

# Інформаційні повідомлення Видатні вчені України

---

DOI: <https://doi.org/10.15407/kvt211.01.090>

CC BY-NC

**ВОЛКОВ О.Є.**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, старший дослідник,  
директор

<https://orcid.org/0000-0002-5418-6723>, e-mail: alexvolk@ukr.net

**ШЕПЕТУХА Ю.М.**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,  
провідн. наук. співроб. відд. інтелектуального керування

ORCID: 0000-0002-6256-5248, e-mail: shepetukha@irtc.org.ua

**ПАВЛОВА С.В.**<sup>2</sup>, д.т.н., проф.,

професор Інституту програмного забезпечення

<https://orcid.org/0000-0002-6256-5248>, e-mail: pavlova\_2020@ukr.net

**БОГАЧУК Ю.П.**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, старший дослідник,  
старш. наук. співроб. відд. інтелектуального керування

<https://orcid.org/0000-0002-3663-350X>, e-mail: dep185@irtc.org.ua

<sup>1</sup> Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій  
та систем НАН України та МОН України,

просп. Академіка Глушкова, 40, 03680, Київ, Україна

<sup>2</sup> Шансійський сільськогосподарський університет,

81, вул. Лонгчен, Сяодань Таюань, Шаньси, 030031, Китай

## ДО 90-РІЧЧЯ В.В. ПАВЛОВА: СТИСЛИЙ ОГЛЯД ГОЛОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗА 50 РОКІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

---

В статті проаналізовано головні результати наукової діяльності відомого вченого у галузі теорії керування, лауреата Державної премії України та премії ім. В.М. Глушкова, доктора технічних наук, професора Вадима Володимировича Павлова (1933–2016). Так, у монографії «Інваріантність та автономність нелінійних систем керування» викладено підхід до вирішення проблем нелінійної полі-інваріантності та полі-автономності на методі примусового роз'єднання систем диференціальних рівнянь. Монографія «Основи теорії ергатичних систем» ґрунтується на концепції розробленого автором «організмичного підходу», який об'єднав у єдине ціле основні положення як теорії керування, так і теорії живих систем. У монографії "Конфлікти у технічних системах" було обґрунтовано, що ергатична теорія може успішно використовуватися для розв'язання конфліктів у технічних системах різного рівня. В останній період життя на основі систематизації та узагальнення отриманих раніше результатів В.В. Павловим проводилися дослідження, спрямовані на створення концептуальних і математичних основ інтелектуального керування. У межах досліджень з теорії інтелектуального керування ним також проводилися роботи зі створення технології образного керування складними динаміч-

ними об'єктами та процесами. Ця технологія, зокрема, була застосована у системах образного керування морськими та авіаційними транспортними засобами у складних навігаційних умовах та критичних режимах функціонування. У цьому контексті передусім варто зазначити розроблену в рамках дослідницьких програм української Академії наук низку систем вирішення конфліктних ситуацій та забезпечення безпечного руху морських суден серії «Антикон» (скорочення від «анти-конфлікт»). В.В. Павлов наголошував, що завдання керування нелінійним об'єктом з урахуванням властивостей людини та комп'ютера сьогодні лише формується. Тому першорядне значення необхідно надавати розробленню теоретичних основ цілісного інтелектуального керування з повним використанням нелінійного технологічного ресурсу системи.

**Ключові слова:** інваріантність, автономність, нелінійна система, ергатична теорія, конфлікт, інтелектуальне керування

## **ВСТУП**

11 січня 2023 року виповнилося би 90 років відомому вченому у галузі теорії керування, лауреату Державної премії України в галузі науки і техніки та премії імені В.М. Глушкова, доктору технічних наук, професору Вадиму Володимировичу Павлову (1933–2016). Він створив та понад 47 років очолював відділ ергатичних систем управління Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, а з 1997 року — Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України (в останні роки керований ним відділ називався відділом інтелектуального керування). В.В. Павловим було опубліковано понад чотириста наукових праць, серед яких близько двадцяти монографій, понад сто авторських свідоцтв, патентів на винаходи, навчальні посібники, статті у провідних наукових виданнях. Під його керівництвом було захищено шість докторських та кілька десятків кандидатських дисертацій, створено наукову школу в галузі теорії ергатичних систем та інтелектуального керування.

Ця стаття має на меті дати короткий огляд основних результатів, отриманих В.В. Павловим за свою понад п'ятдесятирічну плідну наукову діяльність.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ В ГАЛУЗІ НЕЛІНІЙНОЇ ІНВАРІАНТНОСТІ ТА ТЕОРІЇ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ**

У 1965 р. у віці 32 років В.В. Павловим була захищена докторська дисертація на тему «Інваріантність та автономність в істотно нелінійних системах». На основі узагальнення та систематизації викладених у дисертації ідей ним через декілька років було опубліковано першу зі своїх фундаментальних монографій — «Інваріантність та автономність нелінійних систем керування» [1]. У цій роботі викладено підхід до вирішення складних проблем нелінійної полі-інваріантності та полі-автономності на основі запропонованого автором методу примусового роз'єднання систем диференціальних рівнянь. Важливою особливістю монографії є те, що в ній досліджено як фундаментальні положення теорії інваріантності та автономності, так і конкретні прикладні питання синтезу законів керування. Зокрема, автором було знайдено оптимальний спосіб роз'єднання системи диференціальних рівнянь, сформульовано необхідні та достатні умови інваріантності та автономності для нелінійних систем. Слід зазначити, що запропоноване В.В. Павловим формулювання необхідних та достатніх умов нелінійної полі-інваріантності дало можливість не лише визначити умови інваріантності та ви-

робити закони інваріантного керування, а й окреслити чіткі вимоги до технічної реалізації цих законів. При цьому умови інваріантності було отримано в інтегральному вигляді, із зазначенням оптимального розміру для виділеної підсистеми диференціальних рівнянь. Такий підхід виявився особливо плідним для дослідження багатовимірних систем автоматичного керування, для яких існує декілька альтернативних варіантів роз'єднання канонічної системи диференціальних рівнянь. Визначення в явному вигляді граничної системи рівнянь, які описують перетворення абсолютно інваріантних координат, дало можливість дослідити взаємозв'язок між динамічними властивостями інваріантних систем та особливостями їхньої технічної реалізації з урахуванням похибок поведінки реальної системи, спричинених неточністю конструювання регулятора.

У цій монографії В.В. Павловим було обгрунтовано універсальність запропонованого ним підходу до вирішення проблем синтезу нелінійних інваріантних регуляторів. Зокрема, досліджено такі основні способи забезпечення умов інваріантності, як багатоканальна компенсація, компенсація з безпосереднім виміром збурень, а також компенсація з визначенням необхідної величини коефіцієнта підсилення. Водночас детально проаналізовано умови інваріантності як для систем, що функціонують за принципом відхилення, так і для комбінованих систем. Це дало можливість виробити єдиний підхід до спільного вирішення проблем інваріантності, якості та керованості нелінійних систем. Опубліковані у монографії наукові результати ставлять В.В. Павлова на чільне місце серед вітчизняних вчених у галузі систем керування. На підтвердження цього висновку можна, зокрема, навести цитату з книги члена-кореспондента НАН України Б.М. Малиновського «Академік В. Глушков», де зазначається, що «до найбільш вагомих результатів, отриманих за часів В.М. Глушкова, слід віднести насамперед розроблення теорії інваріантності систем керування (безперервних та дискретних, лінійних та нелінійних), роботи О.Г. Івахненка, О.І. Кухтенка, В.М. Кунцевича, В.В. Павлова) ...» [2, с. 86].

У 1975 р. В.В. Павловим було опубліковано його другу фундаментальну працю — «Основи теорії ергатичних систем» [3]. Монографія ґрунтується на концепції розробленого автором «організмичного підходу», який об'єднав у єдине ціле основні положення як теорії керування, так і теорії живих систем. Термін «ергатична» запропоновано автором для характеристики таких систем, центральним елементом яких є людина, цілеспрямована діяльність якої здійснюється у взаємодії з певними технічними засобами. Саме якість людиноцентричності вирізняє ергатичні системи серед інших типів людино-машинних систем. На момент виходу зазначеної монографії дослідники вже почали усвідомлювати те, що створення надійних і ефективних систем керування є неможливим без належного аналізу та систематизації різних аспектів діяльності людей, що входять до складу таких систем. У роботі американських учених Т. Шерідана і У. Феррела [4], що вийшла приблизно в той саме час, запропоновано таку класифікацію людино-машинних систем відповідно до основних типів діяльності людини у їх складі: (1) системи, які здійснюють оброблення інформації за типом “стимул-реакція” (пошук даних, відстеження показань приладів, обмін повідомленнями, сенсомоторні задачі); (2) системи, які здійснюють ручне керування виробничим обладнанням, літаками, космічними апаратами (включаючи компенсаторне керування, керування процесом переслідування, керування з прогнозуванням можливої поведінки); (3) системи, спрямо-

вані на прийняття рішень за умов повної інформації, ризику та невизначеності. Слід зазначити, що у роботах В.В. Павлова обговорено принципи побудови ергатичних систем для всіх трьох зазначених типів діяльності. Автор зазначав, що організація складних систем повинна орієнтуватися на активний діалог з людиною, яка безпосередньо реалізує процес керування. Запропонований у монографії організмичний метод побудови ергатичних систем вимагає, щоб взаємодія користувача з системою будувалася на тих саме принципах, що й спілкування між людьми. Відповідно до сформульованої В.В. Павловим концепції, основні характеристики ефективної ергатичної системи визначаються сукупністю «організмичних» (тобто тих, що імітують функціонування людського організму) принципів, а саме: принципів гомеостазису, активності, стаціонарності, найменшої взаємодії, автономності. Хоча станом на теперішній час не знайдено загального вирішення проблеми оптимального поєднання різних форм комунікативної взаємодії людини з технічними пристроями, врахування організмичних принципів дає можливість структурувати людино-машинний діалог таким чином, щоб максимально використати порівняльні переваги як людей, так і комп'ютеризованих засобів.

Розглядаючи питання забезпечення функціональної цілісності ергатичної системи у складному проблемно-орієнтованому середовищі, В.В. Павловим було зроблено висновок щодо необхідності створення гнучкого механізму врівноважування усього набору цілей та методів їх досягнення. При цьому підкреслювалося, що взаємопов'язані цілі ергатичної системи значною мірою визначають її організацію, спрямовану на забезпечення стабільності функціональної поведінки. Подібний комплексний розгляд завдань керування може бути основою як для початкового структурування проблемних ситуацій, так і для подальшої оптимізації знайдених попередніх рішень. В.В. Павловим запропоновано концепцію побудови такого найбільш досконалого класу систем, як «ергатичні організми». За його визначенням, «ергатичний організм — це багатоцільова ергатична система, що зберігає у змінних умовах середовища, в якому вона діє, властивості функціональної активності та функціонального гомеостазу щодо всієї множини поведінок, спрямованих на досягнення своїх цілей, серед яких можуть бути і цілі технологічного самозбереження» [3, с.1–42]. Основні засади створення ергатичних організмів було сформульовано таким чином: предметом удосконалення є гібридний (ергатичний) організм, що складається з живої (користувача) та штучної (програмної) частин; основними властивостями таких гібридних організмів є цілісність та організмоморфність функціональних властивостей, реалізованих у технічному середовищі системи; детермінантна роль цілого виражена в тому, що воно формує свої частини відповідно до властивих організму закономірностей.

На закінчення цього розділу слід зазначити, що складні ергатичні системи стали сьогодні основою ефективного керування у більшості сфер діяльності. Першорядним фактором успішного впровадження цих систем є урахування людського фактора, тобто інтересів, цілей та можливостей людей, які працюють у складі таких систем. Саме участь людини у контурі керування дає змогу надати системам такі властивості, як здатність ефективно діяти в непередбачених ситуаціях, достатня надійність роботи в різних режимах, високий рівень адаптації до змін навколишнього середовища.

## **ПРАЦІ З РОЗВ'ЯЗАННЯ КОНФЛІКТІВ У ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ**

Наприкінці 1970-х – на початку 1980-х років з'являються праці дослідників колишнього СРСР та США [5, 6], спрямовані на пошук шляхів розв'язання конфліктних ситуацій, які виникають у процесі експлуатації різних типів технічних пристроїв. Приблизно у цей час В.В. Павлов також почав плідно працювати у цій науковій галузі. У 1982 р. ним було опубліковано монографію "Конфлікти у технічних системах" [7], в якій було обґрунтовано, що ергатична теорія може успішно використовуватися для розв'язання конфліктів у технічних системах різного рівня. Запропонований у цій монографії підхід до дослідження конфліктів з урахуванням організмичної теорії дає можливість використати досвід вирішення реальних конфліктних ситуацій В.В. Павловим досліджено взаємозв'язок між організованістю та цілісністю ергатичних систем, що діють за умов конфліктного зовнішнього середовища. Ним запропоновано характеризувати ступінь організованості таких систем за їхньою здатністю зберігати свої специфічні функціональні та структурні властивості у складних конфліктних ситуаціях для широкого класу предметних областей. При цьому «чим більша кількість властивостей регульованих таким чином ознак і чим вищий ступінь їх сталості, тим вищий рівень організованості системи та ступінь її цілісності» [7, с.29]. Концепція активної взаємодії із середовищем зумовлює здатність формувати узагальнені принципи функціонування ергатичної системи в умовах конфлікту.

У своїх роботах В.В. Павловим наголошувалося, що актуалізація способів поведінки у конфліктних ситуаціях повинна ґрунтуватися на реалізації процесу творчої діяльності людини, що полягає не у пошуку прийняттого шляху в заданому лабіринті можливостей, а у породженні такого графа поведінок, для якого з гарантованою надійністю може бути знайдено ефективне вирішення конфлікту. Отже, за будь-якої конкретної реалізації системи центральним елементом має бути не алгоритм відкидання непотрібних варіантів, а алгоритм породження раціональних варіантів поведінки у складному конфліктному середовищі. Подібна модель функціонування у конфліктному середовищі є відображенням властивостей цього середовища, цілей системи, а також методів пошуку чи породження прийнятних альтернативних варіантів поведінки. Зазначено, що своєчасне формування та належне виконання потрібних дій у складних ситуаціях є неможливим без забезпечення високої швидкодії систем розв'язання конфліктів. На думку В.В. Павлова, у реальних ситуаціях темпом часто можна компенсувати нестачу засобів (наприклад, альтернативних варіантів реагування) на кожному окремому етапі розвитку конфлікту. Ним, зокрема, наголошувалося, що проблема забезпечення високої швидкодії «стає адекватною проблемі спрощення методів прийняття рішення, пов'язаної по суті з проблемою подолання «прокляття розмірності та прокляття перерахування» варіантів» [7, с.105]. На закінчення монографії В.В. Павловим робиться висновок, що «організмична теорія має той рівень системної цілісності засобів створення систем, за якого забезпечується реалізація властивості структурної та поведінкової цілісності доцільної поведінки за умов конфлікту» [7, с.179].



Рис. 1. В.В. Павлов у своєму відділі (вересень 2003 р.)

У 2000-х–2010-х рр. В.В. Павловим, на основі систематизації та узагальнення отриманих раніше результатів, проводилися дослідження, спрямовані на створення концептуальних і математичних основ інтелектуального керування. У його останній монографії «Інтелектуальне керування складними нелінійними динамічними системами: аналітика інтелекту», написаній у співавторстві зі С.В. Павловою, наводиться таке визначення інтелектуального керування: «діяльність людини, пов'язана з вирішенням завдань пізнання, розуміння, міркування та здійснення необхідної взаємодії з об'єктом» [8, с.10]. У цьому визначенні, на наш погляд, відображені три найістотніші аспекти процесів інтелектуального керування. По-перше, підкреслюється роль людини як головного інтегративного елемента системи керування. По-друге, підкреслюється принципова важливість процесів пізнання, розуміння, міркування, іншими словами, механізмів формування знань як щодо стану зовнішнього середовища, так щодо властивостей об'єкта керування. І, по-третє, наголошується саме на тому типі діяльності людини, який спрямовано на розв'язання завдань та врегулювання проблемних ситуацій. Зазначимо, що наведені аспекти відповідають сучасним тенденціям у галузі інтелектуального керування та напрямам досліджень провідних зарубіжних вчених. Зокрема, саме процеси формування знань та їх використання для вирішення проблемних ситуацій розглядаються як основа створення ефективних систем керування та прийняття рішень у складних динамічних середовищах. Так, у роботі [9] підкреслюється, що «ми можемо дізнатися про те, що хтось має знання, на підставі результатів розв'язання ним завдання ..., знання дають змогу людям визначити, підготувати, структурувати та розв'язати завдання чи проблему» [9, с.636]. Водночас широко застосовуються процедури розпізнавання образів, усвідомлення ситуації, планування дій, а також інші інтелектуальні функції.

Ще однією особливістю інтелектуального керування є узгоджене використання як традиційної теорії керування, так і теорії штучного інтелекту. За результатами аналізу концептуальних основ штучного інтелекту, В.В. Павловим сформульовано такі твердження: (1) штучний інтелект є

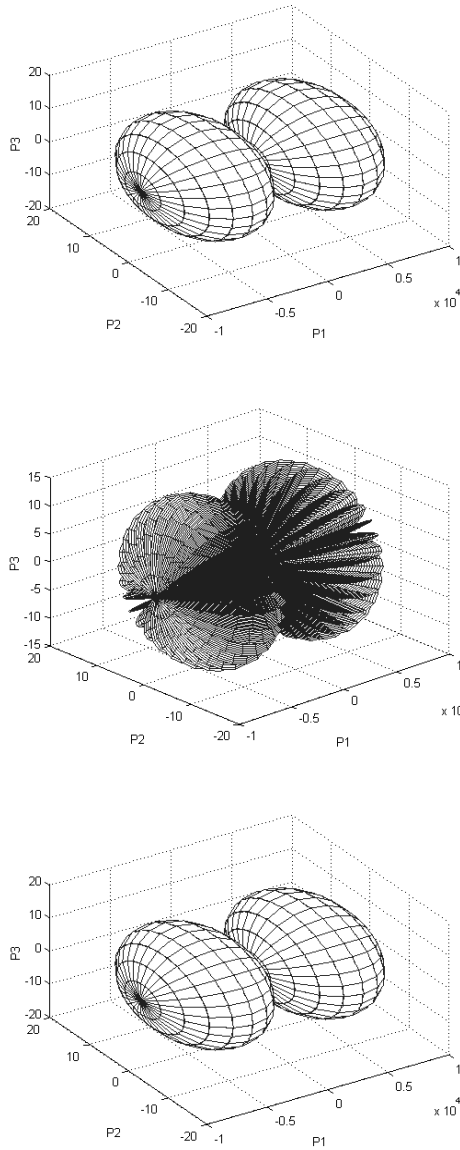
програмною системою, яка імітує на комп'ютері мислення людини; (2) штучний інтелект — це програмна система, орієнтована на масового користувача; (3) поєднання такої програмної системи з користувачем утворює ергатичну систему. З наведених тверджень робиться висновок, що досконалі системи штучного інтелекту повинні мати риси оптимальних ергатичних систем — у сенсі імітації їх когнітивних, поведінкових та функційних властивостей. Тому у своїх дослідженнях з інтелектуального керування В.В. Павлов широко використовував організмичну теорію, згідно з якою об'єктивні знання про поведінку живих організмів і людини є основою для побудови людино-машинних систем, що ефективно функціонують у складних динамічних середовищах.

Сучасні вимоги до систем керування наголошують на необхідності збереження цілісності та організованості цих систем навіть за наявності непередбачуваних ситуацій, які до того ж можуть швидко змінюватися. Тому у своїх роботах В.В. Павлов підкреслював, що тільки цілісний розгляд об'єкта, середовища та ціннісних установок людини може бути основою для формування та подальшої оптимізації структурних і функційних рішень. Так, у монографії «Синтез стратегій у людино-машинних системах» ним зазначено, що поєднання таких особливостей цілісної структури, як обмеженість у просторі та необмеженість у часі, «привело до явища атракції, що має властивість безперервного руху як основи забезпечення цілісності систем» [10, с.156–157]. У цій роботі запропоновано методу побудови «дивного» атрактора із заданими властивостями. «Дивні» атрактори пропонується розглядати як узагальнення поняття особливих точок динамічних систем, «про які ... точніше варто було б говорити як про «особливі множини» динамічних систем» [10, с.106]. Автор також робить висновок, що «спрямований процес синтезу «дивного» атрактора повинен бути процесом синтезу симетричних структур з перемішуванням» [10, с.143–144].

В.В. Павловим була висловлена ідея щодо того, що функціональні структури організації розумних живих систем відображають загальні властивості таких систем. Згідно з цією концепцією, функціональною системою можна назвати тільки таку сукупність підсистем, яка має на меті отримання



**Рис. 2.** В.В. Павлов (четвертий з правого боку) на фізико-математичній школі Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем (с. Жукин, Київської обл., червень 2008 р.)



**Рис. 3.** Розраховані за методом В.В. Павлова геометричні образи керованого стану об'єкта у просторі параметрів

фіксованого результату. Саме результат має основний вплив на всі етапи формування функціональної системи. Важливою рисою таких систем є те, що їх архітектури не залежать ані від стратегій досягнення корисного результату, ані від властивостей довкілля. В.В. Павловим також відзначалася така важлива особливість функціональних систем, як архітектурна симетрія. Ця властивість означає, що операційні структури функціональних систем будь-якого рівня ієрархії до певної міри еквівалентні між собою. Інакше кажучи, системи, які забезпечують живому організму розумну поведінку у певному середовищі, ідентичні за своєю організацією.



У межах досліджень з теорії інтелектуального керування В.В. Павловим також проводилися роботи зі створення методів та технологій образного керування складними динамічними об'єктами та процесами (Рис. 3). Зокрема, їм було досліджено принципи організації ергатичних систем образного керування та створено концепцію побудови оптимально збалансованих за внутрішнім та зовнішнім середовищем систем різного рівня складності. Використовуючи ці принципи, було розроблено технологія вирішення низки завдань інтелектуального керування за умов невизначеності та конфлікту, оснований на обчисленні та побудові різних типів внутрішніх та зовнішніх інформаційних образів. Цю технологію, зокрема, було застосовано у системах образного керування морськими та авіаційними транспортними засобами у складних навігаційних умовах та критичних режимах функціонування.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ПРАЦЬ В.В. ПАВЛОВА**

Важливим напрямом діяльності В.В. Павлова було організація робіт щодо використання створених ним концепцій та методів під час розроблення систем, призначених для керування рухомими об'єктами (морськими суднами, літаками, космічними апаратами). У цьому контексті передусім варто зазначити розроблену в рамках дослідницьких програм Академії наук УРСР низку систем вирішення конфліктних ситуацій та забезпечення безпечного руху морських суден серії «Антикон» (скорочення від «анти-конфлікт»). Перша з них — створена на початку 1980-х років система «Антикон-1», нині перебуває в експозиції Державного політехнічного музею імені Бориса Патона при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». У середині 1980-х рр. на новій елементній базі було розроблено систему «Антикон-2» (Рис. 4), що мала у своєму складі два серійні мікрокомп'ютери серії «Електроніка», пристрої паралельного обміну, контролери зв'язку з радіолокатором, лагом та гірокомпасом, а також графічний та алфавітно-цифровий дисплеї.

Систему «Антикон-3» (Рис. 5), яка з'явилася вже в незалежній Україні, було реалізовано на основі персонального комп'ютера і приєднано до комплексів автоматизованої радіолокаційної прокладки «БРИЗ-Е» і «ATLAS-8600». Ця система була встановлена на чотирьох українських суднах та експлуатувалася з 1992 року. Основним режимом її роботи є режим розв'язання завдань підтримання безпечного руху в умовах інтенсивного судноплавства. Функціональні можливості системи також включають допоміжний режим бортового тренажера, який імітує навігаційну обстановку і є ефективним засобом навчання та відновлення навичок розв'язання завдань попередження зіткнень безпосередньо на борту судна. У роботі [11], яка описує основні принципи функціонування систем «Антикон», наголошується, що процес вироблення та прийняття рішень стосовно керування судном за умов навігаційного конфлікту вимагає інтеграції окремих аспектів безпеки в єдину системну концепцію.

Особливо підкреслюється, що сучасні багатофункційні навігаційні комплекси мають забезпечувати інтелектуальне оброблення наявних даних — не лише про поодинокі судна, а й про їх групи — з метою всебічного аналізу поведінки всіх суден, які знаходяться у "полі зору" інформаційних систем.

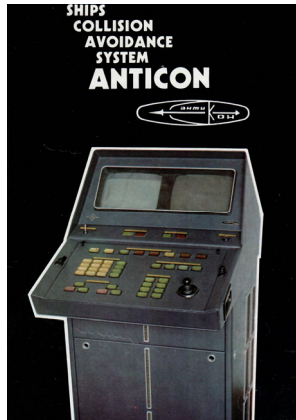


Рис. 4. Система попередження зіткнень морських суден «Антикон-2»

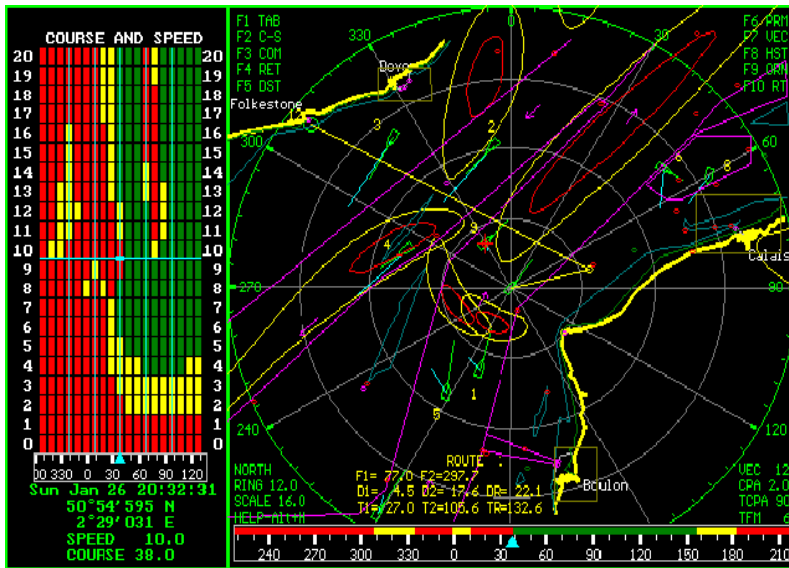


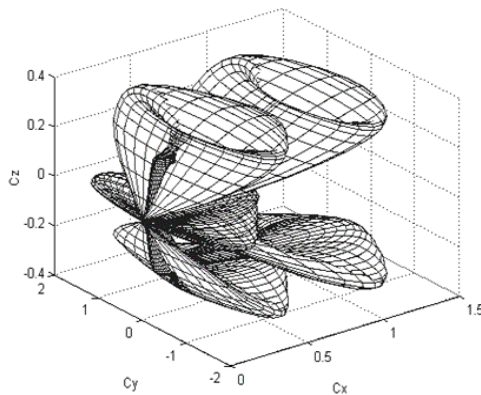
Рис. 5. Приклад відображення інформації у системі попередження зіткнень морських суден «Антикон-3»

При цьому інтегрувальна функція системи повинна реалізовуватися не тільки в інтегруванні всіх окремих небезпек у загальну картину, а й у визначенні того, якої саме стратегії подолання загальної небезпеки зіткнення для всіх суден слід дотримуватися судноводію.

Результати досліджень В.В. Павлова було також впроваджено у космічній галузі. У 1973 р. ним було підготовлено доповідь для VI-го Всесвітнього конгресу Міжнародної федерації з автоматичного керування (IFAC) на тему «Властивості ергатичних систем як основа проектування космічних систем». На початку 1980-х років під керівництвом В.В. Павлова було створено технологію посадки орбітальних кораблів по криволінійній траєкторії. Цю технологію було використано під час випробувань орбітального корабля "Буран", які засвідчили якісне відпрацювання команд керування за одночасного гарантування високого

рівня безпеки. Велику кількість прикладних досліджень В.В. Павлова було присвячено різним аспектам керування літальними апаратами. У своїй останній монографії він окреслив такі перспективні практичні напрями цієї галузі, як «Технологічний розвиток концепції створення літальних апаратів з керованою зовнішньою конфігурацією. Технологія та спосіб гарантованого вирішення поліконфліктів в аеронавігаційному середовищі... Розподіл функцій та організація керування в авіаційних ергатичних системах (пілот — авіоніка — літак)» [8, с.14]. Прагнення В.В. Павлова доводити свої теоретичні ідеї до практичної реалізації підтверджено також великою кількістю отриманих ним патентів та авторських свідоцтв на винаходи. Він має почесне звання Заслуженого винахідника Академії наук УРСР. В останній період життя В.В. Павлов займався прикладними проблемами побудови систем віртуального мережецентричного керування нелінійними динамічними процесами у розподіленій мережі. Він очолював роботи зі створення таких мережевих структур та алгоритмів керування швидкісними динамічними процесами, які дають змогу суттєво покращити якісні характеристики керування. На ці оригінальні розробки було отримано як патент України, так і міжнародний патент [12]. Вказаному патенту було присуджено першість у галузі електронних та комунікаційних технологій Всеукраїнського конкурсу «Винахід – 2008».

На закінчення цього стислого огляду доцільно звернути увагу на те, як В.В. Павлов бачив подальший розвиток досліджень у галузі інтелектуального керування та синтезу цілеспрямованих систем. Ним, зокрема, було зроблено висновок, що методологія побудови ефективних ергатичних систем має ґрунтуватися на організмичній концепції, яка дає можливість інтегрувати у єдине ціле як теорію керування, так і принципи поведінки живих істот. Водночас виключно важливою є здатність формування стратегій досягнення цілей системи в реальних умовах, тобто за наявності обмеженості матеріальних ресурсів, дефіциту часу, а також неповноти інформації. У своїй останній монографії В.В. Павлов зазначав «випереджальний розвиток ресурсної основи сучасних та проєктованих технологічних засобів на виробництві та транспорті порівняно з адекватною їм алгоритмічною основою» [8, с.5]. Автор наголошував, що завдання «керування нелінійним об'єктом з урахуванням властивостей людини та комп'ютера сьогодні лише формулюється» [8, с.4].



**Рис. 6.** Проекції образу ресурсу узагальненого об'єкта, потенційно закладені в його конструкцію

Тому першорядне значення В.В. Павлов надавав розробленню теоретичних основ реалізації ідей цілісного інтелектуального керування з повним використанням нелінійного технологічного ресурсу системи (Рис. 6). Це дасть можливість повною мірою враховувати «складну взаємодію нелінійного об'єкта з людино-комп'ютерним середовищем ... у всьому можливому просторі станів» [8, с.3–4].

## ВИСНОВКИ

Запропоноване В.В. Павловим формулювання необхідних та достатніх умов нелінійної полі-інваріантності дало можливість не лише визначити умови інваріантності та виробити закони інваріантного керування, а й окреслити чіткі вимоги щодо технічної реалізації цих законів.

Відповідно до сформульованої В.В. Павловим концепції, основні характеристики ефективної ергатичної системи визначаються сукупністю «організмичних» принципів, а саме принципів гомеостазису, активності, стаціонарності, найменшої взаємодії, автономності.

В.В. Павлов наголошував, що актуалізація способів поведінки у конфліктних ситуаціях повинна ґрунтуватися на реалізації процесу творчої діяльності людини, що полягає не у пошуку прийняттого шляху в заданому лабіринті можливостей, а у породженні такого графа поведінок, для якого з гарантованою надійністю може бути знайдено розв'язання конфлікту.

У дослідженнях з інтелектуального керування В.В. Павловим широко використовувалася організмична теорія, відповідно до якої об'єктивні знання про поведінку живих організмів і людини є основою для побудови людино-машинних систем, що стало функціонують у складних динамічних середовищах.

В.В. Павловим успішно проведено роботи зі створення методів та технологій образного керування складними динамічними об'єктами та процесами. Отримані результати було застосовано у системах керування морськими та авіаційними транспортними засобами у складних навігаційних умовах та критичних режимах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Павлов В.В. Инвариантность и автономность нелинейных систем управления. К.: Наукова думка. 1971. 272 с.
2. Маиновский Б.Н. Академик В. Глушков. К.: Наукова думка. 1993. 144 с.
3. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем. К.: Наукова думка. 1975. 240 с.
4. Шеридан Т.Б., Феррел У.Р. Системы человек-машина: Модели обработки информации и принятия решений человеком-оператором. М.: Машиностроение. 1980. 400 с.
5. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Конфликтная радиолокация. М.: Радио и связь. 1982. 124 с.
6. Саати Т.Л. Математические модели конфликтных ситуаций. М.: Советское радио. 1977. 302 с.
7. Павлов В.В. Конфликты в технических системах. К.: Вища школа. 1982. 184 с.
8. Павлов В.В., Павлова С.В. Интеллектуальное управление сложными нелинейными динамическими системами: аналитика интеллекта. К.: Наукова думка, 2015. 216 с.
9. Nonaka I., von Krogh G. Tacit knowledge and knowledge conversion: controversy and advancement in organizational knowledge creation theory. *Organization Science*. 2009. Vol. 20. №3. P. 635–652.
10. Павлов В.В. Синтез стратегий в человеко-машинных системах. К.: Вища школа, 1989. 162 с.

11. Бибичков А., Павлов В., Гриценко В., Губанов С. "Антикон" — шаг в обеспечении безопасности мореплавания. *Судоходство*. 1999. №3. С. 42–43.
12. Pavlov V.V., Pavlova S.V., Bohachuk Y.P. Method and apparatus for computer networks of application process high-speed cycles control. Patent 83118 Ukraine, Int.Cl. (2006) H04L 12/66 G05B 15/02 G05B 17/00, 2008.

Отримано 05.01.2023

#### REFERENCES

1. Pavlov V.V. Invariance and Autonomy in Non-linear Systems. Kyiv: Naukova dumka, 1971, 272 p.
2. Malinovsky B.N. Academician V. Glushkov. Kyiv: Naukova dumka, 1993, 144 p.
3. Pavlov V.V. Fundamentals of ergatic systems theory. Kyiv: Naukova dumka, 1975, 240 p.
4. Sheridan T.B., Ferrel W.R. Man-machine systems: models of information processing and decision making by a human-operator. Moscow: Mashinostroyeniye, 1980, 400 p.
5. Druzhinin V.V., Kontorov D.S. Radiolocation of a conflict. Moscow: Radio i svyaz, 1982, 124 p.
6. Saaty T.L. Mathematical models of conflict situations. Moscow: Sovetskoye radio, 1977, 302 p.
7. Pavlov V.V. Conflicts in technical systems. Kyiv: Vyshcha shkola, 1982, 184 p.
8. Pavlov V.V., Pavlova S.V. Intelligent control of complex non-linear dynamic systems: analytics of intelligence. Kyiv: Naukova dumka, 2015, 216 p.)
9. Nonaka I., von Krogh G. Tacit knowledge and knowledge conversion: controversy and advancement in organizational knowledge creation theory. *Organization Science*. 2009, Vol. 20, №3, pp. 635–652.
10. Pavlov V.V. Synthesis of strategies in man-machine systems. Kyiv: Vyshcha shkola, 1989, 162 p.
11. Bibichkov A., Pavlov V., Gricenko V., Gubanov S. "Anticon" – a step for the provision of navigation safety. *Navigation*. 1999, №3, pp. 42-43.
12. Pavlov V.V., Pavlova S.V., Bohachuk Y.P. Method and apparatus for computer networks of application process high-speed cycles control. Patent 83118 Ukraine, Int.Cl. (2006) H04L 12/66 G05B 15/02 G05B 17/00, 2008.

Received 05.01.2023

*Volkov O.Ye.*<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Senior Researcher, Director  
<https://orcid.org/0000-0002-5418-6723>, e-mail: alexvolk@ukr.net  
*Shepetukha Yu.M.*<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Senior Researcher,  
Leading Researcher of the Intelligent Control Department  
ORCID: 0000-0002-6256-5248 e-mail: yshep@meta.ua  
*Pavlova S.V.*<sup>2</sup>, DSc (Engineering), Professor,  
Professor of School of Software  
<https://orcid.org/0000-0002-6256-5248>, e-mail: pavlova\_2020@ukr.net  
*Bogachur Yu.P.*<sup>1</sup>, PhD (Engineering), Senior Researcher,  
Leading Researcher of the Intelligent Control Department  
ORCID: 0000-0002-3663-350X, e-mail: dep185@irtc.org.ua

<sup>1</sup> International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of Ukraine, 40, Akad. Hlushkov av., Kyiv, 03680, Ukraine

<sup>2</sup> Shanxi Agricultural University  
81, Longcheng str., Xiaodian Taiyuan, Shanxi, 030031, China

TO 90<sup>TH</sup> ANNIVERSARY OF PROFESSOR VADIM PAVLOV:  
A CONCISE REVIEW OF THE MAIN RESULTS  
FOR 50 YEARS OF SCIENTIFIC ACTIVITY

The article sums up the main results of scientific activity of Professor Vadim Pavlov (1933–2016) — a famous scholar in the field of control theory and its applications. A monography "Invariance and Autonomy in Non-linear Systems" describes an approach to solving

problems of poli-invariance and poli-autonomy by the method of forced separation for the systems of differential equations. A monography “Foundations of ergatic systems theory” is based upon the concept of “organismic approach” that unites into a single whole the general principles of both control theory and the one of a living systems. Taking organismic principles into consideration gives a possibility to structure a man-machine interaction in such a way that uses comparative advantages of humans as well as computerized technical means.

In a monograph “Conflicts in technical systems”, it has been grounded that ergatic theory could be successfully applied for solving conflicts in technical systems of different levels. Concept of active interaction with the environment determines a capability to formulate general principles for ergatic system’s operation in conflict conditions. In the last period of life, Prof. Pavlov, on the grounds of systematization as well as generalization of his previous endeavors, had been conducting research directed at the creation of both conceptual and mathematic fundamentals of intelligent control. In his last monograph “Intelligent control of complex non-linear dynamic systems: analytics of intelligence”, intelligent control is defined as a human activity connected with solving tasks of sensing, comprehension, reasoning and execution of a necessary interaction with the object.

Within the frames of research in intelligent theory field, Prof. Pavlov had also conducted works related to creation of methods as well as technologies for image-based control of complex dynamic objects and processes. This technology has been used in control systems for sea ships and aircrafts operating in complicated navigational conditions and critical working modes. In this context, it is necessary to distinguished a number of “AntiCon” (abbreviation for “anti-conflict”) systems developed within the frames of Ukrainian Academy of Sciences’ research programs and aimed at solving conflict situations and provision the safe movement of sea vessels.

Finally, it is reasonable to pay attention to the vision of Prof. Pavlov related to further development of research in the field of intelligent control as well as elaboration of goal-directed systems. The author stressed that the task of non-linear object’s control taking into consideration specific feature of a human and computer had been at the stage of formation. Therefore, a primary attention should be paid to the development of theoretical fundamentals of integrated intelligent control with a full usage of system’s non-linear technological resource.