

DOI: 10.15276/ETR.04.2021.1  
 DOI: 10.5281/zenodo.6536334  
 UDC: 005.7:681.5:519.711  
 JEL: C61

## ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ СТВОРЕННІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

## OPTIMIZATION OF THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEM COMPOSITION IN THE CREATION OF HIGH-TECH PRODUCTION



Vitaliy I. Zakharchenko, DEcon, Professor  
 Odessa Polytechnic State University, Odesa, Ukraine  
 ORCID: 0000-0003-2903-2471  
 Email: kafedra.info@mzeid.in

Svitlana O. Yermak, DEcon, Associate Professor  
 Odessa Polytechnic State University, Odesa, Ukraine  
 ORCID: 0000-0001-5232-6406  
 Email: epifodessa@gmail.com

Received 16.08.2021

Для багатьох завдань створення складних технологічних систем, що піддаються формалізації і забезпечені апріорною вихідною або достатньою статистичною інформацією, розроблені конструктивні і, при деяких обмеженнях на структуру завдань, ефективні методи розв'язання по формуванню варіантів їх складу. До них у першу чергу належать методи з різноманітних розділів математичного програмування й оптимального управління. Для обґрунтування складу елементів систем вільної природи розроблено моделі узагальненого математичного програмування й схеми багатокрокового узагальненого математичного програмування. Проте існуючі методи неможливо застосувати для розв'язання навіть відносно простих завдань, що вирішуються спеціалістами, не звертаючись до формалізації умов і задовольняючись неповною інформацією. Особливо це відноситься до умов високотехнологічного виробництва (ВТВ).

Високі технології (англ. high technology, high tech, hi-tech) – найновіші і найпрогресивніші технології сучасності. До високих технологій належать найбільш наукомісткі галузі промисловості (Вікіпедія). Згідно з визначенням департаменту торгівлі США, галузі, в яких співвідношення витрат на R&D та обсягів збуту перевищує більше ніж в два рази середньостатистичні показники, класифікуються як високотехнологічні. Визначення високотехнологічних галузей ОЕСР (англ. OECD) враховує три складові – частку витрат на R&D у витратах підприємств галузі, частку високотехнологічної комплектації у складі виробів та частку персоналу R&D у складі підприємств.

*Захарченко В.І., Єрмак С.О. Оптимізація складу організаційно-технологічної системи при створенні високотехнологічного виробництва. Науково-методична стаття.*

Запропоновано методика, яка дозволяє сформувати варіанти складу організаційно-технологічних систем, які функціонують у мінливих вітчизняних умовах створення високотехнологічного виробництва. Результати, які можуть бути отримані на основі використання цієї методики, можливо розглядати як вихідні дані для проведення оцінки ефективності та обґрунтованості в вигляді передпланових досліджень оптимального варіанту складу створення організаційно-технологічної системи на високотехнологічному підприємстві. Такі системи, як правило, функціонують в умовах конфлікту з іншою або декількома протилежними системами. Особливо такі ситуації складаються на ранніх стадіях життєвого циклу створення систем. Ці системи являють собою сукупність об'єднаних єдністю цілі елементів функціонування, отримання інформації та протидії з відомими характеристиками і підпорядкованими взаємозв'язками у просторі та часі. Вони складаються з декількох підсистем у ієрархічній сукупності, що взаємопов'язані та доповнюють одна одну при реалізації цільового призначення різних типів елементів. Запропоновано вирішення завдання узагальненого математичного формування вихідних параметрів складу таких систем на основі багатокрокових процедур обґрунтування і вибору саме необхідних параметрів.

*Ключові слова:* система, модель, технологія, високі технології, формалізація, структура, конфлікт, ефективність, декомпозиція

*Zakharchenko V.I., Yermak S.O. Optimization of the organizational and technological system composition in the creation of high-tech production. Scientific and methodical article.*

The technique which allows to form variants of structure of organizational and technological systems which function in changing domestic conditions of creation of high-tech manufacture is offered. The results that can be obtained based on the use of this technique can be considered as initial data for assessing the effectiveness and validity in the form of planned studies of the optimal composition of the organizational and technological system in a high-tech enterprise. Such systems usually operate in conflict with another or more opposing systems. Especially such situations develop in the early stages of the life cycle of systems. These systems are a set of elements of functioning, obtaining information and counteraction united by the unity of the goal with known characteristics and subordinate interrelations in space and time. They consist of several subsystems in a hierarchical set, which are interconnected and complement each other in the implementation of the purpose of different types of elements. The solution of the problem of the generalized mathematical formation of initial parameters of structure of such systems based on multi-step procedures of substantiation and a choice of necessary parameters is offered.

*Keywords:* system, model, technology, high technologies, formalization, structure, conflict, efficiency, decomposition

Аналіз світових стандартів представлено у Т. Хаціхроноглу «Огляд сектору високих технологій та класифікація товарів». Цей матеріал прийнятий країнами ОЕСР. Автор визначає, що традиційно для аналізу торговельних потоків використовують два підходи: галузевий (рівень технологічної ємності видів промисловості) та товарний (технологічна ємність окремих видів продукції) [23].

В Україні у 2008 р. було затверджено Перелік високотехнологічних товарів, який гармонізований з переліком ОЕСР [13]. О. Саліхова у своїх роботах аналізує групування

виробництв за рівнем технологічності на основі стандартів ЄС [16, с.45-47].

Відсутність стійкої тенденції до зростання експорту/імпорту ВТ продукції (табл.1) свідчить про необхідність розробки науково обґрунтованих концепції та основ політики ВТ розвитку промислових підприємств України, механізмів їх реалізації. Державна підтримка поки поширюється на обмежене коло підприємств ВТ сфери, в першу чергу, – фармацевтичні препарати, медичні інструменти, літальні та комірні апарати, озброєння.

Таблиця 1. Експортно-імпортна діяльність у високотехнологічній сфері України

Показники	Роки	
	2016	2019
Промислове виробництво країни, млрд дол. США		
– експорт	63,3	36,4
– імпорт	76,9	39,2
– сальдо	-13,6	-2,8
Частка окремих видів ВТ продукції в експорті промислової продукції, %		
– фармацевтична продукція	0,5	0,6
– реактори, машини та обладнання	6,0	4,4
– електричні машини, аудіоапаратура	8,8	5,8
– літальні та космічні апарати	0,5	0,3
– оптичні прилади	0,5	0,3
Частка окремих видів ВТ продукції в імпорті промислової продукції, %		
– фармацевтична продукція	4,0	4,1
– реактори, машини і обладнання	0,1	12,0
– електричні машини, аудіоапаратура	0,08	8,2
– літальні та космічні апарати	0,09	0,3
– оптичні прилади	1,4	1,5
Сальдо зовнішньоторговельної діяльності за окремими видами ВТ продукції, млрд дол. США		
– фармацевтична продукція	-2,8	-1,4
– реактори, машини та обладнання	-3,1	-3,1
– електричні машини, аудіоапаратура	-2,4	-1,1
– літальні та космічні апарати	0,2	0,03
– оптичні прилади	-0,8	-0,4

*Джерело: власна розробка авторів*

У державній Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 р. зроблено наголос: «Стратегія успішного розвитку національних економічних систем держав-лідерів останніми роками тісно пов'язана з лідерством у дослідженнях і розробках, появою нових знань, розвитком високотехнологічного виробництва і створенням масових інноваційних продуктів» [18, с.9].

Разючими прикладами повного занепаду колишніх високотехнологічних комплексів, приміром, на Придніпров'ї є Дніпропетровський машинобудівний завод, Дніпропетровський комбайновий завод, Дніпропетровський радіоприладобудівний концерн «Весна», більшість підприємств верстатобудування, сільгоспмашинобудування, приладобудування тощо.

Технологічні, інвестиційні, фіскальні, соціальні, екологічні наслідки цього вкрай негативні. Не кажучи вже про втрату Україною

статусу індустріально розвинутої держави, занепаду більшості секторів, галузей і підгалузей промисловості. Більшість створених раніше потужних виробничо-технологічних комплексів переважно припинили своє існування. На їхній базі створено десятки суб'єктів підприємництва, які належать різним власникам, не мають спільної виробничої програми.

Що ж до галузевої структури промисловості, то за десять років частка продукції машинобудування у ній знизилася з 30,5 до жалюгідних 10,9 % [22].

Варто нагадати, що в економічно розвинених країнах світу питома вага продукції машинобудування у загальному обсязі промислового виробництва сягає 35-50 %.

Отже, ми є свідками двох масштабних економічних процесів – деіндустріалізації, тобто скорочення ролі й питомої ваги промисловості у економічній системі, та деконцентрації, тобто її подрібнення.

## Аналіз останніх досліджень та публікацій

У процесі проведення даного дослідження автори спиралися на праці таких фахівців, як: Амоша О. і Саломатіна Л. [1], Васильєв О. [2], Гавриш О. [3], Геєць В. [4], Єгоров І. [6], Касьянова Н. [7], Коноховський П. [8], Кредисов А. [9], Лисенко Ю. [12], Макаров В. [10], Містров Л. [11], Пітерс Т. [23], Прокопенко О. і Школа В. [14], Радзівська С. [15], Саліхова О. [16], Сідорова А. [17], Федулова Л. [19], Філіпшин І. [19], Хаціхроноглу Т. [23]. Так, О. Васильєв підтверджує, що «Україна зберігає світовий рівень у математиці, механіці, фізиці, інформатиці, матеріалознавстві, ряді інших наукових напрямків, безпосередньо пов'язаних із виробництвом високотехнологічної наукомісткої продукції, на яку неухильно зростає попит з боку вітчизняних та зарубіжних наукових установ і промислових підприємств» [2, с.215]. Але О. Амоша і Л. Саломатіна підкреслюють, що: «У сьогоденній час головною проблемою підтримки і розвитку інноваційного потенціалу залишається інвестування грошових засобів у НДДКР» [1, с.25]. О. Саліхова рекомендує «... 12 високотехнологічних напрямків, розвиток яких має стратегічне значення для України та є передумовою досягнення ключової мети нової стратегії – забезпечення ефективності економічної системи та національної безпеки країни: технології національної безпеки, ядерні технології, авіаційно-космічні технології, передові технології перероблення, телекомунікаційні технології, логістика, фармакологія та медичні прилади, нові матеріали, енергозберігаючі технології, біотехнології, нанотехнології, агрономія» [16, с.572-573]. О. Зубко підтверджує: «Міжнародна статистика дотримується галузевого підходу до оцінки товарної структури торгівлі за винятком високого рівня наукової місткості. Для оцінки обсягу торгівлі останнім застосовують товарний перелік, виокремлюючи в ньому авіаційно-космічну техніку, фармацевтичну продукцію, електроніку та телекомунікації, наукові прилади» [5, с.64]. А І. Єгоров узагальнює: «З метою підвищення ефективності формування та реалізації державної політики розвитку високих технологій необхідно усунути дублювання та конкуренцію існуючих механізмів та державних органів у цій сфері, їх взаємні суперечності, сконцентрувати ресурси та зусилля на стратегічних завданнях, підвищити координованість, відкритість та прозорість процесів прийняття рішень» [6]. В. Геєць додає: «У процесі таких змін тільки промисловість у взаємодії з інформаційно-комунікаційними технологіями надає можливість вибудувати нову інфраструктуру розвитку» [4, с.5]. А Л. Федулова вже аналізує сьомий технологічний уклад, який буде заснований на таких технологіях: нейровізуалізація, когнитивні препарати, когнітивні асистенти, мозко-машинні інтерфейси, штучні органи почуття [19, с.734].

І. Філіпшин узгоджує з іншими дослідниками, що: «Моделі розвитку підприємств, в залежності від підходів до розвитку поділяють на концептуальні, імітаційні, математичні» [20, с.41]. Наприклад, А. Сідорова пропонує індексну модель залежності частки інноваційної продукції від факторів капіталомісткості, обсягів та ефективності витрат на інновації [17, с.25]. Узагальнюючий «... огляд математичних моделей, у яких безпосередньо присутні такі продукти, як знання, нововведення та інновації» [10, с.3]. Ю. Лисенко у колективній роботі підсумовує: «Для ефективного функціонування проєктів необхідно, щоб спеціалізовані операції, які виконуються у різних «функціональних вузлах», були узгоджені» [12, с.341]. П. Коноховський додає: «Безпосередньо застосування класичних методів для оптимізації функцій, які залежать від великої кількості змінних, за наявності значної кількості обмежень, зіштовхується з серйозними обчислювальними труднощами, що робить відповідний апарат неефективним» [8, с.11]. При цьому, як рахують автори цього дослідження варто звертатися до поняття «життєвий цикл інновації». Так Т. Пітерс надає аж 15-ть компонентів циклу інновацій [24, р.XV]. О. Прокопенко і В. Школа пропонують своє визначення: «Інноваційний цикл – це період часу, протягом якого ідея набуває матеріального втілення» [14, с.217].

Автори згодні з С. Радзівською, що модернізацію ВТ сфери необхідно починати з оборонного напрямку – «... важливим джерелом інновацій є сфера НДДКР оборонно-промислового комплексу» [15, с.56]. М. Якубовський серед проблемних особливостей української промисловості відмічає «... посилення деградації вітчизняної промисловості у бік сировинного приросту розвинених країн і ринка для імпортової високотехнологічної продукції» [21, с.23]. А. Кредисов визначальним організаційним вектором сучасного розвитку бізнесу вважає соціальну відповідальність, що також відбувається на інноваційній трансформації суспільства [9, с.30].

О. Гавриш і К. Бояринова пропонують схематичні моделі функціональної екзистенції інноваційно-активних, інноваційних, наукомістких, високотехнологічних підприємств [3]. А Н. Касьянова підкреслює, що: «Зазвичай вертикальна інтеграція вигідна там, де існують високотехнологічні виробництва, ...» [7, с.124].

## Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Застосовно до широкого класу організаційно-технологічних систем (ОТС), що функціонують, як правило, в умовах конфлікту з однією або кількома протидіючими системами, до теперішнього часу конструктивних узагальнених підходів для формування варіантів складу систем на ранніх стадіях життєвого циклу не

запропоновано, особливо це стосується ВТВ. ОТС являють собою сукупність об'єднаних єдністю мети елементів управління, добування інформації і виконання (протидії) з відомими характеристиками і упорядкованими відносинами (взаємозв'язками) у просторі та у часі, що застосовуються для забезпечення дій різного роду функціональних систем. У якості ОТС ( $\alpha$ ) можливий розгляд фінансових, військових, економічних та інших ВТВ, виконання призначення яких пов'язано із подоланням (ослабленням) дій протидіючих систем (як правило, систем рівня ОТС ( $\beta$ )). Вони у загальному випадку містять у собі кілька технологічних систем, що складають ієрархічну сукупність взаєпов'язаних і доповнюючих один одного при реалізації цільового призначення різних типів елементів. На етапі формування техніко-економічних обґрунтувань ОТС у ВТВ часто доводиться зіштовхуватися з формуванням аксіоматичних правил обґрунтування і вибору множини вихідних даних, у тому числі й за елементним складом систем [11, с.25].

Актуальність розв'язання даного завдання виходить з вимоги реалізації на етапі генерації, обґрунтування й формування варіантів складу системи у ВТВ, необхідних для оцінки ефективності вибору переважного варіанту. У сучасності методичного апарату для обґрунтування й вибору складу всієї сукупності можливих елементів системи з можливими діапазонами змін значень їх характеристик не існує (у крайньому разі, він не забезпечує повноти розгляду й використання). Це обумовлено практичною неможливістю формалізації складу, структури, алгоритмів функціонування й засобів застосування ОТС ( $\alpha$ ) внаслідок необхідності аналізу більшої кількості як якісної, так і кількісної інформації про структуру, характеристики, принципи побудови, засоби застосування й ефекти взаємодії елементів протидіючих ОТС. Тому завдання узагальненого математичного формування вихідних варіантів складу ОТС ( $\alpha$ ) на основі багатокрокових процедур обґрунтування й вибору у теперішній час є актуальним. Пропонуємо конструктивний метод розробки такого формування.

*Мета статті* полягає у тому, щоб запропонувати методичний підхід до формування варіантів складу організаційно-технологічних систем у вітчизняному високотехнологічному виробництві в умовах конфлікту декількох аналогічних систем.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження**

ОТС ( $\alpha$ ) відноситься до класу стохастичних динамічних систем, функціонування яких залежить від складної взаємодії тимчасових розподілів різних заходів і наявності множини обмежень, частина з яких носить складний логічний характер. У відповідності до теорії дослідження операцій її розробка передбачає наявність: математичних моделей конфлікту двох

ОТС із протилежними (не обов'язково строго) цілями, кожна з яких намагається забезпечити собі максимальний вигравш (шляхом вибору і реалізації оптимальних стратегій з розподілу ресурсів своїх елементів, розраховуючи при цьому на результати дій протилежної сторони), й системи методик обґрунтування оптимального виду (складу, характеристик і засобів взаємозв'язків елементів) системи.

Розробка математичної моделі конфлікту двох ОТС починається з розробки морфологічного опису складу та структури динаміки конфлікту у вигляді набору дослідницьких, конструктивних й просторово-часових параметрів й обмежень. Основу дослідницьких параметрів складає номенклатура елементів (із заданими типами, характеристиками і алгоритмами функціонування), що виконують завдання з нейтралізації (зниження ефективності) дій відповідних елементів (об'єктів впливу) протилежної сторони. Невизначеність в інформації по стратегіях функціонування (поведінки) ОТС ( $\beta$ ) в моделі парюється обліком в системі даних з рівня розвитку й вдосконалення елементів, а також можливості адаптації її органів управління до зміни поточного становища.

ОТС ( $\beta$ ) в процесі конфлікту, не маючи можливості варіювати (внаслідок мінливості конфлікту) характеристики і алгоритми функціонування елементів, оптимізує свою поведінку розподілом їх ресурсу з метою зниження можливостей ОТС ( $\alpha$ ). Метою ж ОТС ( $\alpha$ ) є забезпечення дій функціональних систем шляхом впливу на елементи (об'єкти) протилежної сторони. Таким чином, ОТС можливо уявити у вигляді протидіючих систем: їх цілі є протилежними, а взаємодія – конфліктною. Врахування цих обставин призводить до необхідності розв'язання завдання в максі- або міні- постановці, що забезпечує отримання гарантованих оцінок при «розумній» поведінці протидіючої ОТС ( $\beta$ ). У якості показника ефективності, що впливає з фізичної сутності завдання, доцільно обрати мінімальну кількість елементів, що забезпечують виконання створюваної ОТС мети (сукупності завдань) із потрібною ефективністю.

Постановка завдання у цих умовах формується у такому вигляді: необхідно обґрунтувати для ОТС ( $\alpha$ ), що здійснює виконання поставлених ФС завдань з потрібною ефективністю  $E^H$  в умовах конфлікту з протидіючою системою при заданих:

- кількості розв'язуваних завдань,  $y = \overline{1, Y}$ ;
- ресурсі, що виділяється ОТС ( $\alpha$ ) для оснащення елементами виконання (протидії)  $k$ ,  $k = \overline{1, N}$  для виконання  $Y$  завдань;
- потенціальній ефективності застосування, характеристиках і алгоритмах функціонування елементів (засобів) ОТС ( $\alpha$ )  $x_j$  за впливом на елементи (об'єкти) протидіючої ОТС ( $\beta$ );
- складі і характеристиках елементів (об'єктів) впливу протидіючої ОТС ( $\beta$ ),  $j = \overline{1, n}$ ;



- умовах застосування елементів ОТС ( $\alpha$ ),  $\bar{X}_{jk}$ ;
- умовах застосування об'єктів впливу протиборчої ОТС ( $\beta$ ),  $\bar{X}_j$ , таку допустиму множину  $\Omega_k$  варіантів складу елементів з генерованої множини  $\Omega$ , яка забезпечує задану ефективність застосування  $E^n$ , й обрати зі множини  $\Omega_k$  варіант, що володіє мінімальним складом  $k^*$ , тобто:

$$k^* = \underset{\{k\}}{\text{Arg min}} \Omega_k, \quad (1)$$

при –

$$\begin{aligned} \Omega_k &= \{k: k = \\ &= \underset{\{k\} \{B\}}{\text{Arg max min}} \sum_{k=1}^N E(Y_k, N_k, \bar{X}_j, \bar{X}_{jk}, n) \\ &\geq E^n \end{aligned} \quad (2)$$

$$\Omega_k \in \Omega, \quad (3)$$

$$\Omega_k = \{\Omega_k^1, \Omega_k^2, \Omega_k^3\}, \quad (4)$$

$$N_k = \|M_{kl}\|_{LK}, \quad (5)$$

$$\Omega_k^1 = \{M_{kl}: \sum_{l=1}^{L_k} M_{kl} q_{kl} \leq Q_k\}, \quad (6)$$

$$\Omega_k^2 \in \Omega_k^{2*}; \Omega_k^{2*} \in \Omega_k^{3*}, \quad (7)$$

$$B = \{B^1, B^2, B^3\}, \quad (8)$$

$$Y_n, \bar{X}_j, \bar{X}_{jk}, B^2, B^1 = \text{const}, \quad (9)$$

де  $\Omega_k^1, \Omega_k^2, \Omega_k^3$  – множини генерованих варіантів складу елементів ОТС ( $\alpha$ ) із відомими діапазонами технологічних характеристик, алгоритмів функціонування й засобів застосування;  $B^1, B^2, B^3$  – множина складу, характеристик і засобів функціонування ОТС ( $\beta$ );  $E(Y_k, N_k, \bar{X}_j, \bar{X}_{jk}, n)$  – ефективність розв'язання  $Y$  завдань ОТС ( $\alpha$ );  $M_{kl}$  – кількість елементів (засобів)  $l$ -го типу, що включені до  $k$ -го варіанту складу ОТС ( $\alpha$ ),  $l = \overline{1, L}$ ;  $q_{kl}$  – масогабаритні характеристики  $l$ -го типу елемента, що розглядається для оснащення  $k$ -го варіанту складу ОТС ( $\alpha$ );  $Q_k$  – масогабаритні обмеження на оснащення ОТС  $k$ -м варіантом складу елементів;  $\Omega_k^{3*}$  – вектор параметрів, що характеризує просторово-часові обмеження на застосування  $k$ -го варіанту складу ОТС ( $\alpha$ );  $\Omega_k^{2*}$  – вектор досягнутої технологічної досконалості елементів.

Сформоване у вигляді рівнянь (1)-(9) завдання є багатопараметричним оптимізаційним завданням із нелінійною цільовою функцією, пов'язаними змінними і взаємозалежними обмеженнями. Розв'язання завдання (2) у передбаченні незалежності (незначної залежності) аргументів  $k$  та  $B$  здійснюється розширенням «внутрішнього» завдання мінімізації ефективності виконання ОТС  $k$ -го варіанту складу множини завдань для множини засобів функціонування  $B_k$  ОТС ( $\beta$ ). Математична модель ефективності

функціонування ОТС в умовах конфлікту (також представлено у [10-12]) дозволяє знайти розв'язання завдання (2) з урахуванням обмежень (3)-(9) й сформуванню матрицю ефективності  $k$ -х варіантів складу елементів ОТС ( $\alpha$ ), на основі якої у відповідності до рівняння (1) та обмежень (2)-(9) обрати оптимальний варіант.

Проте розв'язання завдання (1)-(9) цілеспрямовано (з урахуванням використання згаданої математичної моделі), навіть із залученням сучасних обчислювальних засобів, є неможливим. Потрібно залучення різного роду методів декомпозиції для її розчленування на систему завдань допустимої складності, що розв'язуються за допомогою різних математичних методів. Вихідною передумовою для проведення такої декомпозиції є послідовність операцій з підготування вихідних даних, впорядкування їх відповідним чином та виконання обчислювальних експериментів – це дозволить виділити три етапи розв'язання завдання.

На першому етапі формується вихідна множина об'єктів впливу, під якими розуміються елементи протиборчої ОТС ( $\beta$ ), що беруть участь у процесі зниження ефективності функціонування елементів ОТС ( $\alpha$ ). Вихідними даними для цього є загальні й приватні морфологічні моделі протиборчих систем.

На другому етапі завдання, що ставляться перед ОТС, надаються у вихідній множині об'єктів впливу. У якості вихідних даних для формування використовується множина об'єктів впливу, що була отримана на попередньому етапі, множина завдань з подавлення об'єктів ОТС ( $\beta$ ) застосовно до характерних станів системи.

На третьому етапі формується повна множина варіантів складу ОТС ( $\alpha$ ) й проводиться її аналіз з метою вибору оптимального (у сенсі (1)-(9)) складу елементів ( $N^*$ ). Вихідними даними для формування і вибору оптимального варіанту складу ОТС є: опис множини завдань зниження ефективності функціонування її засобів за рахунок застосування елементів ОТС ( $\beta$ )  $\bar{X}_{jk}$ ; можливості існуючих, розроблюваних та перспективних елементів (засобів) ОТС з подавлення об'єктів протиборчої системи ( $\bar{X}_j$ ) й потрібна ефективність розв'язання множини завдань з подавлення об'єктів ОТС ( $\beta$ ) ( $E^n$ ).

Практична реалізація поетапного обґрунтування й вибору варіантів складу системи для проведення наступного аналізу (оцінки ефективності) ОТС у ВТВ передбачає застосування таких математичних методів, що забезпечують:

- оперативне розв'язання завдання при великій множині одночасно використовуваних вихідних даних, а також урахування кількісної та якісної інформації про об'єкти впливу;
- можливість кількісної оцінки і аналізу варіантів складу системи, що формуються;
- повноту, простоту та всебічність аналізу варіантів складу системи, що формуються, з

- метою обґрунтувати прийняте рішення;
- можливість використання результатів у вигляді вихідних даних при розв'язанні завдань на інших рівнях досліджень;
- необхідну точність й достовірність отриманих результатів (адекватних за точністю й достовірністю наявних вихідних даних);
- реалізованість розроблених на їх основі методик на сучасних засобах обчислювальної техніки.

Як відомо, найбільш повно задовольняють переліченим вимогам логіко-ймовірнісні методи дослідження структурно-складних систем, основу яких складають поняття лінгвістичної змінної й мова алгебри логіки. Дані методи знайшли широке застосування при дослідженні надійності структурно-складних технологічних систем у ВТВ за заданими складом й структурою системи та ймовірностям безвідмовної роботи її елементів.

З урахуванням можливості застосування даних методів для розв'язання даного завдання постановку завдання (1)-(9) може бути зведено до визначення варіанту складу ОТС ( $\alpha$ ) за заданими задачами, об'єктами впливу, способами та елементами (засобами) протидії.

У такому випадку для здійснення формалізованого опису завдань, що поставлені перед ОТС ( $\alpha$ ), припустимо, що система може знаходитися у двох станах: завдання є розв'язаними ( $Y_n = 1$ ) та завдання не є розв'язаними ( $Y_n = 0$ ). Крім того, будемо рахувати, що розв'язання завдань детерміновано залежить від наявності об'єктів впливу  $x_j, j = \overline{1, n}$ , де  $n$  – число можливих об'єктів впливу й потенційних можливостей засобів ОТС з подавлення даних об'єктів  $x_{jk}, k = \overline{1, N}$ , де  $N$  – кількість можливих засобів протидії об'єкту  $x_j$ .

Досягнення мети, що поставлена перед ОТС ( $\alpha$ ) на  $i$ -тому етапі функціонування (в  $i$ -тому стані),  $i = \overline{1, I}$ , представимо у вигляді пошуку найкоротшого шляху розв'язання множини завдань. У даному випадку найкоротший шлях розв'язання  $u$ -го завдання описує один з можливих шляхів виконання завдання на основі мінімальної номенклатури об'єктів впливу та уявляє собою таку кон'юнкцію об'єктів, жодну з компонент якої не можливо вилучити, не порушив при цьому розв'язання завдання. Таку кон'юнкцію можливо записати у вигляді наступної функції алгебри логіки (ФАЛ):

$$\Pi_l = \bigwedge_{j \in M_l} x_j^{\alpha_l}, \quad (10)$$

де  $\wedge$  – знак логічного множення,  $M_l$  – множина номерів об'єктів впливу, що відповідають  $l$ -му найкоротшому шляху ( $\Pi_l$ );  $\alpha_l$  – коефіцієнт, що характеризує необхідність наявності ( $\alpha_l = 1$ ) або відсутності ( $\alpha_l = 0$ ) об'єкта впливу в  $l$ -му найкоротшому шляху;  $\bar{x}_j(x_j)$  – бінарна змінна, що характеризує відсутність (присутність) об'єкта впливу  $x_j$  у даному найкоротшому шляху: (11)

$$x_j = \begin{cases} x_j & \text{при } \alpha = 1; \\ \bar{x}_j & \text{при } \alpha = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Припускаючи, що завдання, які поставлені перед системою в  $i$ -му стані функціонування, можуть бути вирішені, якщо існує хоча б один найкоротший шлях, ФАЛ, що описує умови розв'язання даних завдань, буде мати вигляд:

$$y_i = \bigvee_{l \in D_i} \Pi_l = \bigvee_{l \in D_i} \left[ \bigwedge_{j \in M_l} x_j^{\alpha_l} \right], \quad (12)$$

де  $\vee$  – знак логічного додавання;  $D_i$  – множина можливих найкоротших шляхів розв'язання завдань, що поставлені перед ОТС ( $\alpha$ ) в  $i$ -му стані.

У зв'язку з тим, що ОТС ( $\alpha$ ) повинна розв'язувати завдання з подавлення об'єктів протиборчої системи на  $i$ -х етапах функціонування, формування ФАЛ, що описують розв'язання даних завдань, будуть мати вигляд:

$$Y_n = \bigwedge_{i \in N_i} y_i; \quad N_i = \overline{1, I}, \quad (13)$$

Підставляючи вираз (10) до рівняння (11) і перетворюючи отриманий вираз, отримаємо:

$$Y_n = \bigwedge_{i=1}^d C_i = \bigvee_{i=1}^d \left[ \bigwedge_{j \in M_i} x_j^{\alpha_i} \right], \quad (14)$$

де  $d$  – число можливих шляхів розв'язання  $u$ -х завдань, що поставлені перед ОТС ( $\alpha$ );  $C_i$  –  $i$ -й шлях розв'язання завдання;  $M_i$  – множина номерів об'єктів впливу, що відповідають  $i$ -му шляху.

Доповнюючи кожний об'єкт впливу  $x_j$  у виразі (12) ФАЛ  $F_j(\bar{X}_j)$ , що описує умови його застосування (дальність застосування, час доби й т.п.), отримаємо:

$$Y_n = \bigvee_{i=1}^d \left[ \bigwedge_{j \in M_i} x_j^{\alpha_i} F_j(\bar{X}_j) \right], \quad (15)$$

де  $\bar{X}_j$  – вектор умов застосування об'єкта  $x_j$ .

Ставлячи у відповідність до кожного об'єкту сукупність засобів протидії й вважаючи, що об'єкт буде подавлений, якщо застосовується хоча б один засіб протидії, отримаємо:

$$Y_n = \bigvee_{i=1}^d \left[ \bigwedge_{j \in M_i} \left\{ x_j^{\alpha_i} F_j(\bar{X}_j) \left( \bigvee_{k \in M_j} x_{jk} \right) \right\} \right], \quad (16)$$

де  $M_j$  – множина номерів засобів протидії.

Вводячи до отриманого виразу умови застосування засобів протидії, що описуються за допомогою ФАЛ  $f_k(\bar{X}_{jk})$ , маємо:

$$Y_n = \bigvee_{i=1}^d \left[ \bigwedge_{j \in M_i} \left\{ x_j^{\alpha_i} F_j(\bar{X}_j) \left( \bigvee_{k \in M_j} x_{jk} f_k(\bar{X}_{jk}) \right) \right\} \right] \quad (17)$$

де  $\bar{X}_{jk}$  – вектор умов застосування засобів протидії ОТС ( $\alpha$ ) (дальність, екологічні умови й т.п.).

Використання всіх засобів протидії ОТС ( $\alpha$ ), що надані у виразі (17), для досягнення завдань системою забезпечує достатньо високу ймовірність розв'язання завдань подавлення та призводить до суттєвого ускладнення структури системи (складу, алгоритмів функціонування й т.п.) у ВТВ. Зменшення числа засобів протидії спрощує систему, але призводить до зниження ефективності розв'язання завдань. Виходячи з цього у відповідності до виразу (1) визначається сукупність засобів протидії, що забезпечують досягнення мети застосування ОТС ( $\alpha$ ) при необхідній ефективності.

Для повноти розгляду сукупності засобів протидії припустимо, що в процесі впливу протидійчої системи на елементи ОТС застосовуються усі можливі засоби ( $x_j = 1$ ) та є можливість застосовувати усі засоби протидії. Тоді ФАЛ (див. рівняння (17)) перетвориться на вигляд:

$$Y_n = \bigvee_{i=1}^N \left[ \bigwedge_{j \in M_i} x_{ij} \right], \quad (18)$$

де  $N$  – кількість можливих варіантів складу ОТС ( $\alpha$ );  $M_i$  – множина номерів засобів протидії, що входять до  $i$ -го варіанту ОТС ( $\alpha$ ).

При розробці ОТС, що призначена для реалізації сукупності завдань при відсутності протидії або для проведення оперативних розрахунків, ступінь впливу засобів протидії на досягнення системою цільового призначення, що визначається у відповідності до ФАЛ за формулою (18), можливо оцінювати за приватними показниками ефективності «вага», «значимість» та «внесок».

Показник ефективності «вага»  $g_{x_{ij}}$  характеризує приватність використання засобу протидії при розв'язанні ОТС ( $\alpha$ ) всієї сукупності завдань та розраховується за формулою:

$$g_{x_{ij}} = \frac{\sum_{n=1}^l 2^s - (r_n - 1) - \sum_{k=1}^m 2^s - (r_k - 1)}{2^s}, \quad (19)$$

де  $s$  – загальна кількість засобів протидії, що входять до ФАЛ, що визначається за формулою (18);  $l, m$  – число кон'юнкцій у ФАЛ (див. формулу (18)), що представлена у досконалій диз'юнктивній нормальній формі та містить  $x_{ij}$  та  $\bar{x}_{ij}$  відповідно;  $r_n, r_k$  – ранги елементарних кон'юнкцій, що містять  $x_{ij}$  та  $\bar{x}_{ij}$  відповідно.

Правила надання ФАЛ за формулою (18) у досконалій диз'юнктивній нормальній формі наведено у літературі [10-11].

Показник «значимість» ( $\xi_{x_{ij}}$ ) засобу протидії характеризує приріст ефективності функціонування ОТС ( $\alpha$ ) за умови, що значення показника наявності засобу протидії змінюється при заданих фіксованих показниках інших засобів протидії; визначається з виразу:

$$\xi_{x_{ij}} = P_{p_1}^{(j)} [y_1^{(j)}(x_{i1}, \dots, x_{in})] - \quad (20)$$

$$P_{p_0}^{(j)} [y_0^{(j)}(x_{i1}, \dots, x_{in})],$$

де  $P_{p_1}^{(j)}, P_{p_0}^{(j)}$  – ефективність розв'язання завдання ОТС ( $\alpha$ ) при наявності та відсутності  $j$ -го засобу протидії;  $y_1^{(j)}(x_{i1}, \dots, x_{in}), y_0^{(j)}(x_{i1}, \dots, x_{in})$  – одинична та нульова функції ФАЛ (див. формулу (18)), що представлена у досконалій диз'юнктивній нормальній формі.

Величини  $P_{p_1}^{(j)}$  та  $P_{p_0}^{(j)}$  визначаються з імовірнісної функції, отриманої з ФАЛ за формулою (18) за відомими алгоритмами.

Показник ефективності «внесок» ( $b_{x_{ij}}$ ) засоби протидії обчислюються за формулою:

$$b_{x_{ij}} = P_j \xi_{x_{ij}}, \quad (21)$$

де  $P_j$  – ефективність  $j$ -го засобу протидії.

Розраховані за наведеними формулами кількісно-якісні показники ефективності засобів протидії дозволяють оперативно оцінити їх роль при розв'язанні завдань та обґрунтувати варіанти складу ОТС ( $\alpha$ ), що підлягають подальшій оцінці.

Разом із тим при заданих складі та структурі ОТС ( $\alpha$ ) застосування логіко-ймовірнісних методів дозволяє оцінити також якість її функціонування при зміні показника ефективності одного або декількох засобів протидії або при дублюванні засобів (один і той же об'єкт впливу пригнічується різними засобами) за показниками якісного та кількісного приросту ефективності функціонування ОТС у ВТВ.

Показник якісного приросту ефективності  $\Delta P_{p_{\text{поч}}}$  функціонування ОТС ( $\alpha$ ) може бути визначений за допомогою виразу:

$$\begin{aligned} \Delta P_{p_{\text{поч}}} = & \sum_{j \in M_1} \left( \frac{dP_p}{dP_j} \right) \Delta P_{p_j} + \\ & \sum_{i, j \in M_2} \left( \frac{d^2 P_p}{dP_{p_i} dP_{p_j}} \right) \Delta P_{p_i} \Delta P_{p_j} + \\ & \sum_{i, j, \dots, k \in M_1} \left( \frac{d^3 P_p}{dP_{p_i} dP_{p_j} \dots dP_{p_k}} \right) \Delta P_{p_i} \Delta P_{p_j} \dots \Delta P_{p_k} \\ & + \dots \\ & + \Delta P_{p_1} \Delta P_{p_2} \dots \Delta P_{p_n}, \end{aligned} \quad (22)$$

де  $M_l$  – множина поєднань засобів протидії;  $P_{i0}$  – вихідний рівень ефективності  $i$ -го засобу протидії.

Змішані приватні похідні у виразі визначаються за правилами звичайного диференціювання.

При цьому значення показника ефективності  $j$ -го засобу протидії при його дублюванні однотипним засобом зростає на величину  $\Delta P_{p_j}$  та може бути визначено за формулою:

$$\Delta P_{p_j} = P_{p_j} Q_j, \quad (23)$$

а значення показника кількісного приросту ефективності ОТС ( $\alpha$ ) розраховується у відповідності до виразу:

$$\Delta P_{p_{кл}} = \left(\frac{dP_p}{dP_{p_j}}\right) \Delta P_{p_j} Q_j, \quad (24)$$

У загальному випадку при дублюванні декількох засобів протидії ОТС ( $\alpha$ ) аж до максимально можливого їх числа  $n$  показник кількісного приросту ефективності визначається з виразу:

$$\begin{aligned} \Delta P_{p_{кін}} = & \sum_{j \in M_1} \left(\frac{dP_p}{dP_j}\right) \Delta P_{p_j} Q_i + \\ & \sum_{i, j \in M_2} \left(\frac{d^2 P_p}{dP_{p_i} dP_{p_j}}\right) P_{p_i} P_{p_j} Q_i Q_j \\ & + \dots \\ & + \sum_{i, j, \dots, k \in M_1} \left(\frac{d^1 P_p}{dP_{p_i} dP_{p_j} \dots dP_{p_k}}\right) P_{p_i} P_{p_j} \\ & \dots P_{p_k} Q_i Q_j \dots Q_k + \\ & + P_{p_1} P_{p_2} \dots P_{p_n} Q_1 Q_2 \dots Q_n. \end{aligned} \quad (25)$$

Загальний показник ефективності функціонування ОТС ( $\alpha$ ) ( $E_p$ ) у цьому випадку розраховується як сума початкової ефективності  $P_{p_{поч}}$  та складових її якісного та кількісного приростів:

$$E_p = P_{p_{поч}} + P_{p_{як}} + P_{p_{кін}}, \quad (26)$$

Значення  $P_{p_{поч}}$  визначається з виразу для ймовірнісної функції при значеннях  $P_{i_0}$ .

Аналіз результатів розрахунку значень показників якісного і кількісного приростів ефективності дозволяє напрацювати технічні вимоги до елементів протидії, а показник

ефективності «важливість» та «вага» – обґрунтувати оптимальний варіант складу елементів ОТС ( $\alpha$ ), що функціонує у різних умовах застосування.

### Висновки

Таким чином, розроблена методика (у межах виконання НДР: «Конкурентна розвідка в безпекоорієнтованому управлінні інноваційно-інвестиційним розвитком підприємств стратегічного значення для національної економіки і безпеки держави» (0119U002005)) дозволяє сформувати варіанти складу ОТС ( $\alpha$ ), що функціонує у різних умовах застосування у ВТВ. Результати, отримані за допомогою даної методики, є вихідними даними для проведення оцінки ефективності й обґрунтування (в сенсі заданих критеріїв) оптимального варіанту складу елементів ОТС у ВТВ. Важливість ВТВ з точки зору довгострокових перспектив економічного розвитку визнається усім світом. Особливо чітко це усвідомлюють у країнах, що відчують серйозні економічні потрясіння. В таких країнах окремі невеликі зміни та вдосконалення старої системи кардинально ситуацію не змінять, а тільки дозволять утриматися на плаву. Якщо прагнення цих країн сфокусовані на високих цілях, а саме: здійснити високотехнологічний прорив, зайняти лідуючі позиції у окремих нішах й галузях, тоді мова повинна йти про перетворення зовсім іншої якості – заснованих на ВТВ.

### Abstract

A generalized methodological approach is proposed for the formation of options for creating organizational and technological systems in high-tech production at an early stage of their life cycle, which function in conditions of conflict with one or more other systems. Such a system is a set of control elements united by the unity of purpose, using available information and counteraction with known characteristics, and ordered interrelationships in space and time, used to ensure the actions of various kinds of functional systems. In the general case, they include several subsystems that make up a hierarchical set of interconnected and complement each other in the implementation of the intended purpose of various types of elements. At the stage of forming feasibility studies of such systems, one has to deal with the observance of the axiomatic rules for justifying and choosing a set of initial data, first of all, in terms of the elemental composition of the system. The relevance of the posed and solved problem proceeds from the requirement of implementation at the generation stage, justification, and formation of options for the composition of the system in high-tech production necessary for assessing the effectiveness and choosing the preferred option. The difficulties are due to the practical impossibility of formalizing the composition, structure, algorithms of functioning and methods of using organizational and technological systems due to the need to analyze a large amount of both qualitative and quantitative information about the structure, characteristics, principles of construction, methods of application and effects of interaction of elements of opposing systems.

Therefore, it is extremely important to find a solution to the problem of mathematical formation of the initial options for creating systems based on multi-step procedures for justifying and choosing an acceptable action. Such systems belong to the class of stochastic dynamical systems, the functioning of which depends on the complex interaction of temporal distributions of events and the presence of many restrictions. In accordance with the theory of operations research, its development presupposes the existence of a mathematical model of the conflict between two similar systems with opposite goals, each of which seeks to ensure its maximum benefit.

The developed mathematical model of the conflict of two organizational and technological systems begins with the development of a morphological description of the composition and structure of the dynamics of the conflict in the form of a set of research, constructive and space-time parameters, and constraints. The research parameters are based on the nomenclature of elements that perform the tasks of neutralizing the actions of the corresponding elements of the opposite side. Uncertainty in information on the functioning strategies of the



opposite system in the model is countered by considering the system's data on the level of development and improvement of elements, as well as the possibility of adapting its controls to changes in the current situation. A mathematical model for assessing the effectiveness of the functioning of an organizational and technological system in a conflict allows us to find a solution to the problem of its stability. To do this, it is necessary to consider the specified restrictions and form an efficiency matrix for several options for the composition of the elements of such a system, based on which the optimal option should be chosen. This requires the use of various kinds of decomposition methods to decompose it into a system of problems of admissible complexity that can be solved by mathematical methods.

The initial data for the formation and selection of the optimal composition of the organizational and technological system are a description of the set of tasks to reduce the efficiency of the functioning of its means using system elements to suppress objects of the opposite system and the required efficiency of solving a set of tasks to suppress its objects.

#### Список літератури:

1. Амоша А.И. Инновационное развитие промышленных предприятий в регионах: проблемы и перспективы. / А. И. Амоша, Л. Н. Саломатина // Экономика Украины. – 2017. – №3. – С.20-34.
2. Васильев О. Проблеми розвитку високотехнологічних галузей економіки України в умовах глобальної конкуренції. / О. Васильев // Дослідження міжнародної економіки: збірник наукових праць. – 2011. – №1(66). – С.209-227.
3. Гавриш О.А. Диференціація промислових підприємств як інноваційно функціонуючих виробничо-економічних систем. / О. А. Гавриш, К. О. Бояринова // Економічний вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2015. – № 12. – С. 417-424.
4. Геец В.М. Институциональная обусловленность инновационных процессов в промышленном развитии Украины. / В. М. Геец // Экономика Украины. – 2014. – №12. – С.4-19.
5. Зубко О. Методичні підходи до визначення рівнів технологічної місткості українського експорту. / О. Зубко // Товари і ринки. – 2011. – №1. – С.59-66.
6. Імплементация высоких технологий в экономику Украины : научная доповідь. / За ред. І.Ю. Єгорова, І.В. Одотюка, О.Б. Саліхової. – Київ: НАН України, ДУ «Інститут екон. та прогноз. НАН України». – 2016. – 166 с.
7. Касьянова Н.В. Формування вертикально-інтегрованих високотехнологічних компаній. / Н. В. Касьянова // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2017. – №1(40). – С.124-128.
8. Конюховский П.В. Математические методы исследования операций. / П. В. Конюховский– СПб.: Питер. – 2001. – 192 с.
9. Кредисов А.И. Организационный вектор развития современного бизнеса. / А. И. Кредисов // Экономика Украины. – 2013. – №10(615). – С.21-31.
10. Макаров В.Л. Обзор математических моделей экономики с инновациями. / В. Л. Макаров // Экономика и математические методы. – 2009. – Т.45. – №1. – С.3-14.
11. Мистров Л.Е. Методика обоснования состава организационно-технических систем на ранней стадии жизненного цикла. / Л. Е. Мистров // Машиностроитель. – 2004. – №5. – С.25-30.
12. Модели управления проектами в нестабильной экономической среде: монография. / Под ред. Ю.Г. Лысенко. – Донецк: Юго-Восток. – 2009. – 354 с.
13. Наказ Міністерства промислової політики «Про затвердження Методики ідентифікації українських високотехнологічних промислових підприємств» від 08.02.2008 р. №80. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0080581-08#Text>.
14. Прокопенко О.В. Наукові підходи до трактування поняття і визначення етапів життєвого циклу інновації. / О. В. Прокопенко, В. Ю. Школа // Економічні інновації. – 2010. – №41. – С.213-223.
15. Радзиевская С.А. Вектор интеграции и научно-техническое развитие Украины. / С. А. Радзиевская // Экономика Украины. – 2013. – №11(616). – С.51-60.
16. Саліхова О.Б. Високотехнологічні виробництва: від методології оцінки до піднесення в Україні: монографія. / О. Б. Саліхова– Київ: ІЕП НАНУ. – 2012. – 624 с.
17. Сидорова А. Направления инновационного развития в промышленности Украины. / А. Сидорова, А. Анисимова // Экономика Украины. – 2009. – №3. – С.19-26.
18. Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року. Розпорядження КМУ від 10.07.2019 р. №526-р. // Урядовий кур'єр. – 2019. – №143. – С.9.
19. Федулова Л.І. Технологічна політика: глобальний контекст та українська практика: монографія. / Л. І. Федулова – Київ: КНТЕУ. – 2015. – 844 с.
20. Філіпішин І.В. Управління розвитком промислових підприємств: підходи та методологія. / І. В. Філіпішин // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2015. – Вип. 2(12). – Т.3. – С.39-44.

21. Якубовский Н. Промышленная политика: проблемы и перспективы модернизации. / Н. Якубовский // Экономика Украины. – 2010. – №8. – С. 21-29.
22. Педько А. У створенні промислових груп має взяти участь держава. / А. Педько // Урядовий кур'єр від 18.06.2014 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/u-stvorenni-promislovih-grup-maye-vzyati-uchast-de/>.
23. Hatzichronoglou T. Revision of the High-Technology Sector and Product Classification. OECD Science. / T. Hatzichronoglou // Technology and Industry Working Papers. – 1997. – №2. – 26 p.
24. Peters T. The circle of Innovation. / T. Peters // Coronet Books. – 1948. – 519 p.

## References:

1. Amosha, A.I. & Salomatina, L.N. (2017). Innovative development of industrial enterprises in the regions: problems and prospects. *Ekonomika Ukrainyi*, 3, 20-34 [in Russian].
2. Vasiliev, O. (2011). Problems of development of high-tech industries of Ukraine in conditions of global competition. *Doslidzhennia mizhnarodnoi ekonomiky: zbirnyk naukovykh prats*, 1 (66), 209-227 [in Ukrainian].
3. Gavrish, O.A. & Boyarinova, K.O. (2015). Differentiation of industrial enterprises as innovatively functioning production and economic systems. *Ekonomichniy visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "Kyivskiy politekhnichnyi instytut"*, 12, 417-424 [in Ukrainian].
4. Geets, V.M. (2014) Institutional conditionality of innovation processes in the industrial development of Ukraine. *Ekonomika Ukrainyi*, 12, 4-19 [in Russian].
5. Zubko O. Methodical approaches to determining the levels of technological capacity of Ukrainian exports. *Tovary i rynky*, 2011, 1, 59-66 [in Ukrainian].
6. Implementation of high technologies in the economy of Ukraine: a scientific report. (2016) For edit. By Egorov, I.Yu., Odotyuk, I.V, Salikhova O.B. Kyiv: NAN Ukrainy, DU «Instytut ekon. ta prohozuv. NAN Ukrainy», 166 [in Ukrainian].
7. Kasyanova, N.V. (2017). Formation of vertically integrated high-tech companies. *Visnyk Donbaskoi derzhavnoi mashynobudivnoi akademii*, 1 (40), 124-128 [in Ukrainian].
8. Konyukhovskiy, P.V. (2001) Mathematical methods of operations research. St. Petersburg, Piter, 192 [in Russian].
9. Kredisov, A.I. (2013). Organizational vector of modern business development. *Ekonomika Ukrainyi*, 10 (615), 21-31 [in Russian].
10. Makarov, V.L. (2009). An overview of mathematical models of the economy with innovation. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 45, 1, 3-14 [in Russian].
11. Mistrov, L.E. (2004). Methods of substantiation of the composition of organizational and technical systems at an early stage of the life cycle. *Mashinostroitel*, 5, 25-30 [in Russian].
12. Models of project management in an unstable economic environment: a monograph. (2009). Ed. by Lysenko, Yu.G, Donetsk: Yugo-Vostok, 354 [in Russian].
13. Order of the Ministry of Industrial Policy "On approval of the Methodology for identification of Ukrainian high-tech industrial enterprises" dated 08.02.2008 №80. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0080581-08#Text> [in Ukrainian].
14. Prokopenko, O.V. & School, V.Yu. (2010). Scientific approaches to the interpretation of the concept and definition of the stages of the life cycle of innovation. *Ekonomichni innovatsii*, 41, 213-223 [in Ukrainian].
15. Radzievskaya, S.A. (2013). Vector of integration and scientific and technical development of Ukraine. *Ekonomika Ukrainyi*, 2013. №11 (616). P.51-60. [in Russian].
16. Salikhova, O.B. (2012). High-tech production: from the methodology of evaluation to the rise in Ukraine: a monograph. Kyiv: IEP NASU, 624 [in Ukrainian].
17. Sidorova, A. & Anisimova, A. (2009). Directions of innovative development in the industry of Ukraine. *Ekonomika Ukrainyi*, 3, 19-26. [in Russian].
18. Strategy for the development of innovation for the period up to 2030. Order of the Cabinet of Ministers of July 10, 2019, №526-r. *Government Courier*: 2019, 143, 9 [in Ukrainian].
19. Fedulova, L.I. (2015). Technological policy: global context and Ukrainian practice: monograph. Kyiv: KNTEU, 844 [in Ukrainian].
20. Filipishin, I.V. (2015). Industrial development management: approaches and methodology. *Teoretychni i praktychni aspekty ekonomiky ta intelektualnoi vlasnosti*, 2 (12), T.3, 39-44 [in Ukrainian].
21. Yakubovskiy, N. (2010). Industrial policy: problems and prospects for modernization. *Ekonomika Ukrainyi*, 8, 21-29 [in Russian].
22. Pedko, A. (2014). The state should take part in the creation of industrial groups. *Uriadovi kurier* dated 18.06.2014. Retrieved from <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/u-stvorenni-promislovih-grup-maye-vzyati-uchast-de/>.

23. Hatzichronoglou, T. (1997). "Revision of the High-Technology Sector and Product Classification", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 1997/02. doi: 10.1787/134337307632
24. Peters T. (1948). The circle of Innovation. Coronet Books, 519.

**Посилання на статтю:**

Захарченко В.І. Оптимізація складу організаційно-технологічної системи при створенні високотехнологічного виробництва / В. І. Захарченко, С. О. Єрмак // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2021. – № 4 (56). – С. 5-15. – Режим доступу до журн.: <https://economics.net.ua/files/archive/2021/No4/5.pdf>.  
DOI: 10.15276/ETR.04.2021.1. DOI: 10.5281/zenodo.6536334.

**Reference a Journal Article:**

Zakharchenko V.I. Optimization of the organizational and technological system composition in the creation of high-tech production / V. I. Zakharchenko, S. O. Yermak // Economics: time realities. Scientific journal. – 2021. – № 4 (56). – P. 5-15. – Retrieved from <https://economics.net.ua/files/archive/2021/No4/16.pdf>.  
DOI: 10.15276/ETR.04.2021.1. DOI: 10.5281/zenodo.6536334.

