

*В. І. Скіцько,*

*к. е. н., доцент, докторант, доцент кафедри економіко-математичного моделювання, ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана", м. Київ*

## ЛОГІСТИКА В ІНДУСТРІЇ 4.0

*V. Skitsko,*

*Candidate of Sciences (Economics), Docent, Postdoctoral Fellow, Associate Professor of Economic and Mathematical Modeling Department, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kiev*

### LOGISTICS IN INDUSTRY 4.0

*Індустрія 4.0 є промисловим виробництвом майбутнього, яке зумовить зміни як бізнес-процесів окремого підприємства, так і його взаємозв'язків із контрагентами. Зокрема істотних змін зазнає логістика. В даній статті досліджено зміни, які можуть статися із основними складовими частинами логістики в Індустрії 4.0: матеріальним потоком, логістичною операцією, логістичною функцією, логістичним ланцюгом постачання, логістичною мережею, логістичною системою. Досліджено питання поділу компаній, що надають логістичні послуги, на операторів різного рівня в Індустрії 4.0. Наведено умовний приклад логістичного ланцюга поставок продукції за нинішніх умов та в Індустрії 4.0. Показано, що в Індустрії 4.0 в логістичному ланцюгу поставок зменшиться кількість можливих напрямів протікання матеріального потоку, а продукція одразу після її виготовлення буде відправлятися покупцю, що може зумовити зникнення поняття "Склад готової продукції".*

*Industry 4.0 is the industrial production of the future, which will lead to changes in business processes of an individual enterprise and its relationships with contractors. In particular, significant changes will take place in logistics. In this article we investigate the changes that may happen to the main components of the Logistics in Industry 4.0: material flow, logistics operation, logistics function, logistics supply chain, logistics network and logistics system. We also investigate the question of division of companies that provide logistics services to operators of different levels in the Industry 4.0. We provide a conditional example of the logistics products supply chain at current situation and in Industry 4.0. It is shown that in Industry 4.0 logistics supply chain the number of possible directions of flow of material stream will be reduced and products immediately after their manufacture will be sent to the buyer, which could lead to the disappearance of the concept of "Warehouse of finished products."*

*Ключові слова: Четверта промислова революція, Індустрія 4.0, логістика, логістичний ланцюг поставок. Key words: The Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0, Logistics, Supply chain.*

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розвиток інформаційно-комунікаційних засобів та технологій пришвидшується з кожним роком, змінюючи бізнес-процеси та звичайне життя людей. На заміну великим обчислювальним машинам прийшли персональні комп'ютери, яких у свою чергу потіснили ноутбуки. Наразі поряд з ноутбуками використовують планшети та смартфони, продуктивність яких не лише значно вища за продуктивність перших обчислювальних машин, а й продовжує надалі зростати. Розвиваються засоби та технології зберігання, обробки та передачі даних за допомогою Інтернету: хмари та хмарні обчислення, дротові та бездротові телекомунікаційні мережі і т.п. Використання таких засобів та технологій сприяє зростанню ефективності діяльності будь-якого підприємства не залежно від його розмірів (чи то мале торговельно-промислове, чи то велике промислове виробництво). Очевидно, що надалі імплементація інформаційно-комунікаційних засобів та технологій у бізнесі буде лише поглиблюватися, витісняючи та/або заміняючи дедалі більшу кількість звичних дій. Наприклад, вже зараз у бізнесі низка операцій має лише своє цифрове (віртуальне) відображення без паперового (фізично відчутного) документального підтвердження її здійснення.

Взаємодія у бізнесі "людина-людина" ("Human-to-Human" — H2H) змінюється на взаємодію "машина-людина", "людина-машина" ("Machine-to-Human" — M2H,

"Human-to-Machine" — H2M) та "машина-машина" ("Machine-to-Machine" — M2M). Наразі міжмашинна взаємодія дістала такого розвитку, що науковці та фахівці розвинутих країн світу почали говорити про початок Четвертої промислової революції (або Індустрії 4.0), сутність якої полягає в тому, що усі фізичні об'єкти будуть певним чином постійно підключені до єдиної світової інформаційної мережі з метою обміну інформацією між ними без безпосереднього залучення до цього людини [1].

Згідно з основними засадами Індустрії 4.0 виробниче устаткування (в цілому та його вузли) та продукція, яка виготовляється за його допомогою (в цілому та її деталі), є активними системними компонентами, що керують своїми виробничими та логістичними процесами [2, 3]. Складність виробництва та вибагливість споживачів підвищується з кожним роком: відбувається зменшення обсягів партій виробленої продукції разом із збільшенням кількості варіантів цієї продукції, ринок збуту здійснює суттєвий вплив на кінцеву ціну готової продукції, якість сервісного обслуговування починає грати дедалі важливішу роль у прийнятті рішення покупцем [4]. Промислове виробництво стає клієнтоорієнтованим та прагне стати персоналізованим. Частково ці проблеми можна вирішити за допомогою 3D-принтерів, використовуючи які кожен із споживачів зможе вдома виготовити необхідну йому продукцію з враху-

ванням своїх власних бажань. У цьому випадку логістика готової продукції від виробника до споживача буде замінена на логістику сировини та запчастин.

Отже, в рамках Індустрії 4.0 окрім кардинальних змін у промисловому виробництві, суттєві зміни відбудуться й в логістиці, що потребують системних досліджень.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Наразі досліджень та публікацій щодо різних аспектів Індустрії 4.0 опубліковано досить велика кількість. Переважно це є роботи зарубіжних науковців та фахівців, в яких логістика досліджується як один із аспектів Індустрії 4.0. Проте робіт, присвячених суто проблемам функціонування логістики, логістичних систем, логістичних ланцюгів постачання в умовах Четвертої промислової революції, обмаль.

Зокрема, професор Август-Вільгельм Шеєр (August-Wilhelm Scheer) в своїй роботі "Індустрія 4.0: від концепції до впровадження" ("Industry 4.0: From vision to implementation") [5] описує логістику в умовах Індустрії 4.0 наступним чином. Згідно з його уявленнями, споживач буде робити замовлення будь-яким зручним йому способом за допомогою різних засобів комунікації (звичайного комп'ютера, ноутбука, планшета чи смартфона) і зможе змінювати та відстежувати замовлення незалежно від того, за допомогою якого пристрою це замовлення було зроблено на початку. З технічної точки зору це означає, що користувацький інтерфейс буде автоматично адаптуватися до засобу комунікації, а споживач зможе вносити будь-які зміни щодо характеристик продукції, яку він замовляє, до моменту початку її виготовлення. Така персоналізація продукції зумовить збільшення кількості постачальників, зменшення кількості комплектуючих та обсягу сировини в одній партії, зменшення глибини виробництва [5]. Процес знаходження нових постачальників буде достатньо швидким і вони одразу будуть інтегруватися у загальний логістичний ланцюг постачання, в якому будь-який його учасник зможе у будь-який момент часу дістати потрібну йому інформацію, наприклад, за допомогою віртуальної центральної бази даних та радіочастотних ідентифікаторів (RFID) [5].

У [2] наводиться приклад використання кіберфізичних систем (які є одним із основних компонентів Індустрії 4.0) у транспортуванні продукції із специфічними температурними умовами зберігання. В цьому випадку упаковка продукції містить датчики контролю температури зовнішнього середовища і при відхиленні її від норми надсилає відповідний сигнал до системи контролю вантажівки, яка у свою чергу змінює температуру всередині холодильної установки до потрібної без втручання людини. Така технологія перевезення наразі вже використовуються при транспортуванні пакетів плазми крові [2].

На думку автора статті [6], завдяки інноваціям Четвертої промислової революції витрати на транспорт та зв'язок будуть зменшуватися, логістика та глобальні логістичні ланцюги постачання стануть більш ефективними і т.п. Однією із таких інновацій, яка істотно вплине на логістику, є Інтернет Речей. Технологічними передумовами використання Інтернету Речей у логістиці можна вважати [7]: постійне зростання кількості мобільних засобів комунікації; орієнтація інформаційних технологій на споживача; сенсорні технології досягнули наразі такого розвитку, що можуть бути використані у логістиці промислового виробництва; поява мобільних мереж п'ятого покоління (5G); подальший розвиток хмарних обчислень та великих даних. Використання Інтернету Речей в логістиці дозволить здійснювати прозорий та цілісний контроль уздовж усього логістичного ланцюга постачання, задовольняючи потреби: кінцевих споживачів щодо відстеження їх замовлень у реальному часі; промислових підприємств щодо конт-

ролю за продукцією, яка вимагає особливих умов транспортування; логістичних операторів щодо побудови оптимальних транспортних мереж [7].

Використання Інтернету Речей в логістиці також присвячена доповідь [8], в якій поряд із терміном "Індустрія 4.0" зустрічається термін "Логістика 4.0" та говориться, що у логістичному ланцюгу його компоненти є автономними, взаємодіють між собою через Інтернет Речей та обмінюються інформацією за допомогою хмар. Інтернет Речей дозволяє ефективно управляти логістичним ланцюгом постачання як цілісним об'єктом управління, на протипагу розбиттю такого ланцюга на окремі сегменти з метою забезпечення більшого контролю над процесами на кожному з них і відповідно кращого розуміння та визначення проблемних ділянок [9]. Окрім того, у статті [9] на прикладі транспортування лікарських засобів показано використання радіочастотних ідентифікаторів (RFID) у логістиці.

У статті [10] Енн Філд (Anne Field) наводить низку складових частин логістики, для яких впровадження Інтернету Всього (Internet of Everything — IoE) може бути достатньо корисним, зокрема: попереджувачий ремонт та діагностика (за допомогою Інтернету Всього інженери можуть отримувати в реальному часі дані щодо стану рухомого складу і при виявленні потенційних проблем одразу повідомляти водія; моніторинг умов перевезення продукції); оптимізація розкладів (вирішення задачі сортування залізничних вагонів, які стоять в тупику); здоров'я та безпека водія (моніторинг стану водія з метою, зокрема, недопущення його засинання, що може зумовити аварійну ситуацію на дорозі).

Автори роботи [11] досліджують зміни, які відбудуться в управлінні логістичними ланцюгами поставки продукції в Індустрії 4.0. Зокрема вони говорять, що завдяки використанню інноваційних інформаційних технологій (хмарних обчислень, кіберфізичних систем тощо) логістичні ланцюги поставок в Індустрії 4.0 стануть більш гнучкими та прозорими, з'явиться потреба у нових засобах обробки інформації для прийняття ефективних рішень в управлінні логістичним ланцюгом поставок через зростання обсягу даних, їх деталізацію та доступність в режимі реального часу.

Серед вітчизняних робіт хотілось б зазначити роботу Григорак М. Ю. [12], в якій є згадування поняття "Індустрія 4.0" та досліджуються різні аспекти інтелектуалізації логістичної діяльності підприємств в умовах нового етапу розвитку світової економіки.

Можна зробити висновок, що незважаючи на актуальність Індустрії 4.0 як концепції інноваційного промислового виробництва майбутнього, що зумовить зміни в різних секторах економіки, ґрунтовних та системних досліджень щодо логістики в Індустрії 4.0 обмаль у світовому науковому просторі та фактично відсутні у вітчизняному. Тому даною статтею хотілось би деякою мірою заповнити цю прогалину вітчизняного наукового середовища.

## МЕТА СТАТТІ

Мета статті полягає у дослідженні змін, які торкнуться основних понять (складових) логістики в Індустрії 4.0.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

До основних понять (складових) логістики можна віднести [13]: матеріальний потік, логістична операція, логістична функція, логістичний ланцюг постачання, логістична мережа, логістична система тощо.

Матеріальний потік — це множина матеріальних ресурсів (до яких відносять сировину, матеріали та комплектуючі, що необхідні для виготовлення продукції; продукція, що пройшла лише частину виробничого процесу; готова продукція; товари, придбані з метою подальшого перепродажу) як єдиний цілісний об'єкт управління, до якого застосовуються різні логістичні опе-

рації на певному часовому інтервалі [13; 14]. Якщо матеріальний потік розглядається у визначений момент часу (статичний стан матеріального потоку), тоді він перетворюється у матеріальні запаси [13; 14]. Основними показниками матеріального потоку є напруженість (інтенсивність переміщення матеріальних ресурсів) та потужність (обсяги продукції, що переміщуються за одиницю часу) [13].

Наразі виробництво промислових товарів є серійним: за допомогою заздалегідь чітко визначених устаткування, технологій та процесів виготовляється уніфікована продукція. В Індустрії 4.0 виробництво промислових товарів залишиться серійним, проте продукція буде персоналізованою (вироблятися згідно вимог конкретного споживача), а устаткування, технології та процеси набудуть гнучкості. Наприклад, зараз підприємство виготовляє деяку кількість однакової продукції, яка розвозиться по магазинам, і відповідно різні споживачі можуть в різних магазинах купити однакою продукцію. В Індустрії 4.0 підприємство буде виготовляти ту ж саму кількість, але персоналізованої, продукції промисловим способом, яка може бути доставлена одразу різним споживачам, оминаючи магазини. В цьому випадку напруженість матеріального потоку підвищиться, а потужність залишиться на такому ж рівні, або підвищиться. Швидке виконання індивідуальних замовлень споживачів у масовому виробництві вимагає змін у формуванні виробничих запасів виробництва: кількість різних партій комплектуючих, сировини та матеріалів збільшиться, але розмір самих партій значно зменшиться [5]. Все це зумовить зміни в логістичних операціях, які виконуються із матеріальним потоком на усьому шляху його руху від постачальника сировини до кінцевого споживача.

Логістична операція — це сукупність дій, які спрямовані на перетворення матеріального та/або інформаційного потоку, окрім технологічних операцій виробництва матеріального блага [13; 14]. До логістичних операцій з матеріальним потоком відносять: навантаження, транспортування, розвантаження, комплектування, складування, пакування тощо [13; 14]. До логістичних операцій з інформаційним потоком відносять дії, пов'язані із збиранням, обробкою та передачею інформації, що відповідає матеріальному потоку [14].

В Індустрії 4.0 сутність логістичних операцій не зміниться, проте зміниться виконавець цих операцій — на зміну людині придуть кіберфізичні та мехатронні системи, автономні роботи тощо. Людина із активного учасника логістичних процесів та виконавця логістичних операцій перетвориться у спостерігача, якому відведена роль контролера. В Індустрії 4.0 кількість одних логістичних операцій значно збільшиться, інших — зменшиться. Зокрема, на наш погляд, через персоналізацію виробництва збільшиться кількість та різноманітність логістичних операцій щодо виробництва продукції. Проте можуть значно скоротитися логістичні операції щодо складування та управління запасами. Це пов'язано із тим, що індивідуальна продукція одразу після її виробництва буде прямувати до споживача.

Використання 3D-принтерів може у майбутньому змінити саму концепцію промислового виробництва: фактично кожен вдома зможе мати свою власну фабрику. В цьому випадку, кількість логістичних операцій з матеріальним потоком фактично буде зведено до нуля, проте кількість логістичних операцій із інформаційним потіком залишиться такою, як є, або збільшиться. Проте в цьому випадку, набудуть своєї значимості логістичні операції щодо постачання необхідних комплектуючих та матеріалів для таких принтерів.

Окрім того, якщо наразі ініціатором виготовлення продукції є підприємство-виробник, то в Індустрії 4.0 ініціатором виробництва продукції стане споживач. А це зумовить зміни у низці логістичних операцій.

Укрупнена група логістичних операцій, які спрямовані на досягнення їх спільної мети та реалізацію цілей

логістичної системи, називається логістичною функцією [14]. До основних логістичних функцій відносять [13]: постачання та закупівля; виробництво; збут, дистрибуція та розподільна логістика; складування; транспортування; управління запасами. Окрім того, тут потрібно також зазначити реверсивну логістику, за допомогою якої здійснюється управління зворотними потоками. Логістичні операції виконуються зазвичай не одним підприємством, а групою підприємств, деякі з яких можуть виконувати лише одну логістичну функцію, наприклад, перевізник відповідає за транспортування, мережа супермаркетів дбає про забезпечення продажу продукції тощо [13]. Проте їх усіх пов'яже єдиний матеріальний потік, оптимізація якого наразі відбувається в межах однієї логістичної функції без ґрунтовних досліджень взаємного впливу із суміжними функціями [13; 14]. В Індустрії 4.0 все буде поєднано за допомогою Інтернету Речей, а тому в цьому випадку управління матеріальним потоком буде здійснюватися цілісно із врахуванням вимог усіх функцій та учасників логістичного процесу. Проте в цьому випадку виникає питання, де буде знаходитися "центр" прийняття управлінських рішень щодо протікання матеріального потоку на усіх його етапах, починаючи від постачання сировини на виробництво і закінчуючи отриманням споживачем готової продукції.

Окрім того, зроблені вище висновки для логістичних операцій в Індустрії 4.0 будуть доречні й для логістичних функцій.

Упорядковані певним чином учасники логістичного процесу формують на основі довготривалого партнерства логістичний ланцюг постачання з метою оптимізації переміщення матеріального потоку та підвищення ефективності діяльності кожного із них (постачальника сировини, виробника, дистрибутора, роздрібного продавця, логістичного оператора, споживача) [15]. Проте логістичний ланцюг не є гнучким для споживача з точки зору задоволення його потреб у якості, характеристик та вартості продукції, вартості послуг доставки тощо. Для Індустрії 4.0 характерним буде наявність замість логістичних ланцюгів постачання логістичних мереж.

Особливість логістичних мереж полягає у можливості залучати кілька конкуруючих або кооперуючих підприємств на кожному етапі протікання (трансформації) матеріального потоку та супроводжуючого його інформаційного згідно із індивідуальними вимогами споживачів [15]. В Індустрії 4.0 учасники логістичних мереж будуть взаємодіяти через Інтернет Речей на різних управлінських рівнях. Наприклад, устаткування одного виробництва зможе "спілкуватися" із устаткуванням іншого виробництва напряму, оминаючи жорстку ієрархію підпорядкування обох підприємств. Це зумовить розмиття виробничих меж між такими підприємствами та взаємне проникнення на рівні виробничих та логістичних операцій. Юридично це будуть різні підприємства, проте з точки зору функціонування бізнес-процесів їх можна вважати цілісною виробничою системою. В результаті отримаємо єдину виробничо-логістичну мережу, в якій усі взаємодіють із усіма. Для визначення ефективних концепцій управління учасниками виробничо-логістичної мережі та взаємовідносинами між ними потрібно ввести поняття логістичної системи [13].

Логістична система — це спеціально організована інтеграція логістичних елементів, ланок чи підсистем у межах певної економічної системи для оптимізації процесів трансформації матеріального потоку [15]. В Індустрії 4.0 складовими частинами логістичних систем на відповідних рівнях будуть автономні роботи, кіберфізичні та мехатронні системи тощо. На сьогодні існують загальновизнані класифікації логістичних мереж за різними ознаками, які будуть актуальними і у майбутньому. Проте в умовах Індустрії 4.0, коли межі (насамперед інформаційні) між підприємствами будуть розмитими, чітко визначити логістичні системи буде важче. У



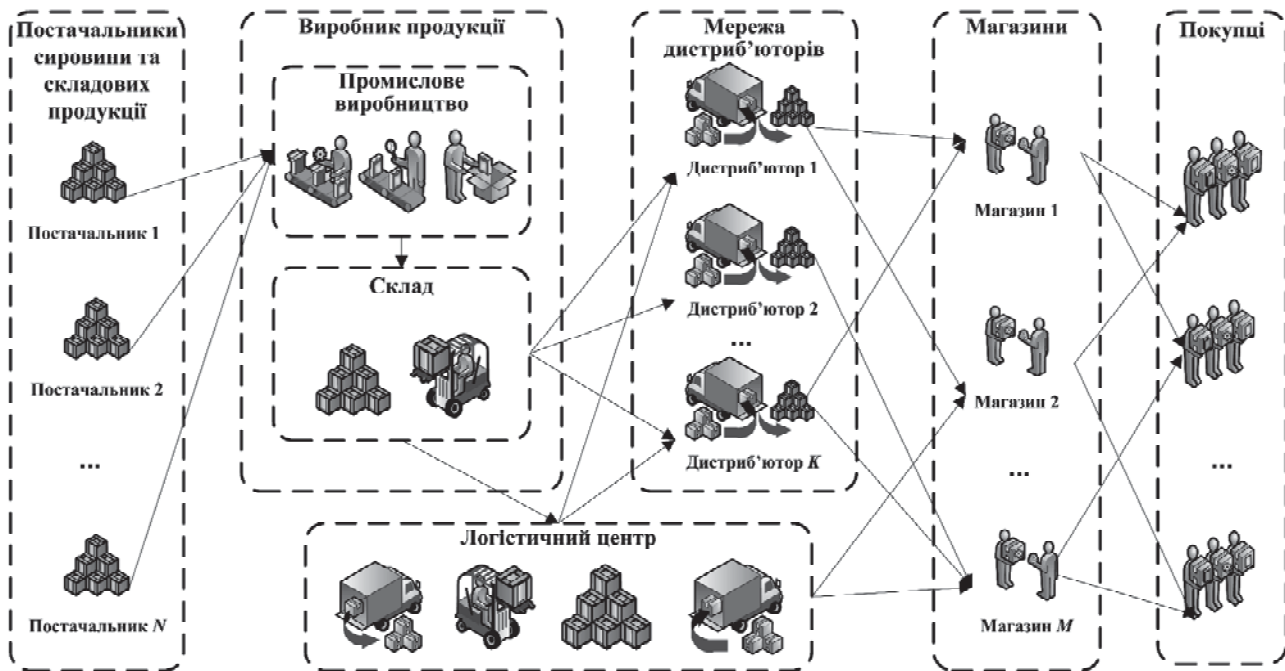


Рис. 1. Узагальнена структурна схема логістичного ланцюга поставок продукції за сучасних умов

Джерело: побудовано автором.

цьому випадку, на наш погляд, потрібно буде говорити про умовні логістичні системи.

В Індустрії 4.0 дістане подальшого розвитку й прийнятий у розвинутих країнах поділ компаній, що надають логістичні послуги, на операторів різного рівня. Залежно від ступеня інтегрованості діяльності логістичного оператора з діяльністю замовника та пропонованих ним логістичних послуг, виокремлюють наступні рівні логістики [12; 13; 15]:

— логістика першої сторони (First Party Logistics — 1PL). Всі логістичні операції та управління ними підприємство здійснює самостійно без будь-якого залучення сторонніх організацій;

— логістика другої сторони (Second Party Logistics — 2PL) передбачає, що управління логістичним ланцюгом постачання здійснює підприємство, а базові логістичні послуги (транспортування та складське зберігання) виконує стороння організація на замовлення підприємства;

— логістика третьої сторони (Third Party Logistics — 3PL) передбачає, що стороння організація для підприємства виконує цілий комплекс логістичних послуг, які розширюють межі базових. Зокрема, окрім базових логістичних послуг можуть надаватися послуги митного оформлення вантажів, маркування вантажів, контроль обігу тари, що підлягає поверненню, тощо;

— логістика четвертої сторони (Fourth Party Logistics — 4PL). Логістичні оператори цього рівня окрім організації та управління логістичним ланцюгом постачання продукції підприємства-замовника надають йому також консультативні послуги щодо оптимізації його виробничої та/або збутової діяльності [13]. В цьому випадку підприємство лише займається виробництвом та маркетингом, а усією логістикою займається логістичний оператор, який працює за принципом подвійного аутсорсингу, тобто, використовуючи склади та транспортні засоби 3PL-операторів, здійснює управління цілим ланцюгом постачання, розвиваючи власні інформаційні технології та підвищуючи рівень знань власних інтелектуально-трудових ресурсів [15];

— логістика п'ятої сторони (Fifth Party Logistics — 5PL). 5PL-оператор є представником електронного бізнесу, для якого характерний високий рівень інтелектуалізації діяльності, що передбачає створення та функціонування складних інтелектуальних систем управління логістичними мережами [12].

На нашу думку, в Індустрії 4.0 зазначені рівні надання логістичних послуг (окрім останнього) не будуть актуальними через повсюдне використання Інтернету Речей та підвищення інтелектуальної складової усіх речей (устаткування та його компонентів, продукції та її елементів, транспортних засобів тощо). Вважаємо, що 5PL-оператори в Індустрії 4.0 стануть логістичними операторами початкового рівня, а використання автономних роботів та кіберфізичних систем не лише у виробництві, а й логістиці зумовить появу операторів наступного рівня — 6PL. В діяльності 6PL-операторів мають використовуватися усі розробки технічного прогресу, які складають основу Індустрії 4.0: Великі дані та їх аналіз; автономні роботи; моделювання; горизонтальна та вертикальна системна інтеграція; Промисловий Інтернет Речей; кібербезпека; Хмари; адитивне виробництво; розширена (або віртуальна) реальність [16]. Не дивлячись на тотальне використання інформаційно-комунікаційних засобів та технологій, людина буде займати одне із основних місць у функціонуванні таких операторів. Поява 6PL-операторів відбудеться одночасно із появою повноцінних промислових виробництв Індустрії 4.0.

Розвиток штучного інтелекту зумовить й появу абсолютно незалежних від людини виробництв та відповідно логістичних мереж. В цьому випадку можна буде говорити про появу 7PL-операторів. Подальший науково-технічний прогрес у майбутньому зумовить появу операторів вищих рівнів (8PL, 9PL, ...).

Серед фахівців існує така класифікація рівнів логістики [17]: 6PL (передбачає використання штучного інтелекту в управлінні логістичними мережами), 7PL (автономні роботи спроможні будуть самостійно створювати та тестувати альтернативні логістичні мережі постачання та обирати найкращий); 8PL (буде створено суперкомп'ютер для аналізу результатів конкурентів); 9PL (передбачає появу краудсорсингу управління у логістиці); 10PL (логістичним мережам поставок буде притаманна самосвідомість і вони будуть працювати абсолютно самостійно).

Покажемо можливі зміни у логістиці в Індустрії 4.0 на умовному прикладі. Нехай, для загального випадку учасниками логістичного ланцюга поставок продукції наразі є: N постачальників сировини; виробник продукції; логістичний центр; K дистриб'юторів; M магазинів; деяка сукупність покупців (див. рис. 1). Зауважи-

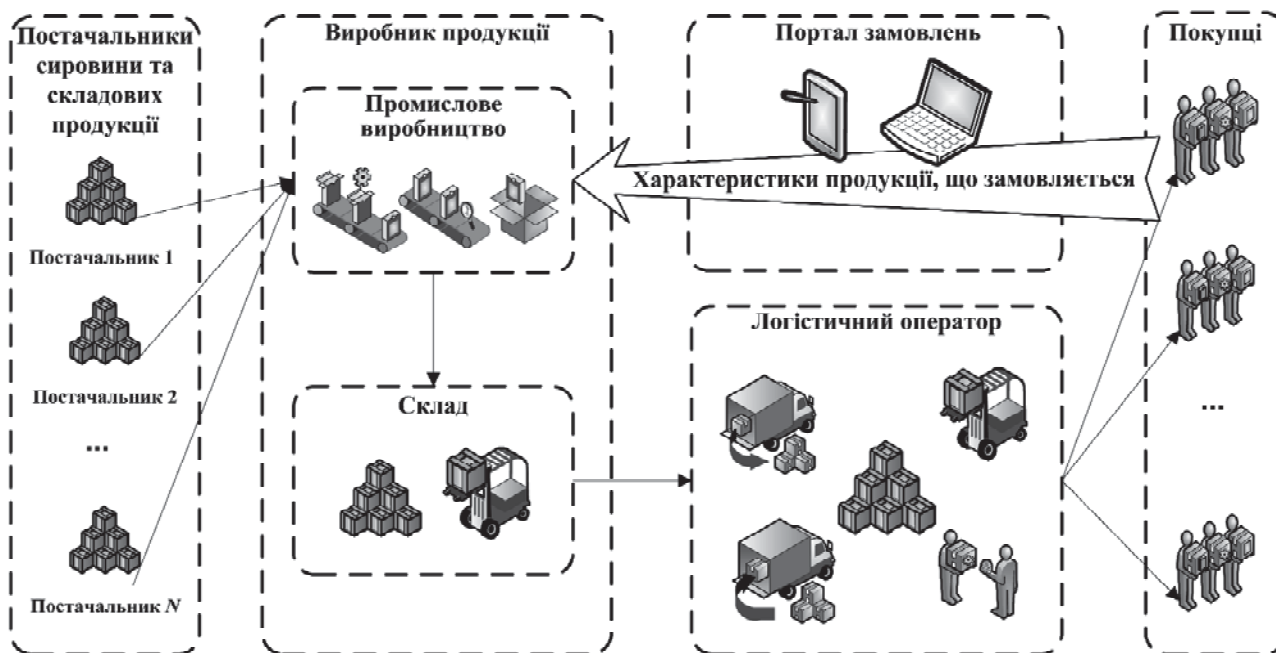


Рис. 2. Узагальнена структурна схема логістичного ланцюга поставок продукції в Індустрії 4.0

Джерело: побудовано автором.

мо, що на схемах в даній статті деякі логістичні процеси та потоки навмисно упущені для легшого сприйняття.

Припустимо, що центральним підприємством логістичного ланцюга поставок є виробник, в межах якого виокремимо такі його складові частини, як "Промислове виробництво" та "Склад". Низка постачальників згідно замовлень виробника здійснюють постачання на виробництво необхідної сировини та складових продукцій. Готова продукція складається у виробника та спрямовується до логістичного центру. До дистриб'юторів продукція може потрапляти із складу готової продукції виробника та логістичного центру. До магазинів товар потрапляє як від дистриб'юторів, так і від логістичного центру. Кожен покупець може здійснити покупку продукції в будь-якому магазині. На рисунку 1 показані напрями протікання матеріального потоку, які будуть існувати в будь-якому випадку (наприклад, напрямок від промислового виробництва до складу, від складу до логістичного центру) та варіативні (наприклад, від складу до дистриб'юторів, від магазинів до покупців тощо).

В Індустрії 4.0 замість магазинів, в яких покупці здійснюють покупки, буде існувати портал замовлень, на якому покупці самостійно будуть замовляти продукцію, задаючи власні унікальні її характеристики із сукупності можливих, (див. рис. 2). Ця інформація буде надходити безпосередньо на виробництво. Операції логістичного центру зазнають змін, зокрема, буде здійснюватися доставка продукції безпосередньо до покупця, тому на рисунку 2 блок "Логістичний центр" перейменовано на "Логістичний оператор". Низка блоків схеми з рисунку 2 (на відміну від схеми з рисунку 1) не містить зображення людей ("Промислове виробництво", "Склад"), що відповідає використанню автономних роботів, кіберфізичних систем тощо. Як бачимо, в Індустрії 4.0 для загального випадку логістичний ланцюг поставок продукції зазнає певних змін: зменшиться кількість можливих напрямків протікання матеріального потоку, зокрема, через усунення із ланцюга дистриб'юторів та магазинів, функції яких буде виконувати логістичний оператор та портал замовлень. За нинішніх умов дистриб'ютори, магазини, логістичний центр (оператор) та виробник можуть перевозити, пересортовувати, зберігати товар тощо. В Індустрії 4.0 логістичний оператор буде зосереджений на транспортуванні готової продукції без довготривалого її збері-

гання, тому що виготовлена продукція буде одразу по завершенню виробництва спрямовуватися до покупця, який її замовив.

## ВИСНОВКИ

Четверта промислова революція (або Індустрія 4.0) не є фантастикою, вона вже твориться низкою розвинутих країн світу. І хоча це лише фрагменти повноцінних промислових виробництв майбутнього, проте необхідно вже зараз замислюватися як це вплине на бізнес-процеси як окремого підприємства, так і його партнерів, а також їх взаємозв'язки. Зокрема істотних змін зазнає логістика.

В даній статті ми дослідили зміни, які можуть статися із основними складовими частинами логістики в Індустрії 4.0: матеріальним потоком, логістичною операцією, логістичною функцією, логістичним ланцюгом постачання, логістичною мережею, логістичною системою. Наведено умовний приклад логістичного ланцюга поставок продукції за нинішніх умов та в Індустрії 4.0. Окрім того, досліджено питання поділу компаній, що надають логістичні послуги, на операторів різного рівня в Індустрії 4.0.

У подальших дослідженнях вбачаємо за доцільно ґрунтовніше дослідити можливі зміни логістичного ланцюга поставок не для загального випадку, а для конкретного. Окрім того, потребує досліджень й питання утворення доданої вартості готовою продукції. Наприклад, використання 3D-принтерів може значно зменшити таку вартість, проте виникають дискусійні питання, чи буде це корисним для економіки в цілому.

## Література:

1. Как нам начать четвертую промышленную революцию [Електронний ресурс] // Власть денег. — 2015. — № 9/434. — Режим доступу: <http://www.dsnews.ua/future/kak-nam-nachat-chetvertuyu-promyshlennuyu-revoljutsiyu-05092015101200>
2. Индустрия 4.0: производственные процессы будущего. Интервью с профессором Вольфгангом Вальстером [Електронний ресурс] // Журнал "Тенденции в автоматизации". — Режим доступу: <http://www.up-pro.ru/library/opinion/industriya-4.0.html>
3. Жемлиханов Т. "Индустрия 4.0": революция без потерь? / Т. Жемлиханов // Электротехнический рынок. — 2015. — № 5—6 (65—66). — С. 32—36.

4. Supply Chain Factor [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.agiplan.de/ru/temy/themen/detail/supply-chain-factory-1.html>

5. Scheer A.-W. Industry 4.0: From vision to implementation [Електронний ресурс] / A.-W. Scheer // Whitepaper. — № 9. — August 2015. — Режим доступу: [http://aws-institut.de/wp-content/uploads/2016/02/AWScheer\\_Whitepaper5\\_Industry-4-0-EN.pdf](http://aws-institut.de/wp-content/uploads/2016/02/AWScheer_Whitepaper5_Industry-4-0-EN.pdf)

6. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond [Електронний ресурс] / K. Schwab // Foreign Affairs. — December 12, 2015. — Режим доступу: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>

7. Macaulay J. Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry [Електронний ресурс] / J. Macaulay, L. Buckalew, G. Chung, M. Kuckelhaus // DHL Trend Research, Cisco Consulting Services. — 2015. — Режим доступу: [http://www.dhl.com/content/dam/Local/Images/g0/New\\_aboutus/innovation/DHLTrendReport\\_Internet\\_of\\_things.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/Local/Images/g0/New_aboutus/innovation/DHLTrendReport_Internet_of_things.pdf)

8. Hulsman T. Logistics 4.0 and The Internet of Things [Електронний ресурс] / T. Hulsman // Workshop "Platforms for connected Factories of the Future". — Brussels. — 5—6 October. — 2015. — Режим доступу: [http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/image/document/2015-44/8\\_huelsmann\\_11945.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/8_huelsmann_11945.pdf)

9. Алтайская Е. "Интернет Вещей": помощь в цепи поставок ЛС [Електронний ресурс] / Е. Алтайская, С. Шабанов // Фармацевтическая газета "Московские Аптеки". — 16.07.2013. — Режим доступу: <http://mosapteki.ru/material/internet-veshheyo-romoshh-v-serpi-postavok-ls-1197>

10. Field A. Logistics get a lot smarter [Електронний ресурс] / A. Field. — October. — 19. — 2015. — Режим доступу: <http://newsroom.cisco.com/feature-content?articleId=1722112>

11. Schroder M. Industry 4.0 And Its Impact On Supply Chain Risk Management [Електронний ресурс] / M. Schroder, M. Indorf, W. Kersten // 14th International Conference "Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat)". — Riga, 15—18 October 2014. — Режим доступу: [http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Conferences/RelStat14/schroeder\\_indorf\\_kersten.pdf](http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Conferences/RelStat14/schroeder_indorf_kersten.pdf)

12. Григорак М.Ю. Теоретичні положення інтелектуально зорієнтованої логістики / М.Ю. Григорак // Бізнес Інформ. — 2015. — № 2. — С. 20—29.

13. Горбенко О.В. Логістика: навч. посіб. / О.В. Горбенко. — К.: Знання, 2014. — 315 с.

14. Гаджинский А.М. Логистика: учебник / А.М. Гаджинский. — 16-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и Ко", 2008. — 484 с.

15. Крикавський Є.В. Логістичні системи: навч. посібник / Є.В. Крикавський, Н.В. Чорнописка. — 2-ге вид., доп. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. — 312 с.

16. Rußmann M. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries [Електронний ресурс] / M. Rußmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel, M. Harnisch. — 2015. — Режим доступу: [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/)

17. 10PL — Logistics to the Power of 10 [Електронний ресурс] // Сайт компанії "Dedola Global Logistics". — Режим доступу: <http://dedola.com/10pl/>

References:

1. The site of Delovaya stolica (2015), "How do we start the fourth industrial revolution", Vlast deneg, [Online], no. 9/434, available at: <http://www.dsnews.ua/future/kak-nam-nachat-chetvertuyu-promyshlennuyu-revoljutsiyu-05092015101200> (Accessed 25 February 2016).

2. The site of Business Portal "Production management", (2014), "Industry 4.0: the future production processes. Interview with Professor Wolfgang Wahlster", Magazine "Trends in automation", [Online], available at: <http://www.up-pro.ru/library/opinion/industriya-4.0.html> (Accessed 25 February 2016).

3. Zhemlixanov, T. (2015), "Industry 4.0": a revolution without a loss?", Electrical market, no. 5—6 (65—66), pp. 32—36.

4. The site of Agiplan GmbH, "Supply Chain Factor", [Online], available at: <http://www.agiplan.de/ru/temy/themen/detail/supply-chain-factory-1.html> (Accessed 16 March 2016).

5. Scheer, A.-W. (2015), "Industry 4.0: From vision to implementation", Whitepaper, [Online], no. 9, available at: [http://aws-institut.de/wp-content/uploads/2016/02/AWScheer\\_Whitepaper5\\_Industry-4-0-EN.pdf](http://aws-institut.de/wp-content/uploads/2016/02/AWScheer_Whitepaper5_Industry-4-0-EN.pdf) (Accessed 16 March 2016).

6. Schwab, K. (2015), "The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond", Foreign Affairs, [Online], available at: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (Accessed 16 March 2016).

7. Macaulay, J. Buckalew, L. Chung, G. Kuckelhaus, M. (2015), "Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry", DHL Trend Research, Cisco Consulting Services, [Online], available at: [http://www.dhl.com/content/dam/Local/Images/g0/New\\_aboutus/innovation/DHLTrendReport\\_Internet\\_of\\_things.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/Local/Images/g0/New_aboutus/innovation/DHLTrendReport_Internet_of_things.pdf) (Accessed 16 March 2016).

8. Hulsman, T. (2015), "Logistics 4.0 and The Internet of Things", Workshop "Platforms for connected Factories of the Future", [Online], Brussels, 5—6 October, 2015, available at: [http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/image/document/2015-44/8\\_huelsmann\\_11945.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/8_huelsmann_11945.pdf) (Accessed 16 March 2016).

9. Altayskaya, E. Shabanov, S. (2013), "Internet of Things: assistance in the supply chain of medicines", Farmatsevticheskaya gazeta "Moskovskie Apteki", [Online], available at: <http://mosapteki.ru/material/internet-veshheyo-romoshh-v-serpi-postavok-ls-1197> (Accessed 16 March 2016).

10. Field, A. (2015), "Logistics get a lot smarter", [Online], available at: <http://newsroom.cisco.com/feature-content?articleId=1722112> (Accessed 16 March 2016).

11. Schroder, M. Indorf, M. Kersten, W. (2014), "Industry 4.0 And Its Impact On Supply Chain Risk Management", 14th International Conference "Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat)", Riga, [Online], available at: [http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Conferences/RelStat14/schroeder\\_indorf\\_kersten.pdf](http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Conferences/RelStat14/schroeder_indorf_kersten.pdf) (Accessed 16 March 2016).

12. Grygorak, M. Yu. (2015), "Theoretical Provisions of the Intellectually-Oriented Logistics", Business Inform, no. 2, pp. 20—29.

13. Gorbenko, O. V. (2014), Logistika [Logistics], Znannya, Kyiv, Ukraine.

14. Gadzhinskiy, A.M. (2008), Logistika [Logistics], Izdatelsko-torgovaia korporaciia "Dashkov i Ko", Moscow.

15. Krykavskyy, Ye. V. Chornopyska, N.V. (2012), Logistychni systemy [Logistics Systems], Vydavnytstvo Nacionalnogo universytetu "Lvivska politekhnika", Lviv, Ukraine.

16. Rußmann, M. Lorenz, M. Gerbert, P. Waldner, M. Justus, J. Engel, P. Harnisch, M. (2015), "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries" [Online], available at: [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/) (Accessed 25 February 2016).

17. The site of Dedola Global Logistics. "10PL — Logistics to the Power of 10", [Online], available at: <http://dedola.com/10pl/> (Accessed 16 March 2016).

Стаття надійшла до редакції 30.03.2016 р.