

ХІМІЧНА ІНДУСТРІЯ 4.0 ЯК ГАЛУЗЕВА КОНЦЕПЦІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСНОВ ЧЕТВЕРТОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

Постановка проблеми. Хімічна галузь України, насамперед її базові сектори, перебуває у стані хронічної кризи, спричиненої як довгостроковими системними дисбалансами, так і ситуативними чинниками. Аналіз динаміки основних показників функціонування галузі свідчить, що у 2015 р. вона дісталася певного «дна», а приріст хімічного виробництва у 2016 р. на 1,1% не забезпечив стійкого розвороту тренду. Негативні підсумки перших місяців 2017 р. підтвердили слабку життєздатність поточної моделі функціонування хімічної промисловості.

Застосування стратегії реіндустріалізації здатне продовжити життєвий цикл наявних виробництв базової хімії, але це лише на деякий час відсуне їх занепад і ліквідацію. Цей час треба використати на користь розробки і впровадження нової моделі розвитку хімічної промисловості, яка б відповідала сучасним глобальним неоіндустріальним змінам і викликам в рамках Індустрії 4.0.

Отже, вивчення сутності, особливостей і світового досвіду сучасних трансформацій хімічного виробництва в контексті Індустрії 4.0 становить актуальне науково-практичне завдання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Індустрія 4.0, або Четверта промислова революція, – один з провідних новітніх концептів сучасного промислового розвитку, який відображає перспективи та проблеми масового впровадження кіберфізичних систем (Cyber-Physical Systems – CPS) у виробництво та різні сфери людської діяльності.

Цей термін з'явився у 2011 р. у Німеччині для позначення процесу радикального перетворення глобальних ланцюжків створення вартості. Далі концепція Industrie 4.0 (у німецькому варіанті) розвивалась у вигляді скоординованої ініціативи наукової спільноти, бізнесових та державних структур з мобілізації національних ресурсів для прискорення технологічних змін і забезпечення міцних міжнародних позицій Німеччини у світовому промисловому виробництві [1].

Останнім часом інтерес до цієї концепції був каталізований її активним обговоренням на Всесвітньому економічному форумі в Давосі та публікацією його керівником – Клаусом Швабом – роботи з відповідною назвою [2]. На думку К. Шваба, «Поширюючи технологію «розумних заводів», четверта промислова революція створює світ, в якому вірту-

альні та фізичні системи виробництва гнучко взаємодіють між собою на глобальному рівні. Це забезпечує повну адаптацію продуктів і створення нових операційних моделей» (с. 17).

За визначенням фахівців міжнародної консалтингової компанії McKinsey&Company, «Індустрія 4.0 – це сукупність підривних цифрових технологій, які можуть змінити виробничий сектор до невпізнання завдяки вражаючому зростанню обсягів даних, обчислювальної потужності і можливостей підключення; появи передових можливостей бізнес-аналітики; новим формам взаємодії людини і машини, зокрема сенсорним інтерфейсам і системам доповненої реальності; поліпшенням у передачі цифрових інструкцій до фізичного світу, наприклад, в просунутих робототехніці і 3-D друку» [3, с. 2].

Проблематика Індустрії 4.0 та нової «розумної» індустріалізації стає предметом активного наукового пошуку й у вітчизняній економічній науці. Своє бачення сутності, особливостей і можливих наслідків Четвертої промислової революції та її окремих технологій надали такі науковці, як С.М. Ілляшенко, Н.С. Ілляшенко [4] (систематизували наслідки впровадження інноваційних технологій Четвертої промислової революції; показали наявність в Україні потенціалу інноваційного зростання, що є актуальним для Індустрії 4.0), І.А. Кораблінова [5] (дослідила тенденції й особливості цифровізації компаній; визначила роль інформаційно-сітьової взаємодії у цифрову епоху), В.І. Ляшенко, Є.В. Котов [6, 7] (розглянули сутність основних технологій Індустрії 4.0, зокрема 3-D друку; розробили науково-методичний підхід до оцінки процесів «розумної нової індустріалізації» міст промислових регіонів), Л.Г. Мельник [8] (проаналізував ключові компоненти Четвертої промислової революції), В.В. Опанасюк [9] (дослідив місце України в міждержавній кооперації і спеціалізації з точки зору Індустрії 4.0; висвітлив перспективи спеціалізації України в напрямі аутсорсингу ІТ-послуг), В.І. Скіцько [10] (систематизував та проаналізував тлумачення основних понять Індустрії 4.0, запропонував концептуальну схему взаємодії у тріаді «Держава» – «Освіта+Наука» – «Бізнес» для появи та розвитку Четвертої індустріальної революції в Україні).

Водночас важливе значення при опрацюванні науково-прикладних питань реалізації концепції Індустрії 4.0 має галузевий аспект.

Сьогодні у світі активно формується Хімічна індустрія 4.0 (Chemicals 4.0), яку можна розглядати як галузеву концепцію імплементації основ Четвертої промислової революції. Вона є провідним концептуальним підходом для виведення хімічних технологій, виробництв і ринків на принципово новий рівень завдяки системному використанню «смарт» інновацій та інформаційно-комунікаційних технологій. Флагмани світового хімічного бізнесу розуміють величезний потенціал Chemicals 4.0 і її значення для утримання (нарощування) конкурентних переваг у найближчому майбутньому та докладають значних зусиль для забезпечення своїх лідируючих позицій у процесах «розумної» неоіндустріалізації.

Питання змісту та особливостей прояву концепції Індустрії 4.0 у хімічній промисловості, форм її реалізації та можливих наслідків, підходів до застосування окремих (насамперед, цифрових) технологій та організації і розвитку хімічного виробництва із використанням «смарт» інновацій є сьогодні предметом активних наукових та аналітичних досліджень, прикладних розробок і галузевих дискусій [11-19]. Визначення особливостей та ключових аспектів упровадження Хімічної індустрії 4.0 на основі вивчення й узагальнення теоретичного доробку і світової практики неоіндустріальних трансформацій хімічного виробництва і становить **мету даного дослідження**.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Специфіка хімічного виробництва полягає у великій номенклатурі хімічної продукції, що забезпечує її участь у різноманітних продуктових ланцюгах. За оцінками фахівців консалтингової компанії PricewaterhouseCoopers, «майже кожен вироблений товар – 96% – певним чином підпадає під вплив хімії» [16, с. 2].

Виробляючи сировину і напівфабрикати для багатьох інших секторів економіки і ринків, сучасна хімічна галузь багато в чому визначає їхню конкурентоспроможність, темпи розвитку, характер і напрямки інноваційних процесів. Вона є ключовим постачальником «розумних» матеріалів і технологій, які формують базис багатьох ІКТ-рішень, зокрема наноелектроніки і тактильних пристроїв. Chemicals 4.0 забезпечує нові технології 3D-друку спеціальними полімерами та іншими матеріалами з потрібними властивостями. Вона також відіграє визначальну роль у таких пріоритетних напрямках, як фармацевтика й екологічне виробництво.

Внутрішній аспект перетворень на засадах Chemicals 4.0 пов'язаний з інноваційним оновленням і модернізацією власне хімічного виробництва, зокрема його інтелектуалізацією, автоматизацією, дигіталізацією і впровадженням «смарт» технологій. Сучасний підхід передбачає застосування ІКТ-систем і цифрових інновацій вздовж всього ланцюга вартості, включаючи моделювання, проектування,

експлуатацію, логістику, управління та контроль хімічного виробництва. Інновації, що створенні за підтримкою і на основі ІКТ, забезпечують скорочення часу на розробку продуктів та технологій (на 20-40%) і економію відповідних витрат.

Отже, з одного боку, Хімічна індустрія 4.0 змінює технології, процеси, операції, ринки та правила конкуренції, а з іншого – виконує роль посередника і забезпечує інструменти реагування на інші ключові тренди (наприклад, «розумні» рішення для енергоефективності або індивідуалізованих продуктів чи послуг).

Хоча основою Chemicals 4.0 є нові технології, зокрема кіберфізичні системи, її треба розглядати у більш широкому плані – з точки зору зростання виробництва, ефективності, нових ділових можливостей і нових бізнес-моделей.

Ключовою особливістю Індустрії 4.0 є «розумні» заводи (Smart Factories). На думку авторів роботи [20], «ґрунтуючись на дефініціях, даних для CPS і IoT, Smart Factory можна визначити як завод, де CPS спілкується з IoT і допомагає людям і машинам у виконанні їх завдань» (с. 10).

Концепція Інтернету речей (Internet of Things – IoT) розглядає мережі об'єктів, які мають вбудовані пристрої для передачі і обміну даними між фізичним світом і комп'ютерними системами. За даними Інституту IoT, до 2020 р. в глобальному масштабі буде підключено 30 млрд пристроїв [19].

IoT надає хімічному бізнесу нові можливості щодо випуску нової продукції, збільшення продуктивності і якості продукції, поліпшення технічного забезпечення, налагодження нових партнерських стосунків, зниження витрат, мінімізації проблем у ланцюгах поставок і підвищення безпеки.

Так, відомою поширеною проблемою у хімічній промисловості є аварійні зупинки та позапланове технічне обслуговування. «Смарт» технології пропонують вирішення цієї проблеми на основі предиктивного обслуговування за допомогою датчиків, аналітики і даних у режимі реального часу, що дозволяє упереджувати збої і швидко відповідати на критичні ситуації.

Інший приклад пов'язаний з реалізацією концепції «точного землеробства», коли виробники сільськогосподарської продукції прагнуть застосувати хімікати точними засобами для підвищення врожайності. Цей підхід вимагає довірчого партнерства між багатьма зацікавленими партнерами: фермерами, виробниками і постачальниками агрохімікатів, розробниками і виробниками обладнання, трейдерами. Вони повинні мати можливість доступу до рішень, які генерують технічні платформи на основі обробки великих обсягів даних, та спільної роботи в безпечному віртуальному середовищі.

Як все це працює? Уявіть собі систему, в якій датчики постійно вимірюють якість ґрунту; реєстру-

ються дані про воду, поживні речовини і пестициди, вимірюються їх співвідношення; аналітика прогнозує погоду і її вплив на врожай та коригує норми внесення хімікатів. Урожайність і якість відслідковуються і аналізуються, щоб знайти оптимальне співвідношення. Застосування моделей ціноутворення і витрат дає можливість рекомендувати культури з максимально можливим прибутком.

Як наслідок – фермерство є більш прибутковим, постачальники покращують майбутні версії обладнання, насіння і хімікатів, зменшується негативний вплив на навколишнє середовище [18].

Важливими ознаками Chemicals 4.0 також є процеси індивідуалізації продуктів і послуг та кастомізації виробництва. Це дозволяє застосовувати стратегії «з довгим хвостом» (long tail strategies), уникати цінової конкуренції і генерувати додаткову вартість. По мірі поглиблення взаємодії споживачів із цифровим середовищем зростають і можливості аналізу індивідуальних уподобань, відтак і можливості індивідуального налаштування пропозицій.

Так, на смарт-заводі «Німецького дослідницького центру штучного інтелекту» в Кайзерслаутерні, світовий лідер хімічного бізнесу – компанія BASF – виробляє повністю налаштовані шампуні і рідкі мила [21]. Коли тестове замовлення розміщується в режимі он-лайн, порожня мильна пляшка, якій доданий пристрій радіочастотної ідентифікації, повідомляє виробничі машини, які сорт мила, аромат, колір ковпачка і маркування потрібні. Кожна пляшка може повністю відрізнятись від тієї, що розташована поруч з нею на конвеєрній стрічці. Експеримент спирається на бездротову мережу, через яку спілкуються машини і продукти, при цьому роль людини зводиться до введення даних про замовлення.

Індустрія 4.0 допомагає підприємствам хімічної галузі у плануванні їхніх ланцюгів поставок завдяки поліпшенню видимості процесів всередині ланцюгів (з урахуванням потреб кінцевих споживачів). Крім того, прогнозування моделей попиту на основі Big Data дає можливість долати надмірну складність, притаманну ринкам хімічної продукції, скорочувати ризики і оперативну перебудовувати виробничі системи та ланцюги поставок. Наприклад, модель прогнозування компанії BASF включає як внутрішню релевантну інформацію, зокрема стратегічну, так і дані про рух зовнішніх чинників (сезонні ефекти, зрушення у суміжних галузях, нормативні зміни) [15, с. 7].

У середовищі Chemicals 4.0 зміщуються граніці окремих підприємств, виробничо-економічні системи стають більш відкритими і прозорими. Нові технології сприяють розвитку різних форм інтеграції, сітізації та активізації процесів аутсорсингу.

На відміну від традиційних підходів, які передбачають комплексне управління вертикальною та

горизонтальною синергією, у Chemicals 4.0 додається більш самоорганізована координація через Інтернет речей, яка набирає обертів і сприяє гнучкості та новому типу синергії. Стратегічні акценти зміщуються до мереж виробничо-збутових ланцюгів та віртуальних партнерських відносин.

Враховуючи велику частку міжгалузевого попиту на хімічні продукти, значну роль у формуванні «розумних» напрямків розвитку хімічного виробництва мають відігравати суб'єкти галузей-споживачів. Сучасні історії успіху відомих компаній хімічного бізнесу містять чимало прикладів їх плідної взаємодії з клієнтами при створенні інноваційної продукції. Так, партнерство BASF з Adidas, спрямоване на виготовлення оптимального спортивного взуття, дозволило розробити новий пінопласт, який поєднує переваги термопластичного поліуретану з типовими властивостями піни [16, с. 26].

Важливою складовою сучасних перетворень є промислова дигіталізація (digitization). Глибокі цифрові трансформації відбуваються і в хімічному секторі: компанії здійснюють оцифрування основних функцій як у внутрішніх системах, так і з партнерами вздовж всього ланцюжку створення вартості. Крім того, вони розширюють свої портфелі продуктів з цифровими функціями та впроваджують інноваційні послуги, що базуються на даних.

За даними компанії PwC, протягом найближчих п'яти років провідні хімічні компанії планують інвестувати 5% річного доходу в цифрові операційні рішення з очікуваним щорічним приростом доходу понад 3% і скороченням витрат понад 4% [17, с. 3-5].

Дигіталізація хімічних підприємств передбачає послідовну реалізацію трьох підходів: цифрова трансформація існуючих процесів (за досвідом інших галузей, очікуване зростання рентабельності – 5-10%), операційна модель, базована на даних (10-20%), цифрова бізнес-модель (20-30%) [14, с. 7].

Сьогодні більшість зарубіжних компаній, захоплених можливостями дигіталізації бізнесу, не виходять за рамки першого підходу, де до існуючих основних процесів додають популярні інструменти на кшталт пошукових платформ, наскрізної аналітики (omni-channels) і т. ін. Такий підхід є прийнятним у короткостроковому періоді.

У середньостроковій перспективі доцільно орієнтуватися на другий підхід із застосуванням інфраструктури та каналів для поліпшення обслуговування клієнтів. Але тільки цілісний підхід, який охоплює процеси, ресурси, стратегії, системи управління та IT-інфраструктуру, дозволить реалізувати великий потенціал Chemicals 4.0 і є довгостроковим орієнтиром цифровізації бізнесу.

Наведені особливості Хімічної індустрії 4.0 свідчать про кардинальну зміну принципів організації й управління хімічним виробництвом і потребу-

ють вивчення й залучення світового досвіду здійснення «смарт» індустріалізації.

Дослідження, проведені у хімічному секторі відомими консалтинговими компаніями [15-17], свідчать про загальну активізацію інноваційної діяльності хімічних компаній в контексті викликів і завдань Chemicals 4.0.

У теперішній час хімічний бізнес оновлює свої інноваційні стратегії і зосереджується на завданнях «смарт» зростання. Сучасні провідні новатори: здійснюють інновації з чітко вираженою метою та чітко визначеною інноваційною стратегією; застосовують формалізований та структурований підходи до інноваційної діяльності; концентруються більшою мірою на проривних і радикальних нововведеннях; планують розширити спектр інноваційних бізнес-моделей та партнерські мережі; інвестують більшу частину своїх доходів для фінансування інновацій.

Поточний етап розвитку Chemicals 4.0 і становлення «смарт» виробництва у світовому хімічному бізнесі характеризують результати досліджень, проведених у 2016 р. компанією PwC. Їхні ключові висновки [17, с. 3]: у процесі імплементації основ Індустрії 4.0 галузь перейшла від розмови до дій; дигіталізація призводить до стрибкоподібного зростання продуктивності; аналітика даних та цифрова

довіра є основою Індустрії 4.0; поглиблюються цифрові відносини з клієнтами; потреба у надійних системах аналізу широкого спектру даних вимагає значних змін; в управлінні трансформаціями основний акцент робиться на персонал і культуру; великі інвестиції мають великий вплив та швидку віддачу.

Аналіз і узагальнення першого досвіду реалізації концепції Chemicals 4.0 у провідних хімічних корпораціях світу дозволяє акцентувати увагу на таких ключових аспектах.

При визначенні підходу до впровадження концепції Chemicals 4.0 важливе значення має попередня бізнес-стратегія фірми. Якщо імперативом її діяльності була операційна ефективність, то технології Індустрії 4.0 будуть використані нею передусім для підвищення продуктивності та зниження ризику. Водночас фірми, зосереджені на завданнях економічного зростання, будуть застосовувати потенціал нових технологій для одержання додаткового прибутку чи для створення повністю нових потоків доходів.

Розмежування цих двох підходів представлено у табл. 1 (розроблена на основі [15, с. 3-8]). Вони можуть втілюватися на різних стадіях ланцюгів створення вартості хімічної продукції або поєднуватися один з одним.

Таблиця 1

Вплив Індустрії 4.0 на хімічний бізнес

Основні цілі	Сфера дії	Інструменти впливу
1	2	3
Напрямок впливу – оперативна діяльність		
Поліпшення продуктивності	«Розумне» виробництво	Інтелектуальне управління активами: максимізація використання активів та мінімізація незапланованих простоїв
		Управління процесами та контроль: мінімізація варіативності продукції та покращення якості
		Енергетичний менеджмент: зменшення енергетичних витрат та оцінка альтернативних джерел енергії
		Управління безпекою: моніторинг активів, процесів, персоналу та продуктів в режимі реального часу
		Моделювання виробництва: підвищення рівня підготовки операторів, планування виробництва і своєчасне введення в експлуатацію
Скорочення ризику	Планування ланцюгів поставок	Управління безпекою: моніторинг активів, процесів, персоналу та продуктів в режимі реального часу
		Прогнозування попиту: регулювання виробничих завдань згідно зі зміною запитів клієнтів

1	2	3
Напрямок впливу – зростання бізнесу		
Одержання додаткового доходу	Дослідження й розробки	Розробка нових продуктів для збільшення доходів
		Передова аналітика для вибору матеріалів
		4D друк для розробки сучасних матеріалів
Генерування нового доходу	«Розумні» продукти та послуги	Інтелектуальні продукти для застосування хімічних речовин
		Послуги передачі даних для збільшення існуючих доходів
		Побудова нових моделей доходів за рахунок прямого включення в операції клієнтів

При плануванні і впровадженні концепції Chemicals 4.0 всю сукупність трансформаційних рішень і дій доцільно подати у вигляді багаторівневої структури (табл. 2, розроблена на основі [15, с. 11-12]).

Таблиця 2

Архітектура рішень в контексті трансформацій Chemicals 4.0

Рівень	Зміст трансформацій
Інтеграція технологій (Technology integration)	Інтеграція платформи IoT, включаючи технологію, архітектуру даних та масштабованість
Управління даними (Data management)	Інтеграція та перевірка даних, інфраструктура великих даних, управління
Передова аналітика (Advanced analytics)	Інтелектуальний аналіз даних, моделювання, оптимізація
Цифровий інтерфейс (Digital interface)	Доставка інформації в точку використання – гнучка і зорієнтована на клієнта
Бізнес імперативи (Business imperatives)	Маркетингові та виробничі стратегії, шляхи перебудови операційної моделі з доставки вартості

Рекомендації для успішної побудови архітектури рішень в сфері Chemicals 4.0 зводяться до наступного:

- відправною точкою перетворень мають стати ті сфери, процеси, продукти й ланцюги поставок, де компанія має значний досвід і компетенції і добре розуміє джерела і шляхи залучення нових ідей, а потім переходити до новіших і складніших сфер діяльності;

- для повноцінного опанування потенціалу Chemicals 4.0 необхідно створити багатофункціональну команду, бо потрібні в архітектурі компетенції знаходяться в різних функціональних напрямках;

- треба сформувати відповідну екосистему і бути її активною складовою, оскільки для застосу-

вання інфраструктури Big Data і використання можливостей Chemicals 4.0 необхідні великі обсяги релевантної інформації, більша частина якої має надходити через партнерські мережі;

- основою для горизонтальної та вертикальної інтеграції є відкриті стандарти, що поширюються серед виробників і не залежать від платформи, а отже забезпечують безперешкодний обмін інформацією в мережах створення вартості;

- внаслідок тісної взаємодії з партнерами по екосистемам важливим елементом має стати система управління кібер-ризиком, зокрема захист даних;

- основою перетворень у напрямку Chemicals 4.0 має стати відповідна стратегія, яка повинна добре корелювати із загальними бізнес-цілями;

- при розробці стратегії бізнесу необхідно дотримуватися глобального погляду і шукати глобальні операційні перспективи через глобальні ланцюги вартості.

Таким чином, хімічні компанії можуть використовувати технології Індустрії 4.0 для покращення бізнес-операцій через дигіталізацію, оптимізацію виробничих процесів і матеріально-енергетичних потоків, управління безпекою, зміцнювати ринкові позиції шляхом розробки й виготовлення «смарт» продукції, застосовувати колективні компетенції і великі обсяги інформації завдяки співпраці у ланцюгах створення вартості, а також шукати шляхи розвитку свого бізнесу за допомогою новітніх матеріалів, інтелектуальних хімічних речовин та нових сервісних пропозицій.

Важливим фактором успішних рішень в сфері імплементації Індустрії 4.0 є здатність та відкритість до синергетичної взаємодії з іншими учасниками системи. Джерелами синергетичних ефектів, що виникають внаслідок такої взаємодії і забезпечують конкурентні переваги, є як традиційні вигоди горизонтальної і вертикальної інтеграції (трансфер технологій, компетенцій і баз даних; стандартизація, уніфікація й оптимізація бізнес-процесів; скорочення трансакційних витрат; економія часу), так і нові сучасні чинники – створення нових цінностей у ви-

гляді високотехнологічних індивідуалізованих продуктів і послуг з високою цифровою складовою, значне скорочення витрат через перенос багатьох операцій (дослідження й розробки, закупки, продажі) в on-line, а також доступ до нових моделей і джерел фінансування.

Висновки з проведеного дослідження. Хімічна промисловість є важливим сектором сучасної світової економіки, який успішно акцептує й імплементує ідеї «розумного» виробництва. Вона розглядає «смарт» технології як один з головних напрямків підвищення продуктивності, конкурентоспроможності та безпеки хімічного виробництва, забезпечення інноваційними матеріалами інших секторів економіки, а також гармонізації відносин із навколишнім середовищем.

Активно розвиваються теоретичні та прикладні аспекти Хімічної індустрії 4.0, вона стає концептуальною основою стратегічного розвитку світового хімічного бізнесу. Розглянуті особливості Хімічної індустрії 4.0 свідчать про необхідність кардинальної зміни бізнес-моделей і принципів організації хімічного виробництва на основі системного використання «смарт» інновацій та ІКТ.

Аналіз й узагальнення світового досвіду втілення концепції Chemicals 4.0 на мікрорівні дозволили акцентувати увагу на завданнях стратегічного вибору та побудови архітектури рішень. Установлено, що ефективність «смарт» перетворень багато у чому визначається новими чинниками синергетичної природи.

Подальші дослідження у цьому напрямку будуть пов'язані з опрацюванням концепту «розумної» неоіндустріалізації української хімічної промисловості.

Література

1. **Platform Industrie 4.0** [online]. – Available at: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html> [Accessed 12 May 2017].
2. **Шваб К.** Четвертая промышленная революция / К. Шваб ; пер. с англ. – М.: Изд-во «Э», 2016. – 208 с.
3. **Industry 4.0 at McKinsey's model factories**, (2016) [online] / McKinsey&Company. – Available at: https://capability-center.mckinsey.com/files/mccn/2017-03/digital_4.0_model_factories_brochure_2.pdf [Accessed 12 May 2017].
4. **Ілляшенко С. М.** Перспективи і загрози четвертої промислової революції та їх урахування при виборі стратегій інноваційного зростання / С. М. Ілляшенко, Н. С. Ілляшенко // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2016. – № 1. – С. 11–21.
5. **Кораблинова И. А.** Тенденции и особенности развития компаний в цифровую эпоху / И. А. Кораблинова // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2017. – № 1. – С. 289–299.
6. **Котов Е. В.** 3D-печать как революционная технология неоиндустриальной модернизации экономики / Е. В. Котов, В. И. Ляшенко // Вісник економічної науки України. – 2014. – № 1 (25). – С. 59–69.
7. **Ляшенко В. И.** «Новая разумная индустриализация» промышленных городов / В. И. Ляшенко, Е. В. Котов // Економічний вісник Донбасу. – 2016. – № 3 (45). – С. 78–89.
8. **Мельник Л. Г.** Контуры Четвертой промышленной революции / Л. Г. Мельник // Механізм регулювання економіки. – 2016. – № 3. – С. 133–148.
9. **Опанасюк В. В.** Индустрия 4.0: місце України в міждержавній кооперації і спеціалізації / В. В. Опанасюк // Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка». – Острог : Вид-во НУ«ОА», березень 2017. – № 4(32). – С. 67–71.
10. **Скіцько В. І.** Индустрия 4.0 як промислове виробництво майбутнього / В. І. Скіцько // Інвестиції: практика та досвід. – 2016. – № 5. – С. 33–40.
11. **Tomorrow starts with Chemistry. Innovation for a Sustainable, Smart and Inclusive Europe**, (2011). [online] / SusChem. – Available at: http://www.suschem.org/documents/document/20120125113355-2011_tomorrow-starts-with-chemistry_booklet.pdf [Accessed 26 Nov. 2016].
12. **SusChem Strategic Innovation and Research Agenda**, (2015) [online] / SusChem. – Available at: <http://www.suschem.org/cust/documentrequest.aspx?DocID=928> [Accessed 26 Nov. 2016].
13. **LRI Research Strategy 2015-2019**, (2014) [online] / American Chemistry Council. – Available at: <http://lri.americanchemistry.com/LRI-Research-Program/Research-Strategies/LRI-Research-Strategy-2015-2019.pdf> [Accessed 12 May 2017].
14. **Wehberg G.** Chemicals 4.0. Industry digitization from a business-strategic angle [online] / G. Wehberg // Deloitte. – 2015. – 44 p.
15. **Thienen S.** Industry 4.0 and the chemicals industry. Catalyzing transformation through operations improvement and business growth / S. Thienen, A. Clinton, M. Mahto, B. Shiderman // Deloitte University Press. – 2016. – 20 p.
16. **Westerman A.** Using innovation to drive sustainable growth in the chemical industry / A. Westerman, V. Fitzner // PwC. – 2016. – 28 p.
17. **Westerman A.** Industry 4.0: Building the digital enterprise. Chemicals key findings / A. Westerman, M. Morawietz, R. Geissbauer, J. Vedso, S. Schrauf // PwC. – 2016. – 12 p.
18. **Guertzgen S.** Chemical industry: 4 opportunities provided by Internet of Things, [online] / S. Guertzgen // Digitalist. – 2016. – May 12. – Available at: <http://www.digitalistmag.com/iot/2016/05/12/chemical-industry-4-opportunities-provided-by-internet-of-things-04196654> [Accessed 12 May 2017].
19. **Industry 4.0: Top challenges for chemical manufacturing**, (2017) [online] // Elsevier. – Available at: https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0005/278132/CHEM-MAN-WP-Industry-4.0-Top-WEB.pdf [Accessed 12 May 2017].
20. **Hermann M.** Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review / M. Hermann, T. Pentek, B. Otto // Technische Universitat Dortmund. – 2015. – 16 p.
21. **Alessi C.** Germany develops "smart factories" to keep an edge

[online] / C. Alessi // MarketWatch. – 2014. – Oct. 27. – Available at: <http://www.marketwatch.com/story/germany-develops-smart-factories-to-keep-an-edge-2014-10-27> [Accessed 12 May 2017].

Шевцова Г. З. Хімічна індустрія 4.0 як галузева концепція реалізації основ четвертої промислової революції

Досліджено зміст та особливості прояву концепції Індустрії 4.0 у хімічній промисловості. Показано роль хімічного виробництва у «смарт» індустріалізації. Проаналізовано нові можливості хімічного бізнесу, пов'язані із застосуванням «смарт» технологій. Визначено ключові аспекти впровадження Хімічної індустрії 4.0 з урахуванням світового досвіду неоіндустріальних трансформацій хімічної промисловості.

Ключові слова: Хімічна індустрія 4.0, Четверта промислова революція, «смарт» індустріалізація, «смарт» виробництво, «смарт» інновації, «смарт» технології, ланцюжки створення вартості.

Шевцова А. З. Химическая индустрия 4.0 как отраслевая концепция реализации основ четвертой промышленной революции

Исследованы содержание и особенности проявления концепции Индустрии 4.0 в химической промышленности. Показана роль химического произ-

водства в «смарт» индустриализации. Проанализированы новые возможности химического бизнеса, связанные с использованием «смарт» технологий. Определены ключевые аспекты внедрения Химической индустрии 4.0 с учетом мирового опыта неоиндустриальных трансформаций химической промышленности.

Ключевые слова: Химическая индустрия 4.0, Четвертая промышленная революция, «смарт» индустриализация, «смарт» производство, «смарт» инновации, «смарт» технологии, цепочки создания стоимости.

Shevtsova G. Chemicals 4.0 as a sectoral concept of implementation the foundations of the fourth industrial revolution

This article is devoted to the study of the content and peculiarities of the Industry 4.0 concept in the chemical industry. The role of chemical manufacturing in "smart" industrialization is shown. New opportunities of the chemical business connected with the use of "smart" technologies are analyzed. The key aspects of the implementation of the Chemicals 4.0 are determined taking into account the world experience of the neoindustrial chemical industry transformations.

Keywords: Chemicals 4.0, Fourth industrial revolution, "smart" industrialization, "smart" manufacturing, "smart" innovation, "smart" technology, value chains.

Стаття надійшла до редакції 02.06.2017

Прийнято до друку 22.06.2017