

DOI: 10.5281/zenodo.1423289

UDC Classification: 330.131.5:338.3:658.5

JEL Classification: O32, O33, F61, F62

FORMATION OF CONCEPTUAL PRINCIPLES OF DISTRIBUTED PRODUCTION AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ЗАСАД РОЗПОДІЛЕНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Kostiantyn Yu. Zavrzhnyi
 Sumy State University, Sumy, Ukraine
 ORCID: 0000-0002-0408-0269
 Email: k.zavrzhnyi@ssu.edu.ua

Iryna M. Sotnyk, Doctor of Economics, Professor
 Sumy State University, Sumy, Ukraine
 ORCID: 0000-0001-5787-2481
 Email: sotnyk@econ.sumdu.edu.ua
 Received 09.05.2018

Завражний К.Ю., Сотник І.М. Формування концептуальних засад розподіленого виробництва на промислових підприємствах. Оглядова стаття.

У статті розроблено концептуальні засади розвитку розподіленого виробництва на промислових підприємствах в контексті Четвертої промислової революції. Визначено передумови, сутність та функції розподіленого виробництва. Розкрито основні складові «дорожньої карти» розвитку промислової і технологічної автоматизації в рамках такого виробництва. Проаналізовано перспективи розвитку промисловості шляхом запровадження інформаційних технологій. Обґрунтовано напрями розбудови розподіленого виробництва у промислових компаніях України та світу.

Ключові слова: розподілене виробництво, промислове підприємство, інформаційні технології, промисловий Інтернет речей, економічна ефективність, Індустрія 4.0

Zavrzhnyi K. Yu., Sotnyk I. M. Formation of conceptual principles of distributed production at industrial enterprises. Review article.

The article develops conceptual principles of expanding distributed production at industrial enterprises in the context of the Fourth Industrial Revolution. The preconditions, essence and functions of distributed production are determined. There are also revealed basic components of the "roadmap" for developing industrial and technological automation within the limits of this production. The prospects of industrial development through information technologies introduction are analysed. The directions of distributed production development in Ukrainian industrial companies and around the world are substantiated.

Keywords: distributed production, industrial enterprise, information technologies, industrial Internet of things, economic efficiency, Industry 4.0.

Останні десятиліття характеризуються появою та розповсюдженням глобальних і локальних інформаційних мереж, які постійно вдосконалюються. Наслідками таких процесів є збільшення доступності програмного забезпечення та комп'ютерної техніки, які, в свою чергу, обумовлюють широке впровадження інформаційних технологій (ІТ) у практику господарювання підприємств і організацій, забезпечуючи отримання ними додаткових конкурентних переваг. У цьому контексті особливої популярності сьогодні набувають «розумні» системи, які управляють речами без втручання людини і становлять основу концепції Інтернету речей в рамках Четвертої промислової революції (Індустрії 4.0). Впровадження принципів Індустрії 4.0 вже в найближчій перспективі приведе до розгортання нових децентралізованих промислових виробництв, поєднуючи між собою за допомогою інформаційних мереж, і принесе радикальні зміни для сучасних бізнес-моделей.

Ключовою рисою майбутніх трансформацій є персоналізація масових продуктів, тобто поступовий перехід до випуску продукції, що ідеально пристосована під вимоги кожного конкретного споживача, на засадах розподіленого виробництва (РВ). Розвиток такого виробництва прискорює процеси дематеріалізації, замінюючи матеріальну складову продукції на інформаційну шляхом повної автоматизації та імплементації ІТ у виробничі процеси й систему управління підприємствами, і відкриває нові величезні можливості для оптимізації виробничих витрат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми і перспективи розбудови промисловості в умовах впровадження Індустрії 4.0, зокрема на засадах РВ, досліджують у своїх наукових працях як зарубіжні (Р. Болдуїн (Baldwin), 2013) [1], П. Біанчі (Bianchi), 2011) [2], А. Бунфур (Bounfour), 2015) [3], С. Ін (Yin), 2015) [4], З. Луо (Luo), 2014) [5], М. Муро (Muro), 2015) [6], Д. Родрік (Rodrik), 2014) [7], А. Ройко (Rojko), 2017) [8], та ін.), так і українські вчені (Г. Бібік [9], В. Гесць [10], Ю. Кіндзерський [11-12], С. Крайчук [13], Л. Мельник [14-15], Л. Поливана [16] та ін.). Науковцями сформувані концептуальні основи та стратегічні напрями розвитку й імплементації Індустрії 4.0 на промислових підприємствах різних видів економічної діяльності [2; 6-8; 10; 12; 14-15], проаналізовано передумови, переваги та недоліки запровадження інформатизації й автоматизованих бізнес-процесів, у тому числі в рамках РВ [2; 6; 8-13; 16-17], визначено стратегії

впровадження великих масивів даних ("big data") у різних галузях промислового виробництва [3-5]. Особливістю нової концепції промислового розвитку, що відзначається багатьма дослідниками, є її націленість на процеси раціоналізації природокористування, заміни матеріальних ресурсів інформаційними із залученням великих масивів даних, впровадження енерго- та ресурсозберігаючих заходів, формування «зеленої» економіки, поряд з посиленням тенденцій до персоналізації товарів та послуг, а також децентралізації виробництв.

Українськими вченими наголошується на необхідності врахування світових тенденцій розбудови ІТ та їх імплементації у виробничі процеси вітчизняних промислових підприємств. Зокрема, Г. Бібік [9] стверджує, що ефективне управління діяльністю компанії як складне комплексне завдання потребує оптимальної взаємодії різного роду ресурсів. Ураховуючи сучасні тенденції розвитку національної економіки, ІТ відіграють ключову роль в діяльності будь-якого суб'єкта господарювання, забезпечуючи автоматизацію бізнес-процесів підприємств та більш чітке і гнучке управління. У свою чергу, впровадження ІТ у процес управління компанією здатне забезпечити її конкурентоспроможність, а, отже, здатність зайняти найбільш вигідну позицію в маркетинговому середовищі, що постійно змінюється та формується під впливом різноманітних факторів.

С. Крайчук [13] зазначає, що в сфері управління підприємствами сьогодні знаходять своє застосування такі послуги сфери ІТ, як ІТ-аутсорсинг, розробка програмного забезпечення, системи інтеграції. Водночас, новий етап економічних перетворень в Україні вимагає від вітчизняного бізнесу ефективного функціонування та розвитку, серед основних завдань якого – створення ефективної системи управління компаніями на основі запровадження ІТ. Порівняльна характеристика значної частини застосовуваних на підприємствах ІТ і систем свідчить, що їх використання забезпечує оптимізацію бізнес-процесів, поліпшення зв'язків з клієнтами, оптимізацію матеріальних потоків, підвищення якості продукції. Разом з тим, сферу ІТ нині характеризує стан стагнації, що супроводжується скороченням внутрішнього ринку і залежністю від поставок імпортного обладнання на тлі наявного величезного потенціалу зростання цієї галузі [13; 18].

Набагато менше уваги у наукових публікаціях приділяється проблемам розбудови РВ, ідея якого поступово завойовує прихильність як виробників, так і споживачів. У праці [1] зазначається, що виробничі процеси у глобалізованій економіці остаточно виходять за межі національних кордонів і подрібнюються все більше, формуючи глобальні ланцюги РВ, які складаються зі спеціалізованих бізнес-операцій, розподілених географічно та функціонально. Таким чином, поглиблюється участь підприємств та країн у міжнародному розподілі праці, утворюються глобальні виробничі та інноваційні мережі, які значно підвищують продуктивність виробництва різних товарів і послуг.

А. Ромашкін у праці [17] наголошує, що особливість системи РВ полягає в її здатності залучати інвестиційні ресурси в економіку, стимулюючи розвиток великої кількості підприємств малого і середнього бізнесу. Участь у такій системі дозволяє компаніям-учасникам технологічного ланцюжка підвищувати завантаженість своїх виробничих потужностей і, таким чином, збільшувати обсяг прибутку, який частково може бути спрямований на оновлення основних фондів. За таких умов впровадження РВ сприятиме стабілізації фінансового становища підприємств в порівняно короткі терміни, що надзвичайно актуально для вітчизняних суб'єктів господарювання.

Незважаючи на певну кількість сучасних праць зарубіжних і вітчизняних науковців та практиків, в яких досліджуються проблеми РВ, наукові розробки вчених носять фрагментарний характер. Наразі потребує узагальнення та систематизації інформація щодо передумов, особливостей, тенденцій, ефектів, напрямів, інструментів управління розвитком РВ на різних рівнях господарювання, зокрема у промисловому комплексі як одному з найбільш ресурсоємних секторів національних економік та такому, що характеризується великим потенціалом для здійснення інноваційних змін. Практичне значення забезпечення впровадження РВ на підприємствах є важливим з позицій перспектив розвитку і застосування автоматизованих систем та інформаційних технологій у бізнес-процесах промислових компаній, що обумовить зростання їх ефективності.

Метою статті є формування концептуальних засад РВ (сутності, передумов, основних рис і функцій, напрямів розвитку) на промислових підприємствах України та світу для їх стратегічного розвитку й управління виробничими процесами в контексті Четвертої промислової революції.

Виклад основного матеріалу дослідження

Четверта промислова революція (або «Індустрія 4.0») – поняття, що означає розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, за якої втручання людини у виробничий процес є якнайменшим або взагалі відсутнє [14]. Термін «Індустрія 4.0» з'явився в Європі у 2011 році на одній з промислових виставок у Ганновері. Згодом уряд Німеччини заговорив про необхідність широкого застосування ІТ у виробництві, для чого була спеціально створена група офіційних осіб і професіоналів, яка розробила стратегію перетворення виробничих підприємств країни на «розумні». Цей приклад почали наслідувати й інші країни, які активно освоюють нові технології. Пізніше термін «Індустрія 4.0» стали використовувати як синонім Четвертої промислової революції у сенсі того, що матеріальний світ поєднується з віртуальним, внаслідок чого народжуються нові кіберфізичні комплекси, об'єднані в єдину цифрову екосистему [14].

Дослідження німецьких вчених щодо наявності та кількості компаній, які можуть впроваджувати сценарії Четвертої промислової революції на своїх підприємствах, дозволили сформулювати декілька основних принципів нової філософії виробництва (табл. 1).

Таблиця 1. Основні принципи впровадження «Індустрії 4.0»

Принцип	Характеристика
Сумісність	Здатність машин, пристроїв, сенсорів і людей взаємодіяти і спілкуватися один з одним через Інтернет речей
Прозорість	Створення у віртуальному світі цифрової копії реальних об'єктів, тобто таких систем, функцій яких повністю повторюють все, що відбувається з фізичним клоном. В результаті накопичується максимально повна інформація про усі процеси, які відбуваються з устаткуванням, «розумними» продуктами, виробництвом в цілому і т.д., за умови безперервного зчитування інформації з датчиків їх обліку та зберігання
Технічна підтримка	Комп'ютерні системи допомагають людям приймати рішення завдяки збору, аналізу і візуалізації усєї отриманої інформації. Одночасно ця підтримка може полягати в повному заміщенні людей машинами при виконанні небезпечних або рутинних операцій
Децентралізація управлінських рішень (делегування деяких з них кіберфізичним системам)	Максимально повна автоматизація, тобто скрізь, де машина може ефективно працювати без втручання людини. Таким чином, рано чи пізно повинно відбутися людинозаміщення, за якого працівники виконуватимуть лише роль контролерів, які можуть підключитися в екстрених і нестандартних виробничих ситуаціях

Джерело: складено авторами за матеріалами [14-15]

Імплементация зазначених у табл. 1 принципів вимагає суттєвої перебудови існуючих виробничих систем зі зміщенням акцентів з ощадливого виробництва на випуск персоналізованої продукції на принципах Agile, тобто гнучкої методології розробки. Остання полягає у застосуванні серії підходів до створення програмного забезпечення, орієнтованих на використання ітеративної розробки, динамічне формування вимог і забезпечення їх реалізації в результаті постійної взаємодії виробничого комплексу і споживача [14]. За принципами Agile відбувається перехід на випуск партій розміром з один-єдиний продукт при неухильному дотриманні принципу економії, що забезпечуватиметься роботизованим виробництвом як найбільш енергоефективним, з меншою кількістю відходів та браку. За таких тенденцій підприємствам, які згідно технологічного процесу виробляють однакові речі, доведеться повністю реструктуруватися, впроваджуючи нову систему РВ.

Система РВ – це виробничий комплекс, в якому різні виробничі операції, що є частиною єдиного технологічного процесу, здійснюються окремими самостійними учасниками. Слід зазначити, що ці учасники володіють необхідними факторами виробництва і формують єдиний технологічний ланцюжок без утворення юридичної особи і передачі прав на засоби виробництва [19]. Важливим інститутом в рамках РВ є транзакційна компанія, яка виконує роль системного інтегратора різних процесів в єдиний технологічний комплекс [17]. По суті, ідея РВ полягає в заміні джерел постачання матеріалів, наскільки це можливо, цифровою інформацією. Наприклад, для виробництва стільця замість закупівлі деревини та виготовлення його безпосередньо на центральному заводі, цифрові плани для виготовлення частин стільця можуть бути розподілені серед місцевих виробничих вузлів.

Роботизоване виробництво і «розумні» заводи – один з ключових компонентів «Індустрії 4.0» та РВ, який означає глобальну автоматизацію абсолютно усіх процесів й етапів виробництва: цифрове проектування виробу, створення його віртуальної копії, спільну роботу інженерів та дизайнерів в єдиному цифровому конструкторському бюро, віддалене налаштування устаткування на підприємствах під технічні вимоги для випуску цього конкретного «розумного» продукту, автоматичне замовлення необхідних компонентів в потрібній кількості, контроль їх постачання, моніторинг шляху готового продукту від складу на фабрику, до магазину та до кінцевого клієнта. При цьому слід зауважити, що після продажу виробник не забуває про свій продукт, як це було раніше в класичній моделі збуту, а особисто контролює умови його використання, може віддалено змінювати його налаштування, оновлювати програмне забезпечення, попереджати клієнта про можливі поломки, а під кінець циклу використання – приймати продукт на утилізацію [14].

В цілому, розвиток промислової і технологічної автоматизації в рамках сучасного РВ полягає у забезпеченні таких функцій:

- миттєвий доступ до віртуального динамічного заводу;
- підвищення інформаційної прозорості між польовими пристроями та системою планування ресурсів підприємства (ERP);
- мережева взаємодія в складних умовах в режимі реального часу;
- розвиток та вдосконалення системи автоматизації гнучкого РВ;
- отримання захищеної та безпечної системи виробництва.

В рамках традиційного циклу виробництва сировина акумулюється на великих централізованих підприємствах, які виготовляють з неї кінцеві продукти, що потім поширюються серед споживачів. Характерна відмінність РВ полягає у тому, що при цьому способі виробництва сировина та методи виготовлення продукції децентралізовані, і кінцевий продукт виробляється дуже близько до споживача.

Керівникам підприємств вже в найближчому майбутньому доведеться переосмислити принцип складальної лінії та активно створювати мережу машин, які не лише вироблятимуть товари з меншою кількістю помилок, й зможуть автономно змінювати виробничі шаблони відповідно до потреб споживачів і при цьому залишатися високоефективними.

Головною передумовою розвитку РВ останніми десятиліттями стало масове запровадження ІТ в бізнес-практику не лише великих, а й, насамперед, малих і середніх підприємств. В еру цифрової революції виробничі системи контролюються не людиною, а комп'ютерами. Причому, найбільший прорив ІТ-технологіям й інноваціям в інших галузях забезпечило не створення великих комп'ютерів у потужних корпораціях та елітних університетах у 50-60 рр. ХХ ст., а масове поширення демократичних комп'ютерів – у будинках, на робочих місцях – та їх об'єднання в глобальну мережу. Під час розвитку ІТ у ХХ ст. відбувався бурхливий процес впровадження електронно-обчислювальної техніки в усі сфери життєдіяльності людини, що вийшла із стін «гаражів» та любительських комп'ютерних клубів. Доступні простому населенню комп'ютери як клас дуже довго ігнорувалися сектором великих корпорацій. Так, у компаній DEC, HewlettPackard, IBM у 70-х роках ХХ ст., поза сумнівом, були ресурси для розробки і виробництва настільних або домашніх комп'ютерів, але не було бачення перспектив цього ринку. В результаті, першим масовим комп'ютером, орієнтованим не на бізнес, а на любителів, став Altair 8080, розроблений крихітною компанією MITS.

В цілому, еволюцію комп'ютерів можна звести до руху від вузького кола великих машин до величезної кількості малих, від концентрованих систем до розподілених. Це яскраво видно на прикладі 3D-принтерів і машин адитивного виробництва (3D-принтерів, які друкують у тому числі кінцеві продукти), які припускають, що матеріали не згинаються, ріжуться або гнуться, а крок за кроком утворюють майбутній виріб. На заводах вже з'являються 3D-принтери, які друкують металом, керамікою, органічними матеріалами, піском тощо. Слід відмітити, що 3D-принтери і машини адитивного (доданого) виробництва існують з середини 80-х рр. ХХ ст., але до недавнього часу вони були доступними лише для великих компаній та університетів. Одна з трьох компаній, опитаних аналітиками E&Y, впроваджує технології 3D-друку у виробничі процеси, тоді як лише 20% з них використовують такі технології для створення кінцевих виробів. GeneralElectric, наприклад, стала використовувати адитивне виробництво для форсунок уприскування палива на своїх двигунах. Літак Airbus A350 XWB літає з більш ніж 1000 надрукованими на 3D-принтерах деталями, що дає 25% економії палива для повітряного судна [20].

Сьогодні 3D-принтери за вартістю порівнянні з персональними комп'ютерами. На початку ХХІ ст. у таких серйозних гравців ринку адитивних машин, як 3D Systems або Stratasys, були усі ресурси для розробки і виробництва настільного (домашнього або аматорського) 3D-принтера, однак ця ніша ринку так і залишилася ними незайнятою. Демократичні 3D-принтери з'явилися завдяки любителям, яких у 2005 році об'єднав відкритий проект RepRap. RepRap – це досить простий 3D-принтер, який може друкувати компоненти для своєї власної конструкції й інтегрований з програмним забезпеченням, поширюваним за відкритою ліцензією (opensource). До появи RepRap звичайному користувачеві 3D-принтер обійшовся б не менше, ніж в 30 тис. євро. Сьогодні на eBay готовий 3D-принтер RepRap можна купити за декілька сотень доларів США, а якщо збирати принтер окремо (купивши деталі і використавши відкриті пояснення) – вийде ще дешевше.

Отже, 3D-друк – це найяскравіший приклад глобального тренду демократизації інновацій: усі основні технологічні процеси в тому або іншому ступені перейшли в цифровий формат. Для великої кількості цифрових виробничих технологій сьогодні розвиваються демократичні рішення. Засоби виробництва стають доступними і володіння ними перестає бути атрибутом, що розділяє людство на дві касти, формуючи необхідні і достатні передумови для подальшого розвитку РВ [21]. Крім демократизації технологій виробництва, зміни відбуваються і в принципах рекламування товарів, ключовим з яких стає плата за продаж (CostPerSale – CPS) – цінова модель он-лайн реклами, в якій виробник або власник продукції отримує оплату за певну кількість продажів, які безпосередньо породжені рекламним оголошенням.

Таким чином, «Індустрія 4.0» орієнтована на споживачів Інтернету речей, в якому предмети побуту – від автомобілів до тостерів – будуть підключені до глобальної інтернет-мережі, що стане абсолютно новим підходом до виробництва. З'явиться конгломерат великих промисловців, експертів в області штучного інтелекту, економістів й академіків. Уряди європейських країн підтримують цю ідею і готують «високотехнологічні стратегії» для підготовки націй, але в цілому «Індустрія 4.0» повинна і вже поступово захоплює весь світ. Наприклад, США запозичили досвід Німеччини і у 2014 році створили некомерційний консорціум IndustrialInternet, яким керують лідери промисловості, такі як GeneralElectric, AT&T, IBM і Intel [22-23].

В осередків РВ майбутнього на даному етапі є так звані «прототипи» – різні майданчики колективного доступу до устаткування і спільної роботи над проектами. Ці майданчики об'єднують «мейкерів» – людей, які створюють власні продукти. При цьому слід відмітити, що із стін лабораторії «мейкерів» можна вивести власний продукт на ринок, оминувши традиційні ланцюжки «інвестор-виробник-вендор». Наприклад, саме з середовища «мейкерів» вийшли такі відомі проекти, як годинник Pebble (проект-рекордсмен по збору коштів на KickStarter, втім, нещодавно поглинений Fitbit за відносно

невелику суму) або OculusRift (виробник VR-пристроїв, куплений Facebook за 2 млрд дол. США). Корпорація Airbus на додаток до безлічі своїх дослідницьких підрозділів відкрила «Protospace» – лабораторію для втілення нових ідей і перевірки концепцій, побудовану на принципах всесвітньої мережі відкритих лабораторій fablab.

Fablab – це майданчик з декількома інструментами цифрового виробництва, що включають настільні 3D-принтер і фрезерний верстат, машину лазерного різання, простий фрезерний верстат з робітником, паяльні станції тощо загальною вартістю біля 100 тис. дол. США. Всього у світі сьогодні функціонує більше 500 таких майданчиків. В арсеналі Airbus є багатокординатні оброблювальні комплекси вартістю в декілька сотень тисяч доларів за одиницю, проте, для вирішення низки завдань технології і методики fablab виявляються ефективнішими, ніж традиційні «професійні» (на порядок дорожчі) засоби виробництва.

Прикладом ще однієї спільної бізнес-мережі в рамках РВ, яка використовує програмне забезпечення, автоматизуючи професійну діяльність представників різних спеціалізацій, є SAP, що об'єднує виробників з 3D-друком та постачальників матеріалів для виробництва за запитом. Такі програми пристосовані для потреб конкретної галузі і суттєво спрощують роботу підрозділів, підтримуючи зв'язок з іншими структурними одиницями.

З огляду на вищевказане, доцільно стверджувати, що впровадження принципів «Індустрії 4.0» та РВ дозволяє отримати компаніям низку конкурентних переваг, недоступних в традиційних виробничих моделях минулого. Наприклад, фірми можуть застосовувати індивідуальний підхід і персоналізувати замовлення згідно з особистими перевагами клієнтів, що різко підвищує лояльність останніх. Поступово підприємства і фабрики старого зразка перетворюються на «розумні» і почнуть випускати буквально штучні продукти за індивідуальним замовленням. Важливо, що при цьому знижуватимуться питомі витрати на виробництво одиниці продукції, компанії отримають можливість створювати унікальний продукт, що персоналізується, за вартістю масового стандартизованого продукту [24]. Таким чином, відбуватиметься так зване «сервіс-орієнтоване проектування», яке варіюватиметься від користувачів, що застосовують заводські налаштування для виробництва власних продуктів, до компаній, які поставляють індивідуальні продукти конкретним споживачам. Потенціал такого виду виробництва величезний. Наприклад, зв'язок між розумними продуктами Інтернету речей і розумними машинами, які їх виробляють, тобто промисловим Інтернетом, означатиме, що ці об'єкти зможуть продукувати себе самостійно і визначати цільове виробництво залежно від потреб, встановлених ними самими [23].

На сучасному етапі промисловість багатьох країн перебуває на шляху трансформації існуючих моделей виробництва із застосуванням інноваційних методів, а саме на шляху розвитку та втілення РВ підприємств шляхом використання системних рішень класу ERP, які призначені для забезпечення безперервної, комплексної, взаємопов'язаної автоматизації всіх блоків, функціональних областей і підрозділів компаній. SAP ERP модулі суттєво покращують і полегшують роботу на всіх ділянках бізнесу: від введення відомостей з первинних торгово-облікових реєстрів до підтримки керівництва у прийнятті стратегічно важливих рішень. На основі даного програмного забезпечення на підприємствах створюється єдиний інформаційний простір, який структурно розподілений за ієрархічними рівнями і сферами роботи – збутом, постачанням, виробничим плануванням, оперативною діяльністю, фінансовим і складським обліком тощо. Вся інформація накопичується і вводиться в єдину базу, звідки з легкістю може бути отримана за запитом. Л. Мельник у [14] зазначає, що вже сьогодні послуги з автоматизації переважають над устаткуванням та програмним забезпеченням автоматизації. Цей висновок вказує на те, що інженерні інструменти та ефективність техніки в найближчому майбутньому будуть надзвичайно важливими як для кінцевих користувачів, так і для постачальників. Виконання цих запитів можна досягти лише з використанням передових рішень автоматизації, створенням та підтримкою сприятливих умов для її впровадження в процесах виробництва.

Автоматизація промислових процесів сьогодні є важливим напрямом розвитку для Європи, і багато європейських компаній набули статусу світових лідерів з розробки, постачання та використання таких систем. Зокрема, Дорожня карта консорціуму SPIRE «Індустрія сталого процесу – європейська промислова конкурентоспроможність через ресурси та енергоефективність» наголошує, що сектори, об'єднані в SPIRE, є основною частиною виробничої бази в Європі (ЄС-27), охоплюючи понад 450 тисяч окремих підприємств. Вони створюють робочі місця для більш ніж 6,8 млн працівників, забезпечуючи приблизно 20% загальних обсягів виробництва європейської обробної промисловості [25-26]. SPIRE об'єднує галузі, які мають високу залежність від ресурсів (енергії, комунальних послуг та сировини) для виробництва власної продукції: цементу, кераміки, хімічних продуктів, виробів машинобудування, мінералів і руд, кольорових металів, сталі, води та ін. Відповідно до [15], основними драйверами для поліпшення автоматизації (контролю й управління) в Європі сьогодні є: енергоефективність, вартість нафти/газу, розвиток послуг і надійність. Європейський ринок автоматизації промислових процесів активно розвивається: річні темпи його приросту наразі оцінюються в 6,9% до 2020 року, а динаміка зростання виробництва (включаючи виробництво гірничих машин) – у 6,3% [21; 27].

Інноваційним та орієнтованим на визначення і реалізацію проектів, спрямованих на нові конкурентні технології автоматизації, є ProcessIT.EU, що сформував центр вдосконалення інновацій, зосередивши

зусилля на автоматизації виробництва, в першу чергу, у високотехнологічній промисловості Європи [15; 26]. ProcessIT.EU заснований на різних, взаємно підсилюючих ціннісних пропозиціях, а саме [25]:

- прискоренні розвитку технологій в Європі через підвищення конкурентоспроможності у суміжних галузях та дослідницьких організаціях;
- посиленні конкурентоспроможності технологічних процесів за допомогою нововведень в галузі IT та технологій автоматизації;
- залученні постачальників технологій автоматизації шляхом інкубації та впровадження потужних проектів в області науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на отримання нових знань та їх практичне застосування при створенні нового виробу або технології;
- підтримці європейської дослідницької спільноти щодо подальшого розвитку досліджень світового рівня з питань автоматизації із наданням доступу до складних галузевих комплексів та участі у провідних інноваційних проектах.

Порівняно з Європою, тенденції РВ в Україні є значно слабшими, проте помітними. Серед вітчизняних здобутків у цьому напрямі слід виділити досягнення українських промислових інноваторів, зокрема Рітейл Медіа, що підтверджує свою першість в цифровій трансформації (DX). До цієї категорії належать інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ), сучасні банки, які мають досить високий рівень ІКТ (йдеться про інтегровані банківські системи, системи керування ризиками, системи підтримки прийняття рішень та ін.), та комплекси програмного й апаратного обладнання, які з'єднані один з одним в єдиний ланцюг, що здійснює передачу даних з однієї точки в іншу [28].

Прикладом таких ІКТ є пошукова оптимізація (SEO, від англ. searchengineoptimization, SEO) – комплекс заходів з внутрішньої та зовнішньої оптимізації для підняття позицій сайтів в результатах видачі пошукових систем за певними запитами користувачів з метою збільшення мережових трафіків (для інформаційних ресурсів). Зокрема, SEO мережі «Intertop» проявляє високу обізнаність в ІКТ і доводить, що саме цифрові технології сьогодні є для рітейлу ключовим фактором успіху. Іншими словами, для цієї категорії вже немає «IT для бізнесу», натомість є «цифрові технології для бізнесу». І це – типова ознака тих суб'єктів господарювання, яких ще у 2011 році назвали "digitati" – лідерами цифрових трансформацій. SEO «Укроборонпром» багато уваги приділяє автоматизації документообігу і незначну – застосуванню IT-технологій в управлінні компанією та автоматизації бізнес-процесів. Аналогічна ситуація у SEO «Укрпошти» – коли на підприємстві застосовується 127 різних програм тільки для управління персоналом, питання уніфікації, оптимізації, а також елементарної комп'ютеризації є головними.

Разом з тим, у світових аналітичних звітах [29] відзначається, що між категоріями digitati (банки, телеком, ІКТ, рітейл) та conservatives (консерватори, мається на увазі промислова галузь) є значний розрив. Цікаво, що в Україні зараз його швидко заповнюють аграрії, наприклад, Kernel має потужну картину стратегії цифрової трансформації в сфері сільського господарства.

Висновки

Сучасні промислові підприємства націлені на вирішення різних проблем – від вдосконалення дизайну до гібридного підходу щодо автоматизованого виробництва складових частин та зміни бізнес-моделей. Все це вказує на те, що сьогодні промисловість перебуває на шляху трансформації існуючої виробничої структури на основі застосування інноваційних методів. У зв'язку з глобальною автоматизацією процесів виробництва та імплементацією ІКТ у промисловості компанії поступово та рішуче починають зосереджувати увагу на перебудуванні та впровадженні системи РВ.

Подальше застосування у виробничих процесах «розумних» систем, здатних самостійно управляти речами без втручання людини, на сучасному етапі обумовлює формування таких напрямів розвитку промисловості шляхом запровадження РВ:

- глобальна автоматизація усіх процесів та етапів виробництва, починаючи від цифрового проектування виробу і завершуючи доставкою та моніторингом шляху готового продукту до кінцевого споживача.
- масове поширення демократичних комп'ютерів у будинках та на робочих місцях з одночасним об'єднанням їх в глобальну мережу.
- перехід технологічних процесів у цифровий формат – розвиток та поширення 3D-друку за допомогою 3D-принтерів.
- поступова децентралізація способів виробництва сировини та методів виготовлення шляхом створення різних майданчиків колективного доступу до устаткування і спільної роботи над проектами з декількома інструментами цифрового виробництва, а також одночасним їх підключенням до єдиної інформаційної мережі засобами сучасних програмних продуктів.
- широке застосування програм SAP, яке дозволяє об'єднувати виробників з 3D-друком та постачальників матеріалів для виробництва за запитом, що суттєво спрощує роботу підрозділів, підтримуючи зв'язок з іншими структурними одиницями.
- використання для підприємств системних рішень класу ERP, призначених для забезпечення безперервної, комплексної, взаємопов'язаної автоматизації всіх блоків, функціональних областей і підрозділів компаній.

Реалізація зазначених напрямів вимагає формування нового розвинутого інструментарію, який суттєво відрізнятиметься від застосовуваного у традиційних моделях виробництва. У зв'язку з цим, у подальших дослідженнях доцільно приділити увагу модернізації механізму організації виробничого процесу, а саме створенню нової моделі структури виробничого ланцюжка, її фінансування і координації, впровадження нових виробничих технологій, а також ефективного поєднання людей, речей та бізнесу за допомогою Інтернету речей і використання хмарної платформи (Cloud Platform Internet of Things).

Публікація підготовлена в рамках виконання НДР «Розроблення фундаментальних основ відтворювального механізму соціально-економічного розвитку в ході Третьої промислової революції» (№ д/р 0118U003578), яка фінансується за рахунок державного бюджету України.

Abstract

Development of contemporary global and local information networks leads to expansion of “smart” systems, which manage things without human involvement and create the basis for Internet of Things within the frames of Industry 4.0. The key feature of current transformations is a radical change of business models toward mass products personalization according to Agile principles that encourage development of distributed production. Due to these tendencies, the article considers conceptual principles of distributed production such as preconditions, essence, functions as well as directions of its development. To achieve the research purpose, the authors have used methods of sectoral, structural and comparative analysis. The paper investigates main components of a road map for developing industrial and technological automatization within the frames of distributed production. It has been justified that a key element of this type of production is mass use of information technologies in practice of middle-sized and small industrial enterprises. In addition, perspectives of implementing information technologies in industrial production systems as well as directions of expanding distributed production both in Ukrainian and world industry have been substantiated. The obtained results show that global industrial automatization, further computer expansion and development of global computer networks as well as widespread use of 3D-printers, SAP and ERP systems are the main ways of distributed production implementation.

Список літератури:

1. Baldwin R. Global supply chains: why they emerged, why they matter, and where they are going / R. Baldwin // *Global Value Chains in a Changing World*. Ed. by D. K. Elms, P. Low. – Geneva: WTO Publications, 2013. – P. 13-59.
2. Bianchi P. Industrial policy after the crisis: the case of the Emilia-Romagna region in Italy / P. Bianchi, S. Labory // *Policy Studies*. – 2011. – Vol. 32, Is. 4. – P. 429-445. DOI: 10.1080/01442872.2011.571858.
3. Bounfour A. Digital futures, digital transformation: from lean production to acceluction (Progress in IS) / A. Bounfour. – New York: Springer, 2015. – 154 p.
4. Yin S. Big data for modern industry: challenges and trends / S. Yin, O. Kaynak // *Proceedings of the IEEE*. – 2015. – Vol. 103, № 2. – P. 143-146.
5. Luo Z. Smart manufacturing innovation and transformation: interconnection and intelligence / Z. Luo. – Hong Kong (China): The University of Hong Kong, 2014. – 407 p.
6. Muro M. America’s advanced industries. What they are, where they are, and why they matter / M. Muro, J. Rothwell, S. Andes, K. Fikri, S. Kulkarni. – Washington, D.C.: The Brookings Institution, 2015. – P. 52-56.
7. Rodrik D. Green Industrial Policy / D. Rodrik // *Oxford Review of Economic Policy*. – 2014. – Vol. 30, № 3. – P. 469-491.
8. Rojko A. Industry 4.0 Concept: background and overview / A. Rojko // *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*. – 2017. – Vol. 11, № 5. Retrieved from: <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>.
9. Бібік Г. Ю. Інформаційні технології в управлінні підприємствами / Г. Ю. Бібік. – 2013. – Режим доступу: <http://vestnikdnu.com.ua/archive/201372/bibik.html>.
10. Геец В. Институциональная обусловленность инновационных процессов в промышленном развитии Украины / В. Геец // *Економіка України*. – 2014. – № 12. – С. 4-19.
11. Кіндзерський Ю. Економічний розвиток і трансформація промислової політики у світі: уроки для України / Ю. Кіндзерський // *Економіка України*. – 2010. – № 6. – С. 14-22.
12. Кіндзерський Ю. Антикризова промислова політика: варіант вітчизняного концепту / Ю. Кіндзерський // *Вісник НАН України*. – 2016. – № 10. – С. 27-42.
13. Крайчук С. О. Стан запровадження інформаційних технологій в управлінні сучасними підприємствами / С. О. Крайчук // *Ефективна економіка*. – 2016. – Режим доступу: <http://www.m.nauka.com.ua/?op=1&j=efektyvna-ekonomika&s=ua&z=4892>.
14. Мельник Л. Г. Четвертая промышленная революция: предпосылки и содержание / Л. Г. Мельник // *Актуальні проблеми економіки*. – 2016. – № 9 (183). – С. 26-30.

15. Мельник Л. Г. Рождение сестейновой экономики: опыт ЕС и практика Украины в свете III и IV промышленных революций: монография / Л. Г. Мельник. – Сумы: ВТД «Университетская книга», 2018. – 432 с.
16. Поливана Л.А. Методичні підходи до оцінки ефективності проекту впровадження інформаційних технологій на підприємствах торгівлі / Л.А. Поливана // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – Вип. 149. – С. 247-259. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2014_149_38.
17. Ромашкин А. Е. Распределенное производство. Состояние и перспективы развития / А. Е. Ромашкин // Представительская власть. – 2007. – № 3 (76). – Режим доступа: <http://pvlast.ru/archive/index.389.php>.
18. Методика-програма робіт за темою III–06–16 «Напрями становлення «смарт» промисловості в Україні» / Інститут економіки промисловості НАНУ, 2016. – Режим доступу: http://iep.donetsk.ua/uch_sovet/contents/15_12_2016/Metod_Smart.pdf.
19. Глоссарий терминов и определений / V 3 Glossary, v 0.92, 30 April 2009. – Режим доступа: [http://www.wikiitil.ru/books/ITIL_Glossary\(rus\)-2009.pdf](http://www.wikiitil.ru/books/ITIL_Glossary(rus)-2009.pdf).
20. Roundup of Internet of things forecasts and market estimates. – 2016. – Retrieved from: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2016/11/27/roundup-of-internet-of-things-forecasts-and-market-estimates-2016/>.
21. Хель И. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция? / И. Хель. – 15.04.2015. – Режим доступа: <https://hi-news.ru/business-analitics/industriya-4-0-cto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revoluciya.html>.10.
22. The industrial Internet of things (IIoT): benefits, innovations and barriers. – 2017. – Retrieved from: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>.
23. The industrial Internet of things, manufacturing, supply chain & logistics: where are we & where are we going? – 2017. – Retrieved from: <http://cerasis.com/2016/11/09/the-industrial-internet-of-things/>.
24. Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities / J.S. Srari, M. Kumar, G. Graham, W. Phillips, J. Tooze, S.J. Ford, P. Beecher et al.] // International Journal of Production Research. – 2016. – №54 (23). – P. 6917-6935. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1192302>.
25. A guide to cyber risk. Managing the impact of increasing interconnectivity / Allianz Global Corporate & Specialty, 2014. – Retrieved from: <http://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/risk%20bulletins/CyberRiskGuide.pdf>.
26. European roadmap for industrial process automation. – Processit.eu, 2013. – Retrieved from: http://www.processit.eu/Content/Files/Roadmap%20for%20IPA_130613.pdf.
27. Industrial Internet of things: unleashing the potential of connected products and services / World Economic Forum, 2015. – Retrieved from: <http://reports.weforum.org/industrial-internet-of-things/>.
28. Що таке інформаційно-телекомунікаційні системи? / Кластер-плюс™, 27.08.2012. – Режим доступу: <http://www.klaster-plus.ua/ua/stati-i-obzory/informacionno-telekomyunikacionnaja-sistema/>.
29. Виклики для інноваторів руху «Індустрія 4.0 в Україні». – 2017. – Режим доступу: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/12/04/vyklyki-dlya-innovatoriv-ruhu-industry/>.

References:

1. Baldwin, R. (2013). Global supply chains: why they emerged, why they matter, and where they are going. In D.K. Elms, P. Low (eds.), *Global value chains in a changing world* (pp. 13-59). Geneva: WTO Publications [in English].
2. Bianchi, P., & Labory, S. (2011). Industrial policy after the crisis: the case of the Emilia-Romagna region in Italy. *Policy Studies*, 32 (4), 429-445 [in English].
3. Bounfour, A. (2015). *Digital futures, digital transformation: from lean production to acceluction* (Progress in IS). New York: Springer [in English].
4. Yin, S., & Kaynak, O. (2015). Big data for modern industry: challenges and trends. *Proceedings of the IEEE*, 103 (2), 143-146 [in English].
5. Luo, Z. (2014). *Smart manufacturing innovation and transformation: interconnection and intelligence*. Hong Kong: The University of Hong Kong, China [in English].
6. Muro, M., Rothwell, J., Andes, S., Fikri, K., & Kulkarni, S. (2015). *America's advanced industries. What they are, where they are, and why they matter* (pp. 52-56). Washington, D.C.: The Brookings Institution [in English].
7. Rodrik, D. (2014). Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy*, 30 (3), 469-491 [in English].
8. Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 11 (5). Retrieved from: <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072> [in English].

9. Bibik, Gh. Ju. (2013). Information technology in the management of enterprises. Retrieved from <http://vestnikdnu.com.ua/archive/201372/bibik.html> [in Ukrainian].
10. Geets V. (2014). Institutional conditioning of innovative processes in the industrial development of Ukraine. *Ekonomika Ukrainy*, 12, 4-19 [in Russian].
11. Kindzerskyj, Ju. (2010). Economic development and transformation of industrial policy in the world: lessons for Ukraine. *Ekonomika Ukrainy*, 6, 14-22 [in Ukrainian].
12. Kindzerskyj, Ju. (2016). Anti-crisis industrial policy: variant of the domestic concept. *Visnyk NAN Ukrainy*, 10, 27-42 [in Ukrainian].
13. Krajchuk, S.O. (2016). State of implementation of information technology in the management of modern enterprises. *Efektivna ekonomika*. Retrieved from: <http://www.m.nayka.com.ua/?op=1&j=efektivna-ekonomika&s=ua&z=4892> [in Ukrainian].
14. Meljnyk, L.Gh. (2016). The Fourth Industrial Revolution: prerequisites and content. *Actual Problems of Economy*, 9 (183), 26-30 [in Russian].
15. Meljnyk, L.Gh. (2018). Birth of the sustainable economy: EU experience and practice of the Ukraine in the light of the Industries 3.0 and 4.0. Sumy: Unyversytetskaja knygha [in Russian].
16. Polyvana, L.A. (2014). Methodical approaches to the evaluation of the effectiveness of the project of information technology implementation at trade enterprises. *Visnyk Kharkivskogo nacionalnogo tekhnicheskogo universytetu sil'skogo gospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 149, 247-259. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdusg_2014_149_38 [in Ukrainian].
17. Romashkin, A.E. (2007). Distributed production. Status and prospects of development. *Predstavitel'skayavlast*, 3 (76). Retrieved from: <http://pvlast.ru/archive/index.389.php> [in Russian].
18. Methodology-program of work on the topic III-06-16 "Areas of "smart" industry formation in Ukraine". (2016). Retrieved from http://iep.donetsk.ua/uch_sovet/contents/15_12_2016/Metod_Smart.pdf [in Ukrainian].
19. Glossary of terms and definitions. (2009). V 3 Glossary, v 0.92, 30 April. Retrieved from [http://www.wikiitil.ru/books/ITIL_Glossary\(rus\)-2009.pdf](http://www.wikiitil.ru/books/ITIL_Glossary(rus)-2009.pdf) [in Russian].
20. Roundup of Internet of things forecasts and market estimates. (2016). Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2016/11/27/roundup-of-internet-of-things-forecasts-and-market-estimates-2016/> [in English].
21. Khel, I. (2015). Industry 4.0: What is the fourth industrial revolution? Retrieved from: <https://hi-news.ru/business-analytics/industriya-4-0-cto-takoe-chetvertaya-promyshlennaya-revolyuciya.html>. 10 [in Russian].
22. The industrial Internet of things (IIoT): benefits, innovations and barriers. (2017). Retrieved from <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>.
23. The industrial Internet of things, manufacturing, supply chain & logistics: where are we & where are we going? (2017). Retrieved from <http://cerasis.com/2016/11/09/the-industrial-internet-of-things/> [in English].
24. Srail, J.S., Kumar, M., Graham, G., Phillips, W., Tooze, J., Ford, S.J., Beecher, P., et al. (2016). Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 54 (23), 6917-6935. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1192302> [in English].
25. A guide to cyber risk. Managing the impact of increasing interconnectivity. (2014). Retrieved from <http://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/risk%20bulletins/CyberRiskGuide.pdf> [in English].
26. European roadmap for industrial process automation. (2013). Retrieved from http://www.processit.eu/Content/Files/Roadmap%20for%20IPA_130613.pdf [in English].
27. Industrial Internet of things: unleashing the potential of connected products and services. (2015). Retrieved from: <http://reports.weforum.org/industrial-internet-of-things/> [in English].
28. What are information and telecommunication systems? (2012). Retrieved from <http://www.klaster-plus.ua/ua/stati-i-obzory/informacionno-telekommunikacionnaja-sistema/> [in Ukrainian].
29. Challenges for innovators of the movement "Industry 4.0 in Ukraine". (2017). Retrieved from <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2017/12/04/vyklyki-dlya-innovatoriv-ruhu-industry/> [in Ukrainian].

Посилання на статтю:

Завражний К. Ю. Формування концептуальних засад розподіленого виробництва на промислових підприємствах / К. Ю. Завражний, І. М. Сотник // *Економічний журнал Одеського політехнічного університету*. – 2018. – № 2 (4). – С. 40-48. – Режим доступу до журн.: <https://economics.opu.ua/ejopu/2018/No2/40.pdf>. DOI: 10.5281/zenodo.1423289.

Reference a Journal Article:

Zavrzhnyi K. Yu. Formation of conceptual principles of distributed production at industrial enterprises / K. Yu. Zavrzhnyi, I. M. Sotnyk // *Economic journal Odessa polytechnic university*. – 2018. – № 2 (4). – С. 40-48. – Retrieved from <https://economics.opu.ua/ejopu/2018/No2/40.pdf>. DOI: 10.5281/zenodo.1423289.

