

Савченко Ю.Т.,
аспірант кафедри маркетингу і логістики,
Національний університет «Львівська політехніка»

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ: СУЧАСНИЙ АСПЕКТ ТА ХАРАКТЕРНІ РИСИ З ПОГЛЯДУ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАВОК

Анотація. У роботі викладено сучасний погляд на зміст терміну «технічна система». Уточнено відповідно до сучасних вимог ринку об'єктний склад технічних систем та їх галузеву приналежність. Виокремлено ключові ознаки простих та складно-технічних систем. Сформовано комплекс критеріїв порівняння простих та складно-технічних систем із погляду управління ланцюгами поставок таких товарів.

Ключові слова: технічна система, Industry 4.0, інтелектуальні технічні системи, кіберфізична система, ланцюг поставок складно-технічних систем.

Постановка проблеми. Швидкий технічний прогрес, зумовлений домінуючою роллю інформаційних технологій, що охоплюють та пронизують практично всі аспекти економічної та соціальної діяльності людей, створює нові виклики для науковців та практиків, порушуючи питання незворотності трансформацій цілих систем виробництва, менеджменту та управління. Йдеться насамперед про революційну тенденцію сучасного промислового розвитку, що окреслюється терміном «четверта промислова революція», або Industry 4.0. Якщо головним результатом третьої, або так званої цифрової, революції, яка розпочалася у другій половині ХХ ст., вважають автоматизацію виробництва за допомогою електроніки та інформаційних технологій, то характерною ознакою Industry 4.0 є злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему з якнайменшим або взагалі відсутнім утручанням людини у виробничий процес. Сьогодні відбувається масове впровадження кіберфізичних систем у виробництво та прориви в небачених досі галузях: штучного інтелекту, роботехніки, Інтернету речей, автономного транспорту, 3D-друку, нанотехнологій, автономних машин, дронів, віртуальних помічників, програм-перекладачів, програм-радників, квантових комп'ютерів тощо [1]. Тією чи іншою мірою зазначені зміни породжують численні наслідки для всього суспільства: держави, бізнесу, науки та людей, модифікують наявні концепції та теорії, а також надають новий зміст великій сукупності загальноживаних термінів та понять у будь-якій галузі людської діяльності.

Зокрема, як із погляду виробництва та впровадження нових видів і форм техніки та застосування при цьому новітніх інформаційних технологій, так і з погляду революційних змін у споживачьому попиті можна констатувати факт набуття нового змісту поняттям «технічна система», особливо розглядаючи її як об'єкт та продукт різноманітних маніпуляцій у мережевих структурах типу ланцюгів поставок. Зокрема, дослідження сучасного аспекту цього поняття, що передбачає уточнення об'єктного, галузевого складу та системного аспекту технічних систем, їх характерних властивостей, є принципово важливим практичним завданням з погляду адаптування стратегічних та

операційних інструментів управління ланцюгами поставок до сучасних вимог ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій дає змогу констатувати відсутність єдиного узагальнюючого визначення поняття «технічна система». Причиною такого стану справ є не лише відмінності їх форм, функцій і ступеня складності, а й розходження в розумінні принципів їх дії, які використовуються для досягнення необхідних результатів. Хоча багато термінів використовуються в деяких галузях техніки вже давно, їх зміст визначається переважно інтуїтивно.

Прикладами найбільш часто вживаних у теорії дефініцій терміну «технічна система» є такі:

- Технічна система – це штучно створена система, призначена для задоволення визначеної потреби, існуюча як виріб виробництва, як пристрій, потенційно готовий зробити корисний ефект, як процес взаємодії з компонентами навколишнього середовища, в результаті якого утворюється корисний ефект [2].

- Технічна система – це цілісна сукупність кінцевого числа взаємопов'язаних матеріальних об'єктів, що має послідовно взаємодіючі сенсорну і виконавчу функціональні частини, модель їх зумовленої поведінки в просторі рівноважних стійких станів і здатність у разі знаходження хоча б в одному з них (цільовому стані) самостійно виконувати у штатних умовах передбачені її конструкцією споживчі функції [3].

- Технічна система – це штучно створена сукупність елементів і відношень (зв'язків) між ними, які утворюють цілісну структуру об'єкта, що має властивості, які не зводяться до властивостей елементів, і призначена для виконання корисних функцій. Вона складається з елементів (складових частин, що розрізняються властивостями, які виявляються при взаємодії), з'єднаних зв'язками (лініями передачі одиниць або потоків чого-небудь), які вступають у певні відносини (умови і способи реалізації властивостей елементів) між собою та із зовнішнім середовищем, щоб здійснити процес (послідовність дій для зміни або підтримки стану) і виконати функцію ТС (призначення, роль) [4].

- Технічна система є сукупністю взаємопов'язаних елементів, які перетворюють, зберігають, транспортують або контролюють матеріали, енергію та/або інформацію для конкретних цілей [5].

Як правило, поняття «технічна система» слугує узагальнюючим терміном для всіх видів машин [6]. Загальноприйнятою є практика віднесення до технічних систем: окремих машин, апаратів, приладів, ручних знарядь, їх елементів у вигляді вузлів, блоків, агрегатів тощо [4; 7].

Водночас низка авторів до технічних систем відносить не лише технічні об'єкти – вироби (від невеликої гайки чи шайби до великих турбін), а й споруди (від дрібних будівель до великих транспортних мереж, технічних комплексів, промислових

комбінатів) [4; 8; 9]. Своєю чергою, різноманітні об'єкти, які можна об'єднати в клас «технічна система», закономірно розширює сферу їх використання, що зазвичай включає до свого складу такі галузі економіки (табл. 1).

Класи, представлені у цій схемі, відповідають відомим галузям техніки: машинобудуванню, електротехніці, будівництву і т. д. Водночас такий підхід: по-перше, не дає точного визначення поняття «технічна система», оскільки, відповідно до схеми, її можна трактувати й як об'єкт машинобудування, й як об'єкт електротехніки; по-друге, впорядкування систем відповідно до принципів їх дії – механічним, електричним, гідравлічним і т. п. – також не дає змоги уніфікувати властивості й однозначно визначити класи елементів систем, оскільки сьогодні домінують гібридні системи [10]; по-третє, у цій схемі відсутня галузь, яка відіграє провідну роль в інформаційну еру промисловості – галузь інформаційно-комунікаційних технологій¹ (англ., Information and Communication Technologies – ICT), в якій технічні засоби становлять їх основну апаратну частину.

Крім того, виняткове значення для практики має встановлення складності тієї чи іншої системи. Так, значну частину технічних систем становлять складні й дуже складні системи,

що складаються з тисяч або навіть десятків тисяч елементів, із можливостями саморегуляції, певним рівнем автономності та низкою інших функцій.

Загалом, існує низка підходів до поділу систем на прості і складні: за кількістю елементів; за складністю виконуваних функцій; за можливістю формалізованого опису поведінки системи тощо. Зокрема, в [11] зроблено спробу систематизувати характерні ознаки складної системи відповідно до наявних основних чотирьох підходів до розуміння складних систем (табл. 2). Водночас, з огляду на наявність у теорії систем низки досліджень, які співвідносять із поняттям «складна система» такі ознаки, як: нестійкість, нерівноважність, незворотність, хаос, самоорганізація, відкритість, нелінійність [4; 12; 13], зроблена в [11] спроба систематизації наявних підходів до розуміння досліджуваного поняття не дає вичерпної інформації та однозначно потребує доповнення (табл. 3).

Окрім того, в літературі присутній також термін «велика система». Якщо для радянської наукової думки та в період перед становленням у світі інформаційної ери, характерним явищем якої є всебічне використання інформаційних технологій, терміни «складна» і «велика система» часто використовув-

Таблиця 1

Приклади технічних систем

Галузь економіки	Технічна система	
	Призначення	Машина
Гірнична справа	Видобуток Транспортування Збагачення	Врубова машина Транспортер Сортувальна машина
Енергетика	Виробництво пари Виробництво електроенергії	Паровий котел, барабан Парова турбіна, гідро- турбіна, генератор
Металургія	Виробництво чавуну Виробництво сталі Виробництво прокату	Доменна піч Мартенівська піч Прокатний стан
Металообробна промисловість	Обробка тиском Обробка різанням Термообробка Лиття Складання	Прес, молот Верстат Піч Формувальна машина Конвеєр
Хімічна промисловість	Очистка і переробка нафти Виробництво барвників Виробництво пластмас	Резервуар Реактор Колона
Фармацевтична промисловість	Виробництво ліків	Прес, каландр
Транспорт	Залізничний зв'язок Водний зв'язок Повітряний зв'язок	Локомотив, вагон Пароплав Літак
Текстильна промисловість	Виробництво текстилю Виготовлення готових виробів	Прядильна машина, ткацький верстат Швейна машина
Харчова промисловість	Виробництво борошна Виробництво жирів Виробництво молока	Млин Прес Центрифуга
Медицина	Діагностика Терапія	Рентгенівський апарат Протез
Типографія	Друкування	Друкарська машина
Сільське і лісове господарство	Обробка землі Збирання врожаю Заготовка деревини	Трактор із плугом Комбайн Електроплита

Джерело: складено за [10; 6]

¹ ICT – сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих для збирання, опрацювання, зберігання, розповсюдження, показу і використання інформації в інтересах її користувачів.

Ознаки складних систем (СС) відповідно до наявних підходів

Підходи	Ключові ознаки СС	СС	Приклади СС у практиці
Підхід I	Погана організація Велика кількість зв'язків, їх значна різноманітність Наявність багатьох автономних підсистем Ієрархічність будови	Дифузні системи, з великою кількістю змінних, між якими не має чіткого розмежування між компонентами	Інноваційні техніко-економічні системи
Підхід II	Неможливість точного математичного опису	Варіативні, стохастичні багаторівневі системи	Велика кількість об'єктів у різних галузях науки і техніки
Підхід III	Цілеспрямованість поведінки	Соціальні системи	Людина, суспільство, організації
Підхід IV	Множинність	Системи з великою множиною елементів, структур, властивостей, функцій тощо	Мережа телефонного/мобільного зв'язку, інтернет

Джерело: складено за [11]

Таблиця 3

Доповнений перелік ознак складної системи за різними джерелами

Автор (джерело), рік	Ознаки складної системи
Вікіпедія (поточний момент)	Циклічна причинність, зворотний зв'язок Малі зміни зовнішньої дії викликають суттєві, часто якісні зміни в реакції системи Непередбачуваність
Ю. Сурмін, 2003 р.	Багатоскладовість Поліструктурність Поліфункціональність Складна організація Багаторівневість
І. Бронеvський	Багатоаспектний, багатофункціональний, а часто погано формалізований характер цільового призначення Наявність значної кількості різнорідних елементів, що взаємодіють один з одним «непростим» чином Наявність самостійних підсистем, які об'єднують елементи, що мають своє цільове призначення і вирішують свої завдання Присутність великої кількості випадкових і не випадкових факторів, що впливають на досягнення мети системи, вплив зовнішнього середовища важко передбачуваний Відсутність єдиного формалізованого опису системи – необхідне використання різнорідних «мов» формалізованого опису, що відображають різні аспекти її подання та поведінки
Neil, F. Johnson, 2007 р.	Основні: відкритість системи здатність до самоорганізації
А. Лоскутов, А. Михайлов, 2007 р.	Основна: нелінійність
О. Орчаков, 2009 р.	Велика кількість елементів і внутрішніх зв'язків Неоднорідність елементів та їх різна якість Структурне різноманіття Виконання складної функції або низки функцій

Джерело: узагальнено на основі [4; 11–15]

валися як синоніми або ж підкреслювався виключно кількісний аспект їх відмінностей [16], то зараз це взаємопов'язані, однак не цілком тотожні поняття.

Зокрема, відомий американський учений, дослідник історії техніки та технологій, а також теорії систем Thomas P. Hughes послуговувався терміном «великі технічні системи» (Large technical system – LTS), під яким розумів систему або мережу величезних розмірів або складності. У вітчизняному науковому співтоваристві таке трактування зустрічається досить рідко. Натомість воно є поширеним серед західних учених, які до таких технічних систем відносять також і всесвітню мережу Інтернет, що суттєво збагачує та осучаснює досліджуваний нами в даній роботі об'єкт.

Мета статті полягає в уточненні, відповідно до сучасних вимог ринку, в тому числі з урахуванням глобальної тенденції прямування промисловості до рівня Industry 4.0, об'єктного та галузевого складу технічних систем, головних ознак складно-технічних систем як продуктів відповідних ланцюгів поставок, що дасть змогу поглибити розуміння концептуальних економічних засад стратегічної орієнтації таких ланцюгів для адаптації до нових зовнішніх викликів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Створення об'єктів сучасної техніки – це складний багатогранний і багатоступінний процес пошуку, прийняття та реалізації в натурних зразках на основі відповідних теорій усієї необхідної сукупності організаційних, проектно-конструкторських, виробни-

чо-технологічних, експлуатаційних та інших рішень щодо розроблення, виробництва, експлуатації та цільовому використанні нових або вдосконалених об'єктів [10].

Узагальнюючи подані вище типові дефініції поняття «технічна система», можна виокремити його дві загально визнані властивості: по-перше, технічна система є штучним продуктом людської діяльності, який розробляється, виготовляється та експлуатується ними і фактично є складовою частиною комбінованих людино-технічних систем (їх ще називають людино-машинними системами); по-друге, метою створення технічної системи є виконання відповідних споживчих функцій у процесі експлуатації.

Аналіз загальних положень теорії технічних систем та наявних теоретичних узагальнень дає змогу констатувати відсутність одностайності авторів під час виокремлення інших властивостей та, зокрема, складу функцій технічних систем, що у цілому пояснюється специфікою тієї мети, яку ці автори переслідують.

Прагнучи сформувати сучасне розуміння цієї складної категорії, на нашу думку, доцільним є використання праць насамперед тих авторів, які також досліджують сучасні аспекти технічних систем.

Наприклад, цікавою та корисною з погляду мети цього дослідження є наведена авторами у [17] конкретизація функцій (а саме перетворення, зберігання, транспортування, обробка, розподіл, об'єднання, спустошення) та об'єктів (а саме матерія, енергія та/або інформація) дії цих функцій стосовно технічних систем з урахуванням сучасного їх розуміння (табл. 4).

Беручи за основу такий функціональний зріз дії технічних систем, в якому, по-перше, розширюється спектр об'єктів функціональної дії технічних систем, включенням до їх складу інформації, по-друге, уточнюється варіація поєднань цих об'єктів між собою, очевидною стає можливість розширення техніко-об'єктного складу досліджуваних систем, до яких за загальноприйнятою практикою належать: машини, апарати, прилади, ручні знаряддя, їх елементи у вигляді вузлів, блоків, агрегатів тощо та включення до них, насамперед, технічних об'єктів зі сфери інформаційних технологій.

Головними елементами інформаційних технологій є, насамперед, комп'ютери, програмне забезпечення та мережі, які необхідні для створення, зберігання, управління, передачі і пошуку інформації [18]. Своєю чергою, комп'ютери та телекомунікаційні мережі становлять апаратну частину інформаційних технологій.

Згідно з Електронним словником з інформатики [19], «комп'ютерна система – інформаційно-технічний комплекс,

метою якого є обробка, збереження, ввід-вивід інформації. До складу комп'ютерної системи входять комп'ютери, принтери, сервери тощо з програмним забезпеченням. Комп'ютерна система має можливість інтегрувати з іншими інженерними технологіями, розширювати можливості та створювати єдине середовище для керування завдяки різноманіттю й уніфікації комп'ютерного устаткування.

Згідно з Законом України «Про телекомунікації» [20], «телекомунікаційна мережа – комплекс технічних засобів телекомунікацій та споруд, призначених для маршрутизації, комутації, передавання та/або приймання знаків, сигналів, письмового тексту, зображень та звуків або повідомлень будь-якого роду по радіо, провідних, оптичних чи інших електромагнітних системах між кінцевим обладнанням».

За географічним розташуванням розрізняють такі види телекомунікаційних мереж:

- Локальна мережа (Local Area Network – LAN) – звичайно розташована в межах будинку.
- Глобальна мережа (Wide Area Network – WAN) – охоплює географічний регіон (країну або континент).
- Міська мережа (Metropolitan Area Network – MAN) – застосовується для об'єднання мереж у місті в одну велику мережу.
- Internet – індивідуальні комп'ютери, під'єднані до інших мереж у світі через публічну мережу (мережу загального користування).
- Intranet – індивідуальні комп'ютери, під'єднані до інших мереж через приватну мережу.
- Віртуальна приватна мережа (Virtual Private Network – VPN) – індивідуальні комп'ютери, під'єднані до інших мереж через сегмент публічної мережі [21].

Водночас у зв'язку з нарощенням темпів розвитку інформаційних технологій та прямуванням до якісно нового етапу змін у промисловому укладі суспільства, у цій сфері також відбуваються революційні зміни, що тягнуть за собою радикальні перетворення і в технічних системах. Одним із таких «революційних продуктів» є «інтелектуальні технічні системи» (Intelligent technical systems), засновані на поєднанні механічної, електричної і програмної інженерії з технікою управління та розвинутою математикою. Одним із перших концептуальних авторів таких систем вважають німецького професора, керуючого директора в Ост-Вестфален-Ліппі (OWL) R. Dumitrescu разом із С. Jürgenhake і J. Gausemeier [22–24], які дають таке визначення інтелектуальних технічних систем: «Це складні продукти, які базуються на взаємодії інформаційних техноло-

Таблиця 4

Основні (сучасні) функції технічних систем

	Транспортування	Зберігання	Обробка	Розподіл	Об'єднання			Спустошення
Матерія	Транспортування маси	Зберігання маси	Обробка матерії	Сепарація матерії	Об'єднання матерії	Передача енергії до матерії	Об'єднання матерії та інформації	
Енергія	Переміщення енергії	Зберігання енергії	Обробка енергії	Сепарація енергії	Передача енергії до матерії	Об'єднання енергії	Об'єднання енергії з інформацією	
Інформація	Трансмісія даних	Зберігання інформації	Обробка інформації	Сортування даних	Кодування інформації в матерії	Кодування інформації в матерії	Об'єднання інформації	Спустошення інформації

Джерело: складено за [17]

гій та інженерії. Програмні компоненти інтегровані в машини та обладнання для виконання завдань контролю, регулювання та обробки даних. Вони надають штучний інтелект технічним системам і полегшують життя». Згідно з даними авторами, інтелектуальні технічні системи володіють чотирма ключовими характеристиками:

1) адаптивністю: вони взаємодіють та самостійно адаптуються до свого середовища;

2) надійністю: у постійно мінливому середовищі вони справляються з навіть несподіваними ситуаціями, які не були розглянуті розробником;

3) прогностичністю: вони використовують знання, отримані за допомогою досвіду, для прогнозування впливу різних факторів;

4) зручністю: вони враховують та автономно адаптуються до поведінки різних користувачів.

Отже, можна зробити припущення, що впровадження у бізнес-процеси сучасних та майбутніх підприємств інтелектуальних технічних систем здатне змінити перспективи їх розвитку та дати поштовх низці інновацій відповідно до вимог нового етапу промислової еволюції (чи навіть революції) – Industry 4.0. Як підкреслюють автори концепції інтелектуальних технічних систем, які водночас є першими новаторами їх практичного використання у виробничих цілях (відповідний кластер в Ост-Вестфален-Ліппі, Німеччина) [22], завдяки таким технічним системам продукти та виробничі системи розвивають нові функціональні можливості та стають простішими у використанні; вдосконалюються розроблення, установка, обслуговування та управління життєвим циклом технічних систем; поліпшуються надійність, безпечність і доступність продуктів та виробничих систем; ресурси, такі як енергія та матеріали, використовуються більш ефективно; підвищуються індивідуалізація та адаптивність виробничих процесів.

Прикладом стратегії розвитку території на основі всебічного використання інтелектуальних технічних систем є німецький Cluster Intelligente Technische Systeme OstwestfalenLippe (OWL), що займає лідируючі позиції серед світових конкурентів у цій сфері [22]. Інтелектуальні технічні системи, що впроваджуються в OWL, складаються із чотирьох блоків: базової системи, сенсорної технології, технології привода та технології обробки інформації. Основну роль відіграє обробка інформації, оскільки вона з'єднує датчики та виконавчі пристрої через систему комунікацій. Хоча датчики отримують необхідну інформацію з навколишнього середовища, виконавчі механізми виконують фізичні дії разом з основною системою. У цьому

контексті основними системами є механічні структури, такі як машини або обладнання [22].

З іншого боку, поряд з «інтелектуальними технічними системами» зі становленням Industry 4.0 тісно пов'язане поширення так званих «кіберфізичних систем» (Cyber-physical system), які можна визначити так [25–27]: механізм, який контролюється або моніториться комп'ютерними алгоритмами, тісно інтегрованими з Інтернетом та його користувачами. У кіберфізичних системах фізичні та програмні компоненти глибоко переплітаються, кожен із них працює в різних просторових і часових масштабах, демонструє численні та чіткі поведінкові модальності та взаємодіє один з одним у безліч способів. Прикладами кіберфізичних систем є інтелектуальні мережі, автономні автомобільні системи, медичний моніторинг, системи керування процесами, робототехнічні системи та автоматична пілотна авіоніка [28].

Таким чином, на даному етапі розвитку промисловості, що тісно інтегрована із сучасними інформаційними технологіями, ми можемо констатувати значне розширення об'єктного складу технічних систем, зростання ролі складних та суперскладних технічних систем одночасно із набуттям ними нових властивостей.

Узагальнюючи викладений вище матеріал та систематизувавши домінуючі теоретичні конструкції, що дають змогу розподілити технічні системи за рівнем складності на дві великі групи – прості та складні, – видається можливим наочне представлення об'єктного складу кожної із цих груп відповідно до сучасних вимог ринку (табл. 5, 6) і виокремлення головних ознак простих та складно-технічних систем (табл. 7).

Доповнення об'єктного складу складно-технічних систем, відповідно до сучасних вимог ринку, закономірно розширює сферу їх використання, включення до неї, насамперед, галузі інформаційних технологій та тих сегментів ринку, продукти яких є тісно з ними інтегрованими. Одним із таких сегментів є, зокрема, ринок безпеки, продуктами якого є як прості, так і складні технічні системи, що задовольняють потреби споживачів як у фізичному, так і в інформаційному захисті.

Викладені вище аспекти дослідження технічних систем загалом та двох їх груп, простих і складних, зокрема дають змогу застосувати отримані результати на прикладному рівні, а саме на рівні управління ланцюгами поставок складно-технічних систем.

Оскільки ланцюги поставок постійно адаптуються до змін у попиту і пропозиції на продукт, який лежить в його основі [29, с. 402–403], саме розуміння характерних рис цього про-

Таблиця 5

Об'єктний склад простих технічних систем відповідно до сучасних вимог ринку

Об'єкти	Характеристика	Приклад
Конструктивний елемент Деталь	Елементарна система, виготовлена без монтажних операцій	Болт, підшипникова втулка, пружина, шайба
Вузол Механізм	Проста система, що виконує нескладну функцію	Коробка передач, гідравлічний привод, шпіндельна бабка токарного верстату
Прилад	Технічний об'єкт, що має допоміжне призначення (контроль, управління, вимірювання, регулювання) та призначений для полегшення праці людини шляхом часткової або повної її заміни	Гіроскоп, вольтметр, оптико-електронні, електромеханічні прилади
Пристрій	Сукупність кінцевого числа взаємопов'язаних матеріальних об'єктів, що має модель зумовленого поведінки і рівноважні стійкі стану в штатних умовах експлуатації	Пристрій для блокування, пристрій для сигналізації, пристрій для захисту

Джерело: власна розробка

Об'єктний склад складно-технічних систем відповідно до сучасних вимог ринку

Об'єкти	Характеристика	Приклад
ТИПОВИЙ ПЕРЕЛІК ОБ'ЄКТІВ		
Машина	Технічний об'єкт, який складається із взаємопов'язаних функціональних частин (деталей, вузлів, пристроїв, механізмів та ін.), що використовує енергію для виконання покладених на нього функцій	Автомобіль, токарний верстат, електромотор
Апарат	Технічний об'єкт, призначений для отримання або перетворення інших (у тому числі й механічної) видів енергії	Телевізор, телефон, фотоапарат, ракета, реактор
Установка	Складна система, що складається з машин, груп і елементів, які виконують низку функцій	Технологічна лінія
Споруда / Будівля	Нерухома штучна структура (також будівля) порівняно великого розміру	Інженерні споруди, великі транспортні мережі, технічні комплекси
Підприємство	Складна система, що складається із сукупності елементів та взаємозв'язків між ними, що виконують низку функцій	Заводи, промислові комбінати
ДОПОВНЕНИЙ ПЕРЕЛІК ОБ'ЄКТІВ		
Електронний цифровий програмований пристрій	Складна система, що призначена для проведення обчислень за заздалегідь визначеним алгоритмом	Персональний комп'ютер/ комп'ютерна система, сервер
Гаджет	Електронний пристрій або інший засіб, що поєднує в собі високі технології і цілком реальне застосування	Мобільний телефон, смартфон, портативна гральна приставка, мультимедійний програвач, GPS-навігатор, електронна книга
Інтелектуальні технічні системи	Складні системи, засновані на інноваційних технологіях, що складаються з: базової системи, сенсорної технології, технології привода та технології обробки інформації	Інтелектуальні технічні системи кластера OWL
Мережі, які необхідні для створення, зберігання, управління, передачі і пошуку інформації	Комплекс технічних засобів телекомунікацій та споруд, призначених для маршрутизації, комутації, передавання та/або приймання знаків, сигналів, письмового тексту, зображень та звуків або повідомлень будь-якого роду по радіо, проводових, оптичних чи інших електромагнітних системах між кінцевим обладнанням	Локальна, глобальна, міська мережі, Internet, Intranet
Кіберфізична система	Інформаційно-технологічна система, що передбачає інтеграцію обчислювальних ресурсів у фізичні процеси. У такій системі датчики, обладнання та інформаційні системи з'єднані протягом усього ланцюжка створення вартості, що виходить за рамки одного підприємства або бізнесу. Ці системи взаємодіють одна з одною за допомогою стандартних Інтернет-протоколів для прогнозування, самонастроювання і адаптації до змін	Автономні роботи, автономний транспорт, Інтернет речей, система інформаційної безпеки

Джерело: власна розробка

Таблиця 7

Порівняльна характеристика ключових ознак технічних систем

Ознаки простих технічних систем	Ознаки складно-технічних систем
Призначені для виконання однієї функції	Призначені для виконання комплексу функцій
Засновуються на перетворенні одного об'єкту (матерії/ енергії/інформації/ біологічних об'єктів)	Засновуються на одночасному перетворенні декількох об'єктів (матерії та енергії, матерії та інформації, енергії та інформації)
Використання традиційних матеріалів	Поєднання використання традиційних та новітніх матеріалів
Використання традиційних способів виробництва	Поєднання використання традиційних та новітніх способів виробництва, часто злиття автоматизованого виробництва, обмін даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему з якнайменшим або взагалі відсутнім утручанням людини у виробничий процес
Домінуючий тип виробництва – серійний, масовий	Домінуючий тип виробництва – серійний, одиничний
Зазвичай займають проміжне місце в технічному процесі	Займають кінцеве місце в технічному процесі
Зазвичай засновані на одному принципі здійснення робочої дії (механічному/гідралічному/пневматичному/ електронному/хімічному/оптичному/акустичному)	Зазвичай засновані на поєднанні різних принципів здійснення робочої дії (наприклад, механічному, електронному та програмному)

Джерело: власна розробка

дукту та ринку, на якому він продається, є відправним пунктом формування стратегії ланцюга поставок, його структури та ключових параметрів управління операційної діяльністю, а також удосконалення вже діючих ланцюгів поставок.

Якщо взяти за основу п'ять базових елементів, навколо яких зосереджується прийняття операційних та стратегічних рішень щодо дій будь-якого ланцюга поставок (рис. 1) [30, с. 80–82], то представлена нами інформація про характерні ознаки, об'єктний склад та галузеву приналежність обраного нами об'єкта даного дослідження, а саме технічних систем, дасть змогу дати відповідь, насамперед, на ключові питання першого та частково другого елементів.

Для цього проведемо порівняльний аналіз простих та складно-технічних систем із погляду управління ланцюгами поставок таких товарів за техніко-виробничими та економічними критеріями (табл. 8).

Представлене в табл. 8 порівняння простих та складно-технічних систем із погляду управління ланцюгами поставок таких товарів дає змогу виявити істотні відмінності цих двох типів технічних систем, що, очевидно, вказує на необхідність застосування докорінно різних підходів до управління ланцюгами поставок простих та складно-технічних систем. Окрім того, також дає змогу краще зрозуміти специфіку кожного із ланцюгів поставок та ідентифікувати області їх критичних факторів

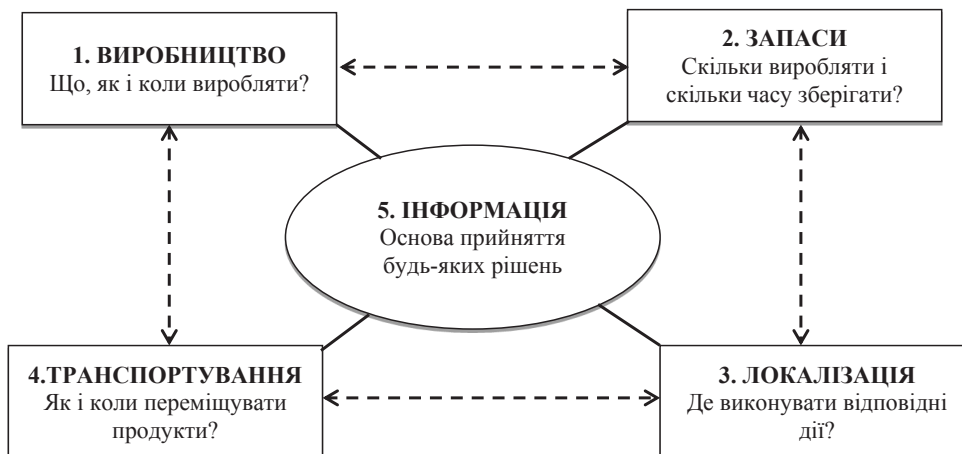


Рис. 1. П'ять базових елементів управління ланцюгами поставок [30, с. 82]

Таблиця 8

Порівняння простих та складно-технічних систем із погляду управління ланцюгами поставок таких товарів

Критерії порівняння	Прості технічні системи	Складно-технічні системи
Техніко-виробничі параметри		
1. Рівень конструктивної складності	Низький	Високий
2. Термін проектування	Короткий	Довгий
3. Термін підготовки виробництва	Короткий	Довгий
4. Тривалість виробництва	Коротка	Довга
5. Термін експлуатації	Залежить від технічного об'єкта	Зазвичай довгий
6. Тип застосування	Зазвичай універсальне	Спеціалізоване
7. Місце в технічному процесі	Кінцеве та/або проміжне	Зазвичай кінцеве
8. Рівень стандартизації	Зазвичай високий	Низький
9. Тип виробництва	Одиничне, серійне, масове	Одиничне/серійне
10. Необхідний рівень запасів	Невисокий	Високий
Економічні параметри		
11. Вартість придбання	Низька/середня	Висока
12. Вартість експлуатації	Зазвичай низька	Залежить від конкретного об'єкта
13. Обсяг продажу	Значний/Незначний	Значний
14. Капіталоемність	Нижча порівняно зі складно-технічними системами, але вища порівняно зі споживчими товарами	Висока
15. Вид товару за кінцевим попитом	Зазвичай товари залежного попиту	Товари залежного та незалежного попиту
16. Волатильність попиту	Низька	Середня/Висока
17. Частота купівель	Висока/Середня	Низька
18. Час, необхідний для замовлення продукції	Короткий	Довгий
19. Найявний рівень субститутів	Високий	Порівняно низький

Джерело: власна розробка

успіху та області, які є типовими обмеженнями або ж вузькими місцями ланцюгів поставок обидвох типів. Наприклад, для ланцюгів поставок простих технічних систем критичними факторами успіху є ефект масштабу виробництва, активна роль дистрибуції, а обмеженнями – значна кількість товарів-субститутів, порівняно нижчий рівень маржі, тоді як для ланцюгів поставок складно-технічних систем – Інтернет, IT-технології, інновації, а обмеженнями – висока волатильність попиту, висока капіталоемність. Отже, знання про переваги, обмеження та суттєві особливості кожного виду товару несе в собі цінну інформацію для майбутнього налаштування ланцюга поставок та ефективного управління його ключовими параметрами та може слугувати корисним інструментом з погляду адаптування стратегічних та операційних інструментів управління ланцюгами поставок до сучасних вимог ринку.

Висновки. Одним із наслідків революційної тенденції сучасного промислового розвитку, що окреслюється терміном «четверта промислова революція», або Industry 4.0, є істотне розширення об'єктного складу технічних систем, функцій, сфер їх використання та ознак, які відображають їх властивості.

Зокрема, у результаті розширення спектру об'єктів функціональної дії технічних систем, включення до їх складу інформації та варіації поєднань цих об'єктів між собою, очевидно стає можливість розширення техніко-об'єктного складу досліджуваних систем, до яких за загальноприйнятою практикою належать: машини, апарати, прилади, ручні знаряддя, їх елементи у вигляді вузлів, блоків, агрегатів тощо та включення до них, насамперед, технічних об'єктів зі сфери інформаційних технологій, а саме електронних цифрових програмованих пристроїв (ПК), різноманітних гаджетів, інтелектуальних технічних та кіберфізичних систем та інформаційних мереж, які за своєю природою переважно є складними або суперскладними системами.

Виокремлення ключових ознак простих та складно-технічних систем відповідно до сучасних вимог ринку дало змогу застосувати отримані результати на прикладному рівні, а саме на рівні управління ланцюгами поставок таких продуктів. Зокрема, виявлені істотні відмінності цих двох типів технічних систем указують на докорінно різні підходи до управління такими ланцюгами поставок, а також дають змогу краще зрозуміти специфіку кожного з ланцюгів поставок та ідентифікувати сфери їх критичних факторів успіху та сфери, які є їх типовими обмеженнями.

Перспективи подальших досліджень вбачаються у поглибленні вивчення прикладних аспектів управління ланцюгами поставок складно-технічних систем із погляду формування концептуальних економічних засад стратегічної орієнтації таких ланцюгів для адаптації до нових зовнішніх викликів.

Література:

1. Четверта промислова революція: як до неї готуватися [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://nubip.edu.ua/node/23076>.
2. Некрасов С.И., Некрасова Н.А. Философия науки и техники: тематический словарь / С.И. Некрасов, Н.А. Некрасова. – Орел : ОГУ, 2010. – 289 с.
3. Карташев В.А. Система систем. Очерки общей теории и методологии / В.А. Карташев. – М. : Прогресс-Академия, 1995. – 416 с.
4. Технічна система [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Технічна_система.
5. Technological systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://technology.tki.org.nz/Technology-in-the-NZC/Technological-knowledge/Technological-systems>.

6. Електронний посібник з дисципліни «Теорія технічних систем». – Луцьк. 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://elib.lutsk-ntu.com.ua/book/tf/kpv_ta_tm/2011/11-84/page14.html.
7. Техническая система [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Техническая_система.
8. Large technical system [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://en.wikipedia.org/wiki/Large_technical_system.
9. Hughes, Thomas P. (2000). Rescuing Prometheus: Four Monumental Projects That Changed the Modern World.
10. Теорія технічних систем. Конспект лекцій. – Дніпропетровськ : НГУ, 2014 г. – 102 с.
11. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ : [учеб. пособие.] / Ю.П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 368 с.
12. Общие положения методологии исследования и проектирования сложных систем. Основные понятия и определения [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://docplayer.ru/41524350-1-obshchie-polozheniya-metodologii-issledovaniya-i-proektirovaniya-slozhnyh-sistem-osnovnyye-ponyatiya-i-opredeleniya.html>.
13. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Основы теории сложных систем / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. – Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2007. – 620 с.
14. Neil F. Johnson (2007). Two's Company, Three is Complexity. A simple guide to the Science of all Sciences. Oxford: Oneword Publications. s. 236.
15. Орчаков О.А. Теория организации : [учебный курс (учебно-методический комплекс)] / О.А. Орчаков. – М. : Московский институт экономики, менеджмента и права, 2009 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://studme.org/1842112011173/ekonomika/klassifikatsiya_sistem.
16. Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери ; пер. с англ. под ред. И.А. Ушакова. – М., 1974. – 272 с.
17. Inzynieria systemow [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://sms.am.put.poznan.pl/eskrypty_pliki/inzynieriasystemow/systemy.pdf.
18. Андрощук О.В. Інформаційні технології та їх вплив на розвиток суспільства / О.В. Андрощук [та ін.] // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. – 2014. – № 1(50). – С. 42–47 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : file:///C:/Users/Guest/Downloads/Znpcvsd_2014_1_7.pdf.
19. Комп'ютерна система [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://glossary.starbasic.net/index.php?title=Комп'ютерна_система.
20. Закон України «Про телекомунікації» від 18.11.2003 № 1280-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1280-15>.
21. VPN [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/VPN>.
22. Intelligent technical systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.its-owl.com/technology-network/strategy/intelligent-technical-systems/>.
23. Gausemeier, Jürgen, Rammig, Franz Josef, Schäfer, Wilhelm (Eds.), Design Methodology for Intelligent Technical Systems // Develop Intelligent Technical Systems of the Future [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.springer.com/la/book/9783642454349>.
24. R. Dumitrescu, C. Jürgenhake, J. Gausemeier, Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.2012.sysint-conference.org/fileadmin/SysInt_Files/SysInt2012/Session1/Intelligent_Technical_Systems_OstWestfalenLippe_168_kui_schw_he.pdf.
25. Hancu, O.; Maties, V.; Balan, R.; Stan, S. (2007). Mechatronic approach for design and control of a hydraulic 3-dof parallel robot. The 18th International DAAAM Symposium, "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Creativity, Responsibility and Ethics of Engineers" [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.researchgate.net/publication/242743120_Mechatronic_approach_for_design_and_control_of_a_hydraulic_3-DOF_parallel_robot.
26. Lee, E.A., Seshia, S.A. (2011), Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach // LeeSeshia.org [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://leeseshia.org/releases/LeeSeshia_DigitalV1_08.pdf.

27. Suh, S.C., Carbone, J.N., Eroglu, A.E. (2014), Applied Cyber-Physical Systems. Springer. New York, Heidelberg, Dordrecht & London [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.springer.com/us/book/9781461473350>.
28. Khaitan et al. (2014), Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey”, IEEE Systems Journal [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.academia.edu/23178627/Design_Techniques_and_Applications_of_Cyber_Physical_Systems_A_Survey.
29. Економіка логістики : [навч. посіб.] / С.В. Крикавський [та ін.] ; за заг. ред. С.В. Крикавського, О.А. Похильченко. – Львів : Львівська політехніка, 2014. – 640 с.
30. Крикавський С. Логістика та управління ланцюгами поставок : [навч. посіб.] / С. Крикавський, О. Похильченко, М. Фертч. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – 844 с.

Савченко Ю.Т. Технические системы: современный аспект и характерные черты с точки зрения управления цепью поставок

Аннотация. В работе изложен современный взгляд на содержание термина «техническая система». Уточнены в соответствии к современным требованиям рынка объектный состав технических систем и их

отраслевая принадлежность. Сформирован комплекс критериев сравнения простых и сложно-технических систем с точки зрения управления цепью поставок таких товаров.

Ключевые слова: техническая система, Industry 4.0, интеллектуальные технические системы, киберфизична система, цепь поставок сложно-технических систем.

Savchenko Yu.T. Technical systems: modern aspect and features from the point of view of supply chain management

Summary. The paper outlines a modern view of the meaning of the term “technical system”. Clarified in accordance with modern requirements of the market, object structure of technical systems and their branch affiliation. Singled out key signs of simple and complex technical systems. Formed a set of criteria comparison simple and complex technical systems in terms of management supply chain of a product.

Keywords: technical system, Industry 4.0, intellectual technical systems, cyber-physics system, supply chain of complex technical systems.