

СИНЕРГЕТИКА В ТЕХНОНАУЦІ: ІНТЕГРАЦІЯ НАУКИ, ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Чурсінова О. Ю.

ВСТУП

Синергетика як галузь знань і методологія дослідження складних систем упевнено закріпилася в сучасному науковому дискурсі. Її завдання – розкривати сутність самоорганізації та виявляти механізми, які спричиняють перехід від хаотичних станів до впорядкованих структур. Об'єднуючи теоретичні надбання багатьох сфер – від фізики, хімії до біології та соціальних наук – синергетика забезпечує унікальне бачення природи та суспільства крізь призму нелінійних взаємодій, емерджентних явищ і динамічної рівноваги. У такий спосіб вона розкриває приховані закономірності в процесах, які донедавна здавалися надто складними чи непередбачуваними.

Протягом останніх десятиліть синергетичні методи дедалі активніше впроваджують у різноманітних галузях, що підкреслює їхню універсальність. У фізиці й хімії такий підхід дав змогу сформулювати моделі нелінійної динаміки, пояснити походження впорядкованих структур у нерівноважних системах. У біології й медицині він висвітлює складні процеси життєдіяльності організмів на різних рівнях – від молекулярного до екосистемного. Тим часом у соціальних науках синергетика надала методологічний інструментарій для вивчення нелінійних явищ у суспільно-політичних, економічних і культурних процесах.

Нині дедалі більшої ваги набувають дослідження взаємодії науки й технологій, що часто позначають як «технонаука»¹. Її сутність полягає в тому, що наукові теорії не лише описують реальність, а й забезпечують підґрунтя для створення нових рішень, зокрема технічних артефактів, інженерних систем, інформаційних платформ і подібних розробок. Щораз очевидніше, що ці процеси мають синергетичний характер: прогрес однієї сфери здатний несподівано спонукати прорив в іншій. Така взаємна «підтримка» зростає завдяки переплетінню наукових

¹ Чурсінова О. Ю., Повторєва С. М. Взаємозв'язок технонауки як нового типу раціональності і наукового етосу. *Humanistic expertise as a strategy for developing the future culture : Scientific monograph*. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2022. С. 331–344. DOI: 10.30525/978-9934-26-262-3-16.

відкриттів, експериментальної практики та інженерних підходів, котрі разом ініціюють нові напрями досліджень на стику кількох дисциплін.

Унаслідок такої інтеграції стираються межі між фундаментальними науковими пошуками та прикладними технологічними інноваціями. Технонаука вирізняється тим, що її завдання виходять за рамки пізнання навколишнього світу, вона активно конструює нові умови людського буття, впливаючи на екологічні, соціальні й культурні процеси. Щоб досягнути ці перетворення, важливо помічати, як компоненти системи та їхні взаємозв'язки формують єдине ціле, котре переважає суму своїх частин. Саме це становить основу синергетичного підходу: він дає змогу докладніше зрозуміти механізми зародження нових властивостей і структур у складних системах.

Симбіоз синергетики та технонауки відкриває перед людством нові перспективи. Спираючись на нелінійні моделі й принципи самоорганізації, дослідники не лише аналізують складні явища, а й розробляють системи, наділені адаптивністю, гнучкістю й високою продуктивністю. Передусім це стосується проєктів в інформаційних технологіях, нанотехнологіях, біоінженерії та когнітивних науках, де синергетичні ефекти стають рушійною силою новацій. Наприклад, створення «розумних» систем контролю виробничих процесів або розробка адаптивних біомедичних пристроїв значною мірою ґрунтується на принципах самоорганізації, сформульованих у синергетиці.

Водночас поширення потужних технологічних інструментів і втручання у довкілля та людський організм підсилюють відповідальність науковців і розробників. Синергетика, виступаючи водночас методологією та світоглядною оптикою, допомагає зважено оцінювати ризики й визначати перспективи. Розуміння взаємозалежності елементів складної системи спонукає до всебічного, усвідомленого та екологічно підходу в процесі створення нових технологій, що містить передбачення віддалених наслідків впливу на соціальне й природне середовище.

Таким чином, синергетичний підхід, започаткований у природничих науках, нині набуває ключового значення в контексті розвитку технонауки. Він дає можливість охоплювати складні процеси в усій повноті, виявляти приховані взаємозв'язки та формувати багатовимірне уявлення про походження й еволюцію сучасних технологічних систем. У результаті формується новий погляд на світ, у якому наука, техніка й технології функціонують як узгоджений комплексний організм, здатний до самоорганізації, зростання й продукування невичерпних можливостей для інновацій.

Отже, аналіз синергетики крізь призму технонауки дає змогу глибше досягнути логіку й динаміку сучасного науково-технологічного ландшафту. Він демонструє, що в добу стрімких змін чи не найважливішою

компетенцією стає здатність помічати приховані взаємозв'язки й перехресні впливи різних сфер. Завдяки поєднанню ідей, методів і засобів народжується цілісне бачення складних процесів, які визначають обличчя нашого технологічного сьогодення та окреслюють перспективи майбутнього.

1. Синергетичні механізми інновацій: від «розумних» систем до адаптивних платформ

Сучасний розвиток технонауки дедалі частіше ґрунтується на підходах, що передбачають одночасну взаємодію різноманітних наукових дисциплін і технологічних рішень. У цьому контексті синергетика відіграє провідну роль, оскільки дозволяє розглядати складні системи не як просту суму окремих елементів, а як інтегроване ціле з новими властивостями. Німецький дослідник Герман Гакен писав: «Синергетика – це міждисциплінарна галузь, що вивчає системи, які спонтанно формують просторові, часові або функціональні структури. Вона зосереджується на взаємодії між окремими частинами системи, що завдяки нелінійним процесам призводить до самоорганізації та виникнення нових форм порядку»². Вчений розглядав синергетику як науку про механізми самоорганізації та перехід від хаосу до порядку, зумовлений нелінійними взаємодіями. На його думку, застосування синергетичних принципів під час розроблення «розумних» систем й інноваційних платформ відкриває можливість приймати гнучкі, адаптивні та стійкі рішення. Одним із яскравих прикладів синергетичних механізмів у сфері технонауки є розробка «розумних» систем з елементами штучного інтелекту. Такі системи поєднують математичні алгоритми, обчислювальні ресурси, методи аналізу великих масиви даних і різноманітні сенсорні пристрої. У результаті цієї взаємодії постає нова якість: системи починають не лише реагувати на зміни, а й передбачати їх, пропонуючи оптимальні сценарії розвитку подій. Згідно з Германом Гакеном, «перехід від простого набору елементів до нової цілісності відбувається завдяки динамічним процесам самоорганізації»³. Наприклад, стосовно розумних міст (smart city) синергія між хмарними обчисленнями, IoT-пристроями та аналітичними інструментами дозволяє

² Haken H. Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry, and Biology. Berlin, Heidelberg: Springer, 1977. P. 1–3.

³ Haken H. Synergetics: An Introduction. 3rd ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1983, P. 7.

оперативне управляти трафіком, регулювати споживання ресурсів, а також забезпечувати безпеку й комфорт для населення⁴.

Ще однією сферою, де синергетика набуває особливого значення, є адаптивні платформи. Такі системи створюються для того, щоб у режимі реального часу відстежувати зміни в довкіллі, виробничих процесах чи поведінці користувачів і відповідно коригувати власну функціональність. «Спроможність системи до адаптації визначається рівнем взаємодії її підсистем, коли поєднання різних компонентів генерує нові поведінкові патерни»⁵. Синергетична взаємодія виявляється в тому, що платформа об'єднує різнорівневі модулі: від апаратного забезпечення (датчики, робототехніка, мережеві пристрої) до програмного (алгоритми оптимізації, інструменти прогнозування, системи підтримки ухвалення рішень). Кожен із цих компонентів сам по собі має обмежений спектр застосувань, але в поєднанні вони утворюють принципово нові можливості для моніторингу, аналізу та динамічної конфігурації системи загалом.

Прикладом такої синергії є платформи для дистанційної медицини, що інтегрують сенсорні пристрої для вимірювання життєвих показників пацієнтів із інтелектуальними системами діагностики. «Нова якість у системах охорони здоров'я досягається за рахунок ефективного об'єднання ресурсів, що розширює можливості діагностики та лікування»⁶. Поєднання медичних даних у єдиному інформаційному середовищі дає змогу лікарям отримувати вичерпну картину стану здоров'я пацієнта, проводити більш точні діагностичні та прогностичні оцінки, а пацієнтам – швидше реагувати на можливі ускладнення. Синергетична взаємодія технологій полягає в тому, що саме багатокомпонентність і здатність окремих елементів «підсилювати» одне одного створюють нову якість медичного обслуговування.

Важливо підкреслити й те, що синергетичні механізми стимулюють комунікацію та співробітництво між фахівцями з різних галузей. Інженери, дизайнери, фізики, медики, біологи та ІТ-спеціалісти, об'єднуючи свої знання й досвід, досягають «ефекту мультиплікативного зростання можливостей інновацій»⁷, що були б недосяжні у межах вузької спеціалізації. Подібна інтеграція формується не лише за рахунок формальних методів розподілу завдань, а й завдяки розумінню

⁴ Ijaz S., Shah M. A., Khan A., Ahmed M. Smart Cities: A Survey on Security Concerns. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2016. 7(2). DOI: 10.14569/IJACSA.2016.070277.

⁵ Haken H. *Synergetics: Introduction and Advanced Topics*. Berlin: Springer, 2004. P. 89. DOI: 10.1007/978-3-662-10184-1.

⁶ Jantsch E. *The Self-Organizing Universe*. Oxford: Pergamon Press, 1980. P. 56.

⁷ Prigogine I., Stengers I. *Order Out of Chaos: Man's Dialogue with Nature*. New York: Bantam Books, 1984. P. 24.

важливості кожного компонента та його ролі в загальному функціонуванні системи.

У ширшій перспективі застосування синергетичних принципів допомагає долати проблеми, спричинені складністю та непередбачуваністю сучасного світу. Підхід, що враховує взаємозв'язки й нелінійні ефекти, дозволяє приймати гнучкі технологічні рішення, відповідні до викликів як на глобальному, так і на локальному рівнях. Зрештою, синергетичні механізми в інноваціях не лише оптимізують взаємодію між різними компонентами систем, а й сприяють появі якісно нових властивостей, котрі визначають конкурентні переваги технологій майбутнього.

Таким чином, розгляд прикладів застосування синергетичних принципів у розробці «розумних» систем, адаптивних платформ та інших інноваційних рішень демонструє, що ефективна взаємодія елементів різного рівня складності створює підґрунтя для появи справді революційних технологій. «Коли частини інтегруються у складну систему, її поведінка набуває нових смислів і стратегій розвитку»⁸. Завдяки такому підходу можливо не лише вдосконалювати існуючі розробки, а й формувати нові напрямки розвитку науки й техніки, що в підсумку сприяє розбудові цілісної, гармонійної й динамічної адаптивної технонаукової екосистеми.

2. Технонаука як нова парадигма інноваційного поступу

Технонаука репрезентує новий виток у розвитку наукової сфери, коли акценти із суто пізнавальних завдань переміщуються на проєктно-конструктивні. У цьому контексті знання набуває прикладної спрямованості та використовується для створення інновацій, необхідних для розв'язання конкретних практичних завдань. Такий підхід значно посилює взаємозв'язок між наукою й технологіями, де основними критеріями успіху вважають не лише теоретичну глибину, а й здатність генерувати ефективні технічні рішення.

Одним із найбільш показових прикладів цього підходу є NBIC-технології (нанотехнології, біотехнології, інформаційні й когнітивні), що діють як єдина система, в якій кожна складова розвивається завдяки синергійній взаємодії з іншими⁹. Така кооперація дає змогу суттєво розширити можливості для вдосконалення людського організму, підвищення інтелектуального потенціалу та перетворення суспільства.

⁸ Haken H. *Synergetics: An Introduction*. Berlin: Springer-Verlag, 1977. P. 3.

⁹ Чурсінова О. Ю. Феномен технонауки в міждисциплінарних наукових комунікаціях. *Перспективи. Соціально-політичний журнал*. 2024. № 3. С. 4–12. DOI: 10.24195/spj1561-1264.2024.3.1.

Попри те, що когнітивні технології часто називають «когнітивною наукою», залишається традиція робити певний поділ між дослідницькими й інженерними завданнями. З одного боку, фундаментальна наука зосереджена на пошуку нових знань, а з другого – технічні проекти спрямовані на впровадження цих знань у реальні продукти й процеси. Стосовно технаук такої зближення природне, оскільки дослідницькі ідеї одразу впроваджують у практику, а практичний досвід, своєю чергою, стимулює формування нових теоретичних концепцій. Саме це робить NBIC-технології унікальним прикладом тісного переплетення науки й технології.

«До кінця двадцятого століття, у цей міфічний час, ми всі перетворюємося на химер – сконструйовані гібриди машини та організму – одним словом, кіборги»¹⁰. Донна Гарравей прямо вказує на злиття технологічного та біологічного, що є одним із мотивів розвитку NBIC-технологій і технаук загалом.

Зміни, властиві технауці, виходять далеко за межі звичайного посилення «технічності» в дослідницькій діяльності. Насправді, йдеться про іншу форму організації науки, тобто інтеграції природничих, технічних і навіть гуманітарних підходів, де впроваджуються нові методи та засоби розв'язання складних проблем. «Ми не лишаємося «собою» у присутності матерії настільки ж, наскільки матерія не залишається «собою» у нашій присутності. Ми взаємно змінюємо одне одне»¹¹. На думку Бруно Латура, термін «технаука» передає особливості сучасної наукової практики, коли відкриття й технологічні розробки відбуваються майже одночасно. Автор підкреслює ідею взаємного впливу науковця і об'єкта дослідження, що відображає концепцію технаук: наука не лише пізнає світ, а й активно його перетворює. Також він звертає увагу на те, що нині наука й технологія формують єдиний гібрид, який уже не підлягає традиційній дихотомії «наукове знання» й «технічне застосування»¹².

Незважаючи на поширені заяви про швидке становлення нової наукової парадигми, вона ще перебуває на стадії формування та постійного осмислення. У філософії науки бракує усталених моделей, які охоплювали би весь спектр питань, що виникають у межах технаук. Представники соціальних досліджень вказують, що взаємопроникнення

¹⁰Haraway D. A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century. In *Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*. York: Routledge, 1991. P. 150.

¹¹Latour B. Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999. P. 24.

¹²Latour B. Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987. pp. 174–175.

фундаментальних і прикладних підходів ставить під сумнів звичний поділ на «чисту» й «прикладну» науку, адже найвищою цінністю все частіше вважають технологічну ефективність, а не ізольований пошук істини. Перевірка результатів здійснюється передусім через їхню здатність розв'язувати конкретні завдання та створювати інноваційні продукти, отже, об'єктивність науки все частіше ідентифікують із технічною дієвістю та практичною перевіркою.

За позицій різних філософських шкіл, головна відмінність технауки полягає в тому, що дослідницька діяльність і прийняття технологічних рішень набувають спільної логіки¹³. Тепер знання виникає не тільки як абстрактний теоретичний конструкт, але і як практично зумовлений результат, що можна одразу перевірити й застосувати. Таке взаємопроникнення стало можливим завдяки високому рівню комп'ютеризації, цифровій обробці даних та швидкому поширенню інформації, що дає змогу об'єднувати зусилля багатьох дослідників і розробників у межах одного процесу.

Новітні підходи до поєднання науки й технологій призвели до трансформації попередніх уявлень про те, як мають розвиватися дослідження та яким чином слід упроваджувати їхні результати. Якщо раніше технологія переважно розглядалася як практичне застосування відкритих наукових принципів, то тепер обидва процеси поєднані настільки тісно, що важко відділити момент формування нового знання від моменту його практичного використання. Наукова діяльність усе більше орієнтується на пошук результатів, здатних наочно підтвердити свою цінність, а орієнтація на чисту теорію поступово відходить у минуле.

Такий поворот у науці має не лише позитивні наслідки. Поряд зі стрімким прискоренням інновацій, виникають складні питання етики, відповідальності розробників та наслідки масштабного впливу нових технологій на довкілля і суспільство. Незважаючи на ризики, технаука дає змогу по-іншому поглянути на взаємозв'язки між різними сферами знання, відкриває перспективи створення трансдисциплінарних напрямів досліджень і вносить суттєві зміни в науковий і технологічний поступ. Цей феномен може перетворити усталені уявлення про мету науки, її місце в суспільстві та способи взаємодії між дослідниками, інженерами, виробниками й споживачами.

¹³ Petrushenko V., Chursinova O. Philosophical and anthropological dimension of technoscience. *Filosofija. Sociologija*. 2019. 30 (3). P. 199–205. DOI: 10.6001/fil-soc.v30i3.4042.

3. Виклики та перспективи інтеграції науки, техніки і технологій

В сучасну епоху стрімкого науково-технічного прогресу дедалі очевиднішою стає потреба в глибшому осмисленні та поєднанні науки, техніки й технологій. Це зумовлене не тільки темпами виникнення інновацій, а й зростанням їхнього впливу на людину та довкілля. Саме в цьому контексті комплексний підхід може постати важливою теоретичною й методологічною основою для розуміння складних процесів і пошуку нових шляхів формування технаук – сфери, де наукові знання, інженерні винаходи та технологічні рішення діють у взаємодії, утворюючи єдине ціле.

Один з головних викликів полягає в надзвичайно швидкому темпі виникнення нових технологій. Ендрю Фінберг підкреслює, що «технологія – це не просто зовнішня сила, що впливає на суспільство; це середовище нашого життя та водночас постійний соціальний конструкт, який визначає наші можливості»¹⁴. Автор вказує на двосторонню взаємодію між технологією і суспільством, що особливо актуально для технаук, де наукові знання та технологічні рішення розвиваються одночасно.

Протягом останніх десятиліть відбулося експонентне зростання цифрових рішень, стрімкий розвиток штучного інтелекту, формування квантових обчислень і проривні відкриття у біоінженерії. Ці досягнення часто випереджають суспільні та етичні норми, що мали б їх регулювати.

Шейла Джасановф стверджує: «Ми існуємо у світі, що дедалі більше створюється зусиллями людини. Наука й технологія тут виступають не лише предметом політичних дискусій, а й інструментами управління та засобами переосмислення людської природи»¹⁵. Авторка вказує на взаємодію між наукою, технологіями та суспільними процесами. З одного боку, наука й технології істотно змінюють наше повсякдення, відкриваючи нові обрії у виробництві, медицині, комунікаціях та освіті. Вони дають суспільству змогу розвиватися динамічніше та ефективніше, прокладаючи шлях до глобальних перетворень – від способу спілкування до засад економічної діяльності.

Водночас наукові дослідження й технологічні новації завжди втілюються в певному соціокультурному й політичному середовищі, що істотно впливає на їхній розвиток і кінцеві результати. Так, пріоритетність фінансування окремих галузей чи впровадження певних

¹⁴ Feenberg A. *Transforming Technology: A Critical Theory Revisited*. Oxford: Oxford University Press, 2002. P. 14.

¹⁵ Jasanoff S. *States of Knowledge: The Co-Production of Science and Social Order*. London: Routledge, 2004. P.2

технологій часто визначається суспільним запитом, ціннісними орієнтирами або інтересами впливових груп.

Отже, наука й технології не існують у «вакуумі»; вони постійно взаємодіють із суспільством, відповідаючи на його виклики та водночас формуючи умови подальшого поступу. Це відповідає сутності технонауки як єдиної системи науково-технологічної діяльності, що має не лише пізнавальне спрямування, а й активно впливає на реальність. Дослідження і винаходи не просто «служують» людству, а й непомітно визначають уявлення про наше місце у світі, формують цінності та структурують суспільне життя. Внаслідок цього відбувається складний симбіоз, в якому наука й технології водночас є продуктом суспільства та рушійною силою його змін.

Раніше технічні нововведення зазвичай були локальними й виконували вузькі завдання, натомість тепер ми взаємодіємо з глобальними мережевими системами, які об'єднують різні галузі знань, охоплюють кілька країн. Саме тому надзвичайно актуальною стає мультидисциплінарна взаємодія, що передбачає відкритість і обмін досвідом.

Важливим наслідком науково-технічного поступу постають етичні, правові й соціальні наслідки новацій, наприклад, у царині штучного інтелекту. Використання потужних алгоритмів вимагає не тільки технологічного вдосконалення, а й ретельного аналізу ризиків, пов'язаних із захистом конфіденційності, безпекою та рівністю можливостей. Схожі питання виникають і в біотехнологіях: редагування геному обіцяє колосальні здобутки у медицині, але водночас провокує гострі морально-етичні дилеми¹⁶. Системний погляд допомагає інтегрувати ці аспекти в єдину картину. Найяскравішими прикладами мультидисциплінарної взаємодії є робототехніка й штучний інтелект. Сучасні роботизовані системи поєднують досягнення механіки, електроніки, інформатики, біоміметики й когнітивних наук. Штучний інтелект не існує відокремлене від матеріальної конструкції, а вибір механічних рішень залежить від програмних можливостей, навпаки, це сукупність процесів, що лише у поєднанні дають очікуваний результат. Не менш промовистим прикладом є синтез біотехнологій із комп'ютерними методами; розшифрування геному людини й персоналізована медицина вимагають співпраці біологів, лікарів, інженерів, фахівців із обробки великих даних і програмістів. У такій взаємодії структурні та динамічні чинники, а також взаємини між людьми й технічними

¹⁶ Чурсінова О. Ю., Кулаківська А. Є. Небезпеки неконтрольованого розвитку біотехнологій: етичний аспект. *Вісник Львівського університету. Серія філософсько-політологічні студії*. 2024. Вип. 52. С. 280–285. DOI: 10.30970/PPS.2024.52.35.

засобами суттєво впливають на формування нових властивостей системи, що об'єднує біологічний матеріал і штучні технології.

З огляду на ці приклади вже тепер можна передбачити, що цілісний підхід значно впливатиме на майбутнє технаук. По-перше, зміниться парадигма досліджень; замість лінійних моделей «від ідеї до прототипу» виникатиме комплексне бачення із врахуванням багатьох чинників і зворотних зв'язків, що, своєю чергою, потребує мережевої співпраці науковців. По-друге, зростатиме роль відкритих платформ зі спільнотами, адже вільний обмін інформацією між різними компонентами системи заохочує розвиток відкритих джерел і колективної творчості у науковій царині і бізнесі. По-третє, формуватимуться етичні й правові механізми, що охоплюватимуть державне регулювання, ініціативи фахових спільнот і громадськості. По-четверте, все більшої ваги набуватиме врахування емерджентних явищ, а також аналіз нелінійних процесів і самоорганізації задля оцінювання можливих ризиків та запобігання порушенням у складних системах.

Важливо визнати, що без належної освіти, здатної формувати у фахівців системне мислення, такий підхід залишиться переважно теорією. Інтегрований формат навчання дає змогу вибудувати гармонійну взаємодію людини й технологічного середовища. Майбутнє потребує не лише вузьких спеціалістів, а й лідерів, які вміють долати міждисциплінарні бар'єри, формувати системні зв'язки та враховувати наслідки власних рішень для конкретної людини і для довкілля.

Таким чином, бурхливий розвиток технологій і взаємопов'язаність процесів у галузях науки, техніки та технологій вимагають нового методологічного інструментарію. Інтеграція науки, техніки й технологій здатна докорінно змінити не лише структуру науково-дослідної діяльності, а й культуру впровадження інновацій. Такий підхід створює умови для перетворення розвитку технаук на гармонійний процес, у якому людина й технічні системи співіснують у взаємопов'язаності. Це, своєю чергою, матиме вагомий вплив на економіку, промисловість, освіту й інші ділянки суспільства, даючи змогу розвивати гнучкі й адаптивні механізми для відповіді на складні виклики сучасності. Роль системного мислення є ключовою: воно дає змогу врахувати ризики, визначити оптимальні шляхи розвитку, збалансувати дію багатьох елементів глобальної системи.

ВИСНОВКИ

Дослідження синергетики в контексті технаук засвідчує, що взаємопроникнення науки, техніки та технологій формує нову парадигму розвитку знань та інновацій. Аналізуючи механізми самоорганізації та нелінійних взаємодій, ми можемо глибше зрозуміти логіку виникнення

складних технологічних систем, їхню еволюцію та динаміку змін. У сучасному науково-технологічному ландшафті інтеграція різних дисциплін стає рушійною силою створення адаптивних і стійких рішень, що сприяють розширенню можливостей людства.

Синергетичні підходи продемонстрували свою ефективність у роботі «розумних» систем, адаптивних платформ та NBIC-технологій, що поєднують нанотехнології, біотехнології, інформаційні науки та когнітивні дослідження. Це свідчить про кардинальну зміну ролі науки; вона вже не лише пояснює світ, а й активно його модифікує, створюючи нові умови існування. В межах технонауки знання набувають прикладної спрямованості, стають рушієм формування інноваційних екосистем, які функціонують за принципами нелінійної динаміки, відкритості та самоорганізації.

Ключовими аспектами цієї трансформації є мультидисциплінарність та взаємодія науковців, інженерів, розробників і фахівців різних галузей. Завдяки цьому синергетичний підхід не лише підвищує ефективність технологічних рішень, а й сприяє розробці нових методологій, що враховують складність, багатовимірність і непередбачуваність сучасних процесів.

Попри значні досягнення, технонаука стикається з багатьма викликами, серед яких етичні, правові та соціальні питання, що виникають у зв'язку зі швидким розвитком технологій. Потреба у відповідальному використанні наукових знань та інноваційних підходів вимагає нового рівня взаємодії між академічною спільнотою, бізнесом і суспільством, що дозволить забезпечити сталість та безпечність науково-технічного поступу.

Отже, синергетичний аналіз технонауки демонструє, що саме комплексний і системний підхід є необхідною умовою формування гармонійної та стійкої технологічної екосистеми майбутнього. Наука, техніка та технології, функціонуючи як єдиний організм, відкривають широкі перспективи для створення інновацій, що відповідатимуть прагненням людини і глобальним викликам сучасності.

АНОТАЦІЯ

В статті проведений аналіз синергетичних механізмів у розвитку технонауки, яка інтегрує наукові дослідження, технологічні інновації та інженерні рішення в єдиний адаптивний комплекс. Розглянуто особливості нелінійних процесів самоорганізації та їхній вплив на формування інноваційних платформ, «розумних» систем та NBIC-технологій. Досліджено взаємозв'язок між фундаментальними науковими відкриттями та прикладними розробками, що сприяють створенню гнучких і стійких технологічних рішень. Окрему увагу

приділено викликам, пов'язаним із швидким технологічним прогресом, зокрема етичним, правовим і соціальним аспектам застосування наукових досягнень. Визначено роль міждисциплінарної взаємодії у формуванні нової науково-технологічної парадигми, в якій знання не лише пояснюють світ, а й активно його змінюють. Синергетичний підхід дозволяє прогнозувати динаміку складних систем, сприяючи розробці технологій, здатних до адаптації та самонавчання. Результати дослідження демонструють, що поєднання науки, техніки та технологій на основі синергетичних принципів є ключем до створення ефективних інноваційних екосистем.

Література

1. Чурсінова О. Ю., Повторєва С. М. Взаємозв'язок технауки як нового типу раціональності і наукового етосу. *Humanistic expertise as a strategy for developing the future culture : Scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. С. 331–344. DOI: 10.30525/978-9934-26-262-3-16.
2. Haken H. Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry, and Biology. Berlin, Heidelberg: Springer, 1977. P. 1–3.
3. Haken H. Synergetics: An Introduction. 3rd ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1983. P. 7.
4. Ijaz S., Shah M. A., Khan A., Ahmed M. Smart Cities: A Survey on Security Concerns. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2016. 7(2). DOI: 10.14569/IJACSA.2016.070277.
5. Haken H. Synergetics: Introduction and Advanced Topics. Berlin: Springer, 2004. p. 89. DOI: 10.1007/978-3-662-10184-1.
6. Jantsch E. The Self-Organizing Universe. Oxford: Pergamon Press, 1980. P. 56.
7. Prigogine I., Stengers I. Order Out of Chaos: Man's Dialogue with Nature. New York: Bantam Books, 1984. p. 24.
8. Haken H. Synergetics: An Introduction. Berlin: Springer-Verlag, 1977. P. 3.
9. Чурсінова О. Ю. Феномен технауки в міждисциплінарних наукових комунікаціях. *Перспективи. Соціально-політичний журнал*. 2024. № 3. С. 4–12. DOI: 10.24195/spj1561-1264.2024.3.1.
10. Latour B. Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999. P. 24.
11. Latour B. Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987. pp. 174–175.
12. Petrushenko V., Chursinova O. Philosophical and anthropological dimension of technoscience. *Filosofija. Sociologija*. 2019. 30 (3). P. 199–205.

13. Feenberg A. Transforming Technology: A Critical Theory Revisited. Oxford: Oxford University Press, 2002. P. 14. DOI: 10.6001/fil-soc.v30i3.4042.
14. Haraway D. A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century. In *Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*. York: Routledge, 1991. P. 150.
15. Jasanoff S. States of Knowledge: The Co-Production of Science and Social Order. London: Routledge, 2004. P. 2.
16. Чурсінова О. Ю., Кулаківська А. Є. Небезпеки неконтрольованого розвитку біотехнологій: етичний аспект. *Вісник Львівського університету. Серія: філософсько-політологічні студії*. 2024. Вип. 52. С. 280–285. DOI: 10.30970/PPS.2024.52.35.

Information about the author:

Chursinova Oksana Yuriivna,

Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Philosophy
Lviv Polytechnic National University
12, Stepan Bandera Str., Lviv, 79000, Ukraine