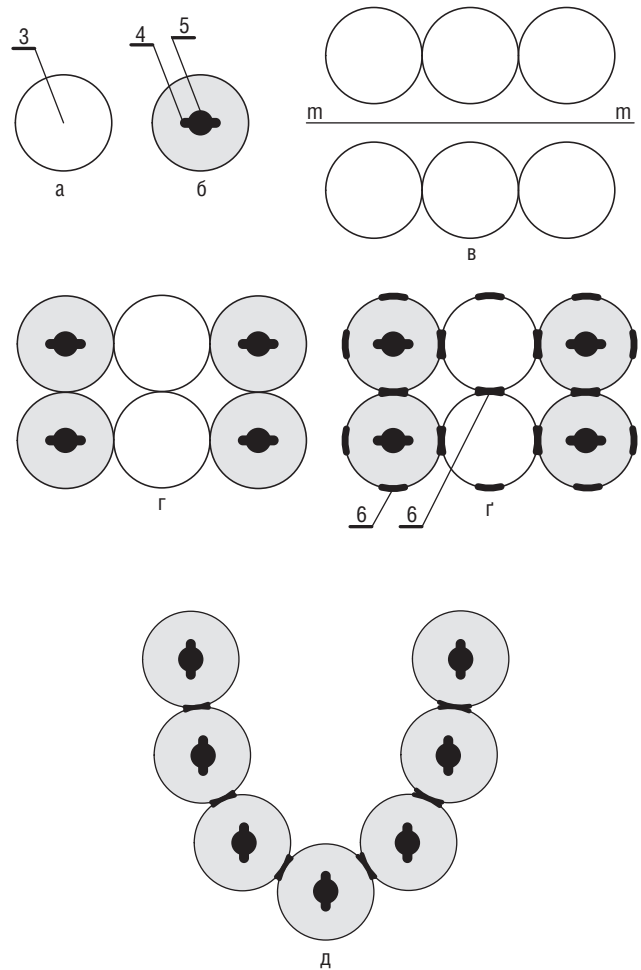


Рис. 4. Елементарний індивід у вигляді кола: а) за відсутності приводного і поворотного двигунів; б) за наявності приводного і поворотного двигунів; в) перетворення симетрії площиною відображення m ; г) приклад структури монолітної платформи з комбінації індивідів типів a і b ; r) приклад структури гнучкої платформи з комбінації індивідів типів a і b ; д) приклад використання гнучкості об'єднання круглих платформ при охопленні об'єктів супротивника

має вигляд, представлений на *рисунку 3г*, а її гнучкий аналог – на *рисунку 3г*.

Тут особливий інтерес становить можливість симетричного **комбінування** квадратних і трикутних індивідів на основі рівності їхніх площин. При цьому утворюються симетричні структури, один з реально відтворних варіантів яких представлений на *рисунку 3д* при монолітному виконанні платформи НРК. На *рисунку 3е* показане гнучке виконання цього конструктиву.

На *рисунку 4д* наведений приклад такого типу гнучкого структурного виконання з'єднання платформ НРК, яке дає змогу реалізувати обхват об'єкта противника з метою позбавлення його працездатності.

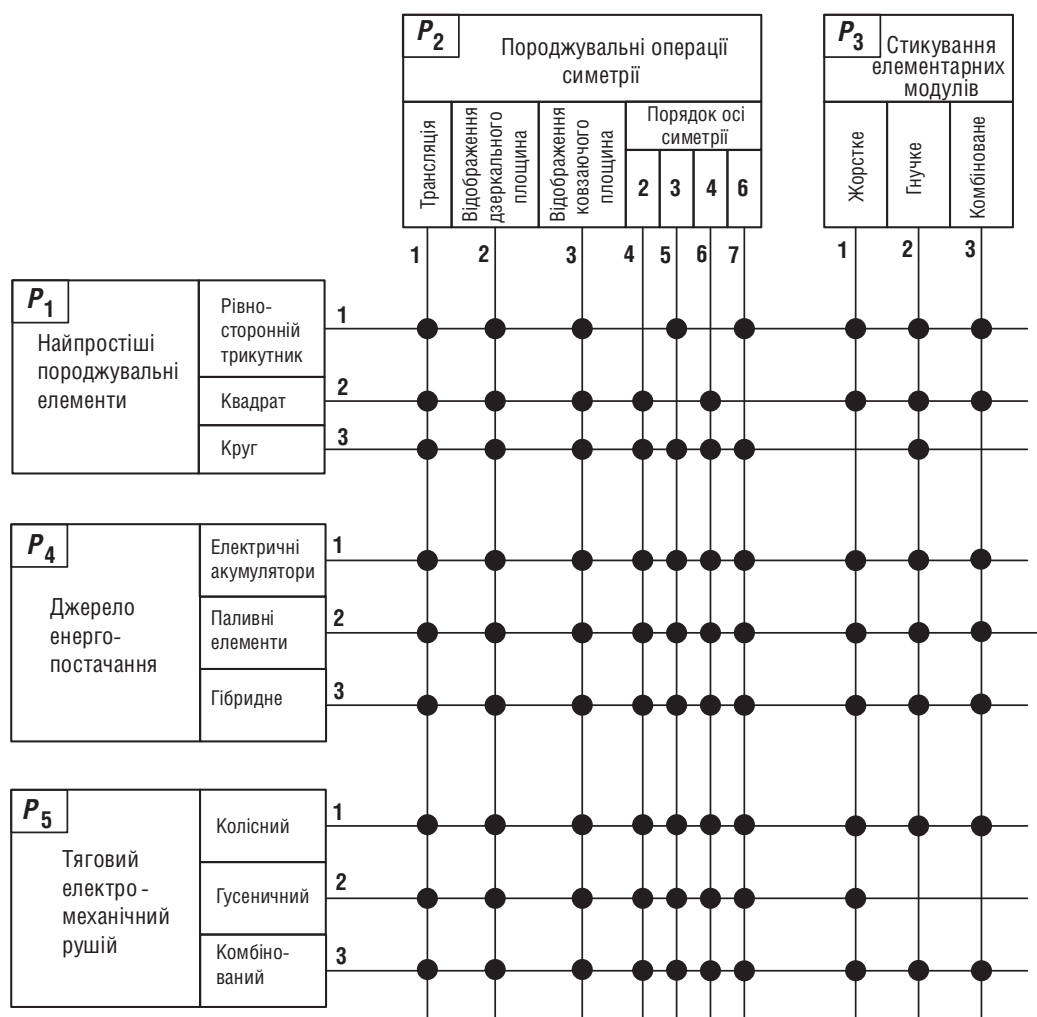


Рис. 5. Кореневий фрагмент фасетно-комбінативної класифікації інтенціонального типу для прогнозного структурного синтезу платформ НРК

На *рисунку 5* наведений приклад розробки кореневого фрагмента багатоаспектної фасетно-комбінативної класифікації, що відповідає набору породжувальних індивідів 1, 2 і 3 за *рисунками 2а, 3а і 4а*; на *рисунках 6а і 6б* – відповідних класифікаційних графів для таксонів P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 . Ці п'ять таксонів, як свідчать діаграми *рисунка 6*, утворюють замкнену структуру правильного багатокутника, у цьому конкретному випадку – правильного п'ятикутника.

Тут таксон P_1 визначає набір простих конструктивних породжувальних елементів платформи НРК;

таксон P_2 – набір породжувальних елементів симетрії;

таксон P_3 – способи технології стикування елементарних модулів у складі конструктиву платформи;

таксон P_4 – варіанти використання можливих джерел енергоживлення;

таксон P_5 – конструктивні варіанти електромеханічних рушіїв.

Уже загальний аналіз лише цієї однієї ділянки кореневого фрагмента фасетно-комбінативної класифікації

з таксонів P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 указує на те, що він дає можливість вибору одного з 82 конструктивних варіантів структур платформ НРК.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Сучасні досягнення теорії класифікації та систематики свідчать про те, що формальне ставлення до цих процесів, що часто спостерігається в науковому середовищі нині, має бути докорінно змінено, особливо в процесі структурного синтезу при створенні нових роботизованих систем озброєння і військової техніки.

2. Тривалість часу функціонування класифікації НРК має бути достатньою для здійснення довготривалого прогнозу не лише окремих, навіть принципових технічних рішень, а й загальних принципів їх реалізації на основі синтетичних методів конструктивної структуризації.

3. Перехід від широко відомих класифікацій та систематизації ієрархічного типу до так званих інтенціональних багатоаспектних класифікаційних процедур на основі фасетно-комбінативних методів забезпечує паралельне

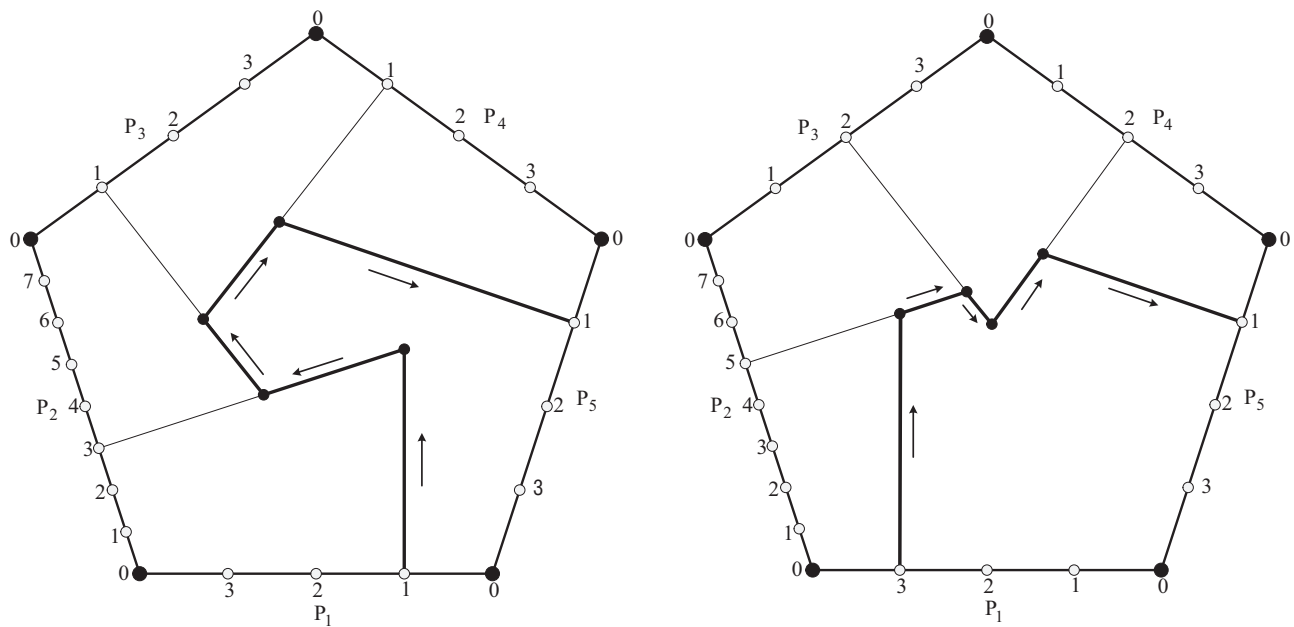


Рис. 6. Графи двух вариантов структур платформ НРК, які відповідають кореневому фрагменту класифікації *рисунка 5*

групування понять за кількома різними ознаками (фасетами). Це, у свою чергу, різко підвищує прогностичний потенціал класифікації, виводячи її на рівень передбачення нових, оригінальних структурних композицій. Так, на основі всього п'яти паралельно об'єднаних таксонів фрагмента фасетно-комбінативної класифікації породження платформ НРК можна синтезувати до ста і більше конструктивних варіантів структур платформ НРК.

Перелік літератури

1. Курош А. Г. Теория групп / А. Г. Курош. – М. : Наука, 1967. – 648 с.
2. Современная кристаллография: в 4 т. – Т. 1 : Симметрия кристаллов. Методы структурной кристаллографии / Б. К. Вайнштейн. – М. : Наука, 1979. – 384 с.
3. Верхопятницкий П. Д. Справочник по модульному конструированию радиоэлектронной аппаратуры / П. Д. Верхопятницкий, В. С. Латинский. – Л. : Судостроение, 1983. – 232 с.

4. Шрейдер Ю. А. Алгебра классификации / Ю. А. Шрейдер // Научно-техническая информация. – Серия 2. – 1974. – № 9. – С. 3–6.

5. Панова Н. С., Шрейдер Ю. А. Принцип двойственности в теории классификации / Н. С. Панова, Ю. А. Шрейдер // Научно-техническая информация. – Серия 2. – 1975. – № 10. – С. 3–10.

6. Гендлина И. Е. Определение некоторых терминов теории классификации / И. Е. Гендлина // Научно-техническая информация. – Серия 2. – 1980. – № 7. – С. 1–6.

7. Беликов В. Т. О возможности применения методов математической теории симметрии для синтеза и классификации линейных электрических машин / В. Т. Беликов. – К., 1982. – 37 с. – Рукопись деп. в УкрНИИНТИ, 27.05.82, № 3609-Д82Деп.

8. Чепков І. Б., Григор'єв О. П., Бєліков В. Т., Ковалішин С. С. Контрроботи – військові роботизовані машини для протидії бойовій робототехніці противника / І. Б. Чепков, О. П. Григор'єв, В. Т. Бєліков, С. С. Ковалішин // Наука і оборона. – 2016. – С. 56–63.