

ПОГЛИБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ У НАПРЯМІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ПЕРЕХОДУ ДО ІНДУСТРІЇ 4.0

Постановка проблеми. Прогресуючі цифрові технології докорінно змінили життя людей на планеті. Світ активно обговорює створення цифрових заводів, інтелектуальних виробництв, основою яких є використання Інтернету, технічна інтеграція кіберфізичних систем, логістика та інші виробничі процеси. Науково-технічний прогрес і розвиток технологій є безперервним процесом відкриття нових знань і втілення їх у суспільне виробництво, перехід на нові науково-технічні рівні. У свою чергу це породжує нові суспільні потреби, формує вимоги до їх задоволення, створює зростаючий попит на високо-технологічні товари і послуги, змінює підходи до організації та управління підприємствами.

В Україні за останні 30 років суттєво погіршились позиції в економічному розвитку. Із промислово розвиненої вона перетворилася на аграрно-індустріальну. Національна промисловість і промислові технології знаходяться на рівні III-IV технологічних укладів, вартість робочої сили низька, енергоємність виробництва висока. Ситуація на внутрішньому та зовнішньому ринках демонструє тенденції згортання пропозицій товарів вітчизняного виробництва, збільшення імпорту і, як наслідок, зростання від'ємного сальдо зовнішньої торгівлі товарами промислової групи, що стало національною проблемою економічного розвитку.

Відсталі технології, недостатня інтелектуалізація та інноваційний розвиток в умовах нових викликів і принципів розвитку є суттєвими перешкодами на шляху сталого розвитку України, її національної безпеки, досягнення добробуту. Зважаючи на тенденції, продиктовані швидким розвитком інформаційно-комунікаційних і цифрових технологій, домінантою розвитку вітчизняних підприємств повинні стати процеси інтелектуалізації у контексті Індустрії 4.0 та цифровізації, що потребує відповідних механізмів стимулювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значені проблеми створюють підґрунтя для пошуку шляхів розвитку в Україні сучасної інтелектуальної і «смарт» промисловості [1; 2; 3], цифровізації економіки [4; 5], дослідження впливу Індустрії 4.0, цифровізації на промисловість і економіку [6-11], проблем інноваційного розвитку та інтелектуалізації промислових підприємств у сучасних умовах [12-15].

Втім поглиблення інтелектуалізації підприємств у напрямі цифрової трансформації вивчається недостатньо, залишаються питання щодо дієвих механізмів стимулювання, складових процесу управління із урахуванням зарубіжного і вітчизняного досвіду.

Метою статті є визначення механізмів та складових процесу управління поглибленням інтелектуалізації підприємств в умовах цифрової трансформації та Індустрії 4.0, виходячи із зарубіжного та вітчизняного досвіду.

Технологічний прогрес та його вплив на поглиблення інтелектуалізації виробництва

Розвиток промислових підприємств у напрямі Індустрії 4.0 невід'ємно пов'язаний із інтелектуалізацією. Під *інтелектуалізацією підприємства* у дослідженні розуміється процес підвищення ролі, застосування та використання знань, інформації інноваційного характеру у функціонуванні підприємства та використання ним у своїй діяльності для досягнення поставлених цілей: передових технологій (розроблених і/або придбаних), зокрема автоматизації і роботизації виробництва, цифровізації процесів, штучного інтелекту, інтернет-технологій; висококваліфікованого і мотивованого персоналу (власно навченого і/або залученого ззовні), нематеріальних активів (створених і/або придбаних) та ін. Метою інтелектуалізації підприємства є його перманентна модернізація у напрямі сучасних технологічних реалій, безперервне навчання персоналу, підвищення інтелектуальної складової виробництва, виробленої продукції, наданих послуг (складності, інноваційності, використаних ноу-хау) з метою збільшення доданої вартості, прибутку та отримання стійких конкурентних переваг на внутрішньому і зовнішньому ринках (висвітлено у статті автора: [14]).

Ключовими складовими процесу інтелектуалізації є інновації та інтелект (знання, інформація), поєднання яких у різні історичні періоди впливало на трансформацію економічних парадигм, концепцій і принципів виробництва. А. Мерзляк виділила сім економічних парадигм і пов'язаних із ними концепцій виробництва (починаючи з 1960-х років XX ст.), що змінювались продовж часу [16]:

економіка масштабу (аналітична парадигма), 1960-1973 рр. – виробництво, орієнтоване на продуктивність;

економіка якості, 1970-ті роки – виробництво, орієнтоване на якість;

економіка різноманітності (інформаційно-технологічна парадигма), 1970-1980 рр. – гнучке (flexibile) виробництво;

економіка швидкості, 1980-ті роки – швидке виробництво;

економіка клієнта (маркетингова парадигма), початок 2000-х років – клієнто-орієнтоване виробництво (стекхолдерська парадигма);

економіка інформації (інтегральна парадигма), із середини 2010 р. – інноваційне виробництво, гнучке (agile) виробництво;

економіка компетенцій і взаємодії (мережева економіка) – початок 2000-х років і до сьогодні – мережеве виробництво.

Із вищенаведеного переліку видно, що початок 2000-х років характеризувався клієнтоорієнтованістю, підвищенням ролі інформації, яка стала більш доступною, скороченням часу виходу продукції на ринок, концентрацією потреб клієнтів на інноваційних продуктах, змінами технологічних можливостей, зокрема засобів комунікації, електронного обміну даними тощо. Також на сьогодні, як справедливо відмічає А. Мерзляк, розвиток сучасної промисловості визначається поняттями «компетенції» і «взаємодії». Під управлінням компетенціями мається на увазі «виявлення та розвиток тих напрямів діяльності, за якими підприємство є найбільш конкурентоспроможним. Ті напрями діяльності, які не є ключовими для даної компанії, стали дедалі частіше передаватися на аутсорсинг. З цим пов'язаний і розвиток тенденцій управління взаємодіями: з одного боку, без налагодження міжорганізаційних зв'язків неможливо контролювати бізнес з урахуванням передачі частини процесів у зовнішнє управління; з іншого боку, при використанні методів аутсорсингу необхідно забезпечити нормальну взаємодію між усіма учасниками процесу» [16, с. 3926]. Тобто, сучасна інформаційна інфраструктура (інтернет, мобільні технології, інформаційні системи, апаратне забезпечення, здатне підтримувати великі бази даних) сприяє трансформації завдань промислових підприємств з управління взаємодією із клієнтами, постачальниками, іншими стейкхолдерами. З'являються нові види організаційних структур, у т.ч. віртуальні підприємства.

Отже, розвиток підприємств на сьогодні все більше спрямовано на забезпечення конкурентоспроможності за рахунок удосконалення відносин стейкхолдерів:

– клієнтоорієнтованості, більшого контакту із споживачами;

– співробітництва з іншими компаніями і виробниками товарів та послуг;

– навчання та розвиток співробітників як ключового фактору ефективності підприємства;

– формування лояльності клієнтів і їх уподобань у напрямі продукції підприємства;

– розвитку підприємства за ключовим напрямком діяльності;

– підвищення значення інтерактивно-мережевої логістики в ефективності діяльності підприємств;

– підвищення ролі соціальної відповідальності бізнесу;

– розвитку «розумних» підприємств та широкого використання інтернету у роботі.

Слід доповнити, що продовжується обговорення переходу промислових підприємств до Індустрії 4.0, необхідність масового впровадження інформаційних технологій у промисловість та масштабної автоматизації бізнес процесів. Все це відображається на принципах, якими керуються промислові підприємства у своїй роботі. Провідні зарубіжні спеціалісти у галузі розвитку Індустрії 4.0 в Європі, на Близькому Сході та в Африці, партнери міжнародної консалтингової компанії PricewaterhouseCooper (PwC) виявили такі основні принципи інноваційного розвитку підприємств в умовах цифрової трансформації та переходу до Індустрії 4.0 [17]:

1. *Повна «оцифровка» операцій компанії*, інтегрована по вертикалі (щоб включити кожну функцію і всю ієрархію) і по горизонталі (пов'язуючи постачальників, партнерів та дистриб'юторів у ланцюжку створення вартості і безперешкодно передаючи дані між ними).

2. *Редизайн продуктів і послуг*, який повинен бути вбудований у спеціально розроблене програмне забезпечення, щоб цей процес став інтерактивним, відстежуючи власну діяльність, а також процеси, пов'язані з іншими продуктами навколо основного. Зібрані та проаналізовані дані від продуктів показують, наскільки ефективно вони функціонують.

3. *Більш тісний контакт з клієнтами*. Технології Індустрії 4.0 дозволяють виробникам безпосередньо взаємодіяти із кінцевими споживачами і відповідним чином адаптувати свої бізнес-моделі.

Досвід переконує, що науково-технічний прогрес, зокрема повсюдне використання комп'ютерів, інтернету, мобільних технологій сприяють закріпленню нових форм взаємодії в економіці, управлінні підприємством, змінюють принципи сучасного інноваційного розвитку промислових підприємств. Якщо вступає в силу нова економічна парадигма, концепція виробництва та управління і підтримується лідерами серед виробників, а нові норми приймаються споживачами продукції, тоді старі концепції стають менш дієвими. Підприємства, що не здатні адаптуватись до нових викликів і правил гри, стають більш слабкими, ресурсоемними, недостатньо життєздатними і конкурентоспроможними на ринку. Тому завданням підприємств є підвищення власної інтелектуалізації в умовах переходу до Індустрії 4.0.

Поглиблення інтелектуалізації промислових підприємств у напрямі смарт-промисловості

Стратегічне значення «розумних» заводів незаперечно, оскільки вони зможуть працювати більш ефективно, екологічно, швидко. Для тих підприємств, які прагнуть розвивати розумні заводи (smart factories), надзвичайно важливим є досвід тих, хто вже успішно діє у цьому напрямі.

Спільне дослідження компанії Deloitte з Альянсом виробників за продуктивність та інновації (МАРІ), що базувалось на досвіді промислових підприємств, які активно впроваджують цифрові технології, показало основні проблеми, з якими стикаються ці підприємства на шляху поглиблення інтелектуалізації у напрямі Індустрії 4.0 [18]:

по-перше, проблеми, що виникають при будь-якій трансформації: культура, людський фактор та управління змінами;

по-друге, специфічні для смарт-промисловості проблеми: підключення до Інтернету, цифрове управління декількома пристроями, налагодження взаємодії інформаційних та операційних технологій;

по-третє, управління змінами у смарт-трансформаціях.

Такі висновки вказують на існування техніко-технологічних та соціальних проблем, що виникають на підприємствах при впровадженні цифрових технологій. Тому підходи до поглиблення інтелектуалізації, що реалізують «розумні» заводи, поєднують як традиційні фактори, так і специфічні. Вони зосереджують увагу на реальних потребах споживачів; розвивають власний персонал; на підприємстві постійно впроваджують інновації. Специфічними факторами, які поглиблюють інтелектуалізацію та роблять підприємство більш продуктивним в умовах сьогодення є: розвиток цифрової інфраструктури на підприємстві; впровадження обладнання, підключеного до мережі; взаємодія інформаційних та операційних технологій.

Поняття «розумний завод» (smart factory), «розумне виробництво» (smart manufacturing), «завод майбутнього» (factory of the future) з'явилися нещодавно. Наразі вони використовуються як синоніми, хоча поняття «завод майбутнього» більш об'ємне і включає в себе не тільки «розумні», «інтелектуальні» виробництва, а й віртуальні та цифрові підприємства. Національний інститут стандартів і технологій США (NIST) визначає термін «розумне виробництво» (smart manufacturing) як «повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, здатні в реальному часі реагувати на мінливі умови виробництва, вимоги мереж поставок і задовольняти потреби клієнтів». У цьому визначенні головне: «в реальному часі», тобто максимально оперативно. Досягаються названі цілі за рахунок інтенсивного і всеосяжного використання інформаційних технологій і кіберфізичних систем на всіх етапах виробництва продукції і її поставки [19].

Іноді під «розумним виробництвом» розуміють активну роботизацію, автоматизацію більшості виробничих і управлінських процесів і навіть просто інновації. Робляться спроби розділити «заводи майбутнього» на три складові. Є. Філос, координатор ІКТ-проектів у рамковій програмі Європейського Союзу з науково-технічного співробітництва, розділяє заводи майбутнього на «цифрові» (digital), «розумні» (smart) і «віртуальні» (virtual) (див. таблицю).

Характерною рисою Індустрії 4.0 є повністю автоматизовані виробництва, на яких управління всіма процесами здійснюється в реальному часі і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. В теперішній час у світі відбувається перебудова традиційних виробництв в інтелектуальні. Автоматизація процесів та важливість інноваційного розвитку доповнюються підключенням процесів виробництва і управління до мережі інтернет, що є одним із ключових векторів сучасного розвитку промисловості, поглиблення їх інтелектуалізації.

Розвиток підприємств майбутнього, цифрових і розумних виробництв прискорюється. За оцінками Всесвітнього економічного форуму (ВЕФ), Китай підіймає лідерство у процесах Індустрії 4.0. Згідно з новими публікаціями ВЕФ (у співпраці з McKinsey), серед 69 автоматизованих заводів (заводів майбутнього) Китаю належить вже 20. Раніше Китай та Європа мали паритет у цьому питанні. Зараз Європа має 19 автоматизованих заводів, США – 7, Японія – 5. Промисловість КНР має третину передових підприємств світу. У розвитку та інтелектуалізації підприємств і промисловості Китаю домінуючу роль відіграє держава. ВЕФ виділяє п'ять нових заводів Китаю, які автоматизували і модернізували більшу частину виробництва. Серед них: завод з виробництва автомобільних комплектуючих для ТНК Bosch; кампус Foxconn Technology Group; пивоварня (Tsingtao Brewery); розробники електроніки Midea Shunde і Wistron InfoComm Manufacturing [20].

Разом із позитивними аспектами розвитку «розумних» заводів і смарт-промисловості випливають певні ризики: скорочення працівників та зростання рівня безробіття, як безпосередньо на підприємствах, так і в окремих галузях, секторах, регіонах; зростання кіберзлочинності. Тому держава має інформувати суспільство про існуючі ризики, сприяти консультаційній та технологічній підтримці, упровадженню та використанню надійних інформаційно-комунікаційних систем, інфраструктур, платформ. Державні дії можуть значно прискорити розвиток і поглиблення інтелектуалізації підприємств у напрямі цифрової трансформації та переходу до Індустрії 4.0 у нарощуванні споживання та використання нових технологій бізнесом та громадянами.

Викликом для промислових підприємств також є підключення до інтернет-мережі. Більшість будівель підприємств не пристосовані до Wi-Fi й інтер-

Основні типи «заводів майбутнього»*

Тип заводів майбутнього	Характеристика
Цифровий завод (Digital Factory)	Основне завдання «цифрового» заводу – розробка моделей з використанням засобів цифрового проектування і моделювання, що починають використовувати ще на стадії досліджень і розробок, а закінчують створенням «цифрової макету» (Digital Mock-Up, DMU), «цифрової двійника» (Digital Twin), зразку, випуском дрібної серії або окремих виробів, кастомізованих під вимоги замовника. <i>Основні системи та технології:</i> системи CAD / CAM / CAE (САПР – система автоматизованого проектування); PDM (Product Data Management) – система управління даними про виріб; PLM (Product Lifecycle Management) – прикладне програмне забезпечення; верстати з ЧПУ; 3D-принтери й інші адитивні технології
Розумний завод (Smart Factory)	Серійний випуск виробів при збереженні максимальної гнучкості виробництва. Високий рівень автоматизації і роботизації підприємства. Широко застосовуються автоматизовані системи управління технологічними та виробничими процесами. Технології промислового інтернету речей (IIoT) забезпечують міжмашинну взаємодію обладнання. Виробничі активи підприємства, забезпеченого датчиками і засобами зв'язку, що працюють по протоколу IPv6, здатні випускати продукцію майже (або зовсім) без участі людини. Обробка різко збільшених потоків інформації, що надходять від датчиків і автоматизованих систем управління, за технологіями обробки великих даних (Big Data). <i>Основні системи та технології:</i> АСУТП – автоматизована система управління технологічними процесами; APS (Advanced Planning and Scheduling) – синхронне (вдосконалене) планування виробництва; MES (Manufacturing Execution System) – система управління виробничими процесами; IIoT (Industrial Internet of Things) – промисловий інтернет речей; Big Data – великі дані
Віртуальний завод (Virtual Factory)	Це мережа «цифрових» і «розумних» заводів з постачальниками матеріалів, комплектуючих і послуг. Управління глобальними ланцюгами постачання й розподіленими виробничими активами відбувається на базі віртуальної моделі організаційних, технологічних, логістичних та інших процесів на підприємстві, на рівні розподілених виробничих активів і глобальних ланцюгів постачань, післяпродажного обслуговування. <i>Основні системи та технології:</i> ERP (Enterprise Resource Planning) – планування ресурсів підприємства; CRM (Customer Relationship Management) – система управління взаємовідносинами з клієнтами; SCM (Supply Chain Management) – управління ланцюгами поставок

* Складено на основі джерела [19].

нету, а тому зв'язок може бути нерегулярним, що заважає безперебійній роботі додатків, обміну інформацією та доступу до неї і т.ін. Перехід до «розумного виробництва» відбувається в кілька етапів, що займає не один рік. Розгортання в мережі технологій «розумних» заводів потребує ретельно продуманої стратегії із залученням кваліфікованих консультантів для побудови масштабованої цифрової інфраструктури та задоволення унікальних вимог кожного підприємства.

Системи та механізми управління інтелектуалізацією виробництва

Стимулювання інтелектуалізації підприємств потребує урахування зовнішніх та внутрішніх факторів. До них можна віднести:

1. Ринкові, що відображають попит і пропозицію на ринку, зокрема це: ринкові та технологічні тренди; напрямки розвитку інтелектуальних підприємств у напрямі Індустрії 4.0; цифрові інструменти управління виробництвом; ринкова кон'юнктура, доступ до ресурсів, зокрема фінансових; конкурент-

не середовище; співробітництво із професійними асоціаціями; наука і освіта у стимулюванні процесів інтелектуалізації підприємств, тощо.

2. Державні: формування та реалізація державної політики розвитку промисловості, цифровізації, цифрового розвитку, цифрової економіки, цифрових інновацій та технологій, тощо.

3. Внутрішні (рівень підприємства). Стратегія підприємства: поступове перманентне впровадження у діяльність інструментів і технологічних компонентів управління інтелектуальним виробництвом (у тому числі цифрових).

На основі проведеного дослідження виділено серед ринкових факторів цифрові інструменти управління виробництвом, що відображають попит і пропозицію на ринку, стимулюють впровадження нових технологій у діяльність підприємств та поглиблення їх інтелектуалізації:

інтелектуальні інформаційні системи управління підприємством (ERP, Enterprise Resource Planning – управління ресурсами підприємства; CRM, Customer relationship management – забезпе-

чення ефективного маркетингу, продажів і обслуговування клієнтів; ECM, Enterprise Content Management – підтримка єдиного життєвого циклу неструктурованої інформації різних типів і форматів; CPM, Corporate Performance Management – управління ефективністю бізнесу, що охоплює весь спектр завдань в галузі стратегічного і фінансового управління компанією; HRM, Human Resource Management – забезпечення організації і управління персоналом; EAM, Enterprise Asset Management – забезпечення автоматизації процесів, пов'язаних з технічним обслуговуванням устаткування, його ремонтом, а також післяпродажним обслуговуванням; EDMS, Electronic Document Management – управління документами підприємства; Workflow, Business Process Management – управління документообігом підприємства; Collaboration – система електронної взаємодії співробітників);

реверс-інжиніринг (поєднання віртуального та фізичного простору за рахунок лазерного сканування, проектування та моделювання готового об'єкту, його документації, принципів роботи для подальшого дослідження і модернізації);

системи інженерного аналізу (CAE, Computer-Aided Engineering – використання програмного забезпечення для розрахунку характеристик і поведінки виробів з метою їх поліпшення або вирішення технічних проблем, включає чисельне моделювання, перевірку та оптимізацію характеристик і поведінки виробу);

цифрові двійники (Digital twin – програмний аналог фізичного пристрою, що моделює внутрішні процеси, технічні характеристики і поведінку реального об'єкта в умовах впливу перешкод і навколишнього середовища. Установка датчиків на реальний пристрій здійснюється в процесі впровадження на підприємстві технологій промислового інтернету речей (IIoT));

аддитивне виробництво або 3D друк (технології для серійного виробництва та швидкого прототипування, дозволяють кастомізувати виробництво деталей складних форм з тривимірної комп'ютерної моделі шляхом послідовного нанесення матеріалу, на противагу традиційної механічної обробки);

системи управління виробництвом MES, Manufacturing execution system, (програмне забезпечення, що дозволяє ефективно і швидко моделювати виробничі процеси на підприємствах усіх масштабів, збирати і накопичувати інформацію щодо їх реалізації та об'єднувати у єдину структуру даних, координувати виробництво в глобальному масштабі в тому числі у режимі реального часу);

блокчейн (незмінний реєстр, який спільно використовується та спрощує процес запису транзакцій і обліку активів у бізнес-мережі. Мережа блокчейна дозволяє відстежувати замовлення, платежі, облікові записи, товари та багато іншого);

цифрова логістика (максимальна автоматизація і управління логістичними процесами: ланцюжком поставок в режимі реального часу, роботизація складських операцій, штучний і доповнений інтелект, цифрові двійники, блокчейн, стандартизація даних і розширена аналітика, автономні транспортні засоби тощо);

кібербезпека підприємства (використання інструментів для запобігання блокуванню ІТ-ресурсів, крадіжки даних, тощо. Наприклад, EDR Endpoint Detection and Response – системи для виявлення кіберзагроз, цільових атак; MVISION Clud, Clud Assess Broker – CASB – брокер безпечного доступу у хмару, використовується для захисту даних; McAfee MVISION – використовується для захисту цифрових активів, безпеки даних).

Цифрові інструменти та їх представлення на ринку можна розглядати у якості ринкового механізму стимулювання поступового впровадження нових технологій у діяльність підприємств та поглиблення їх інтелектуалізації. Інтелектуальні підприємства це ті, які спроможні використовувати дані, кваліфікований персонал, наявні активи у поєднанні із сучасними технологіями.

Складові процесу управління поглибленням інтелектуалізації підприємств в умовах цифрової трансформації та Індустрії 4.0

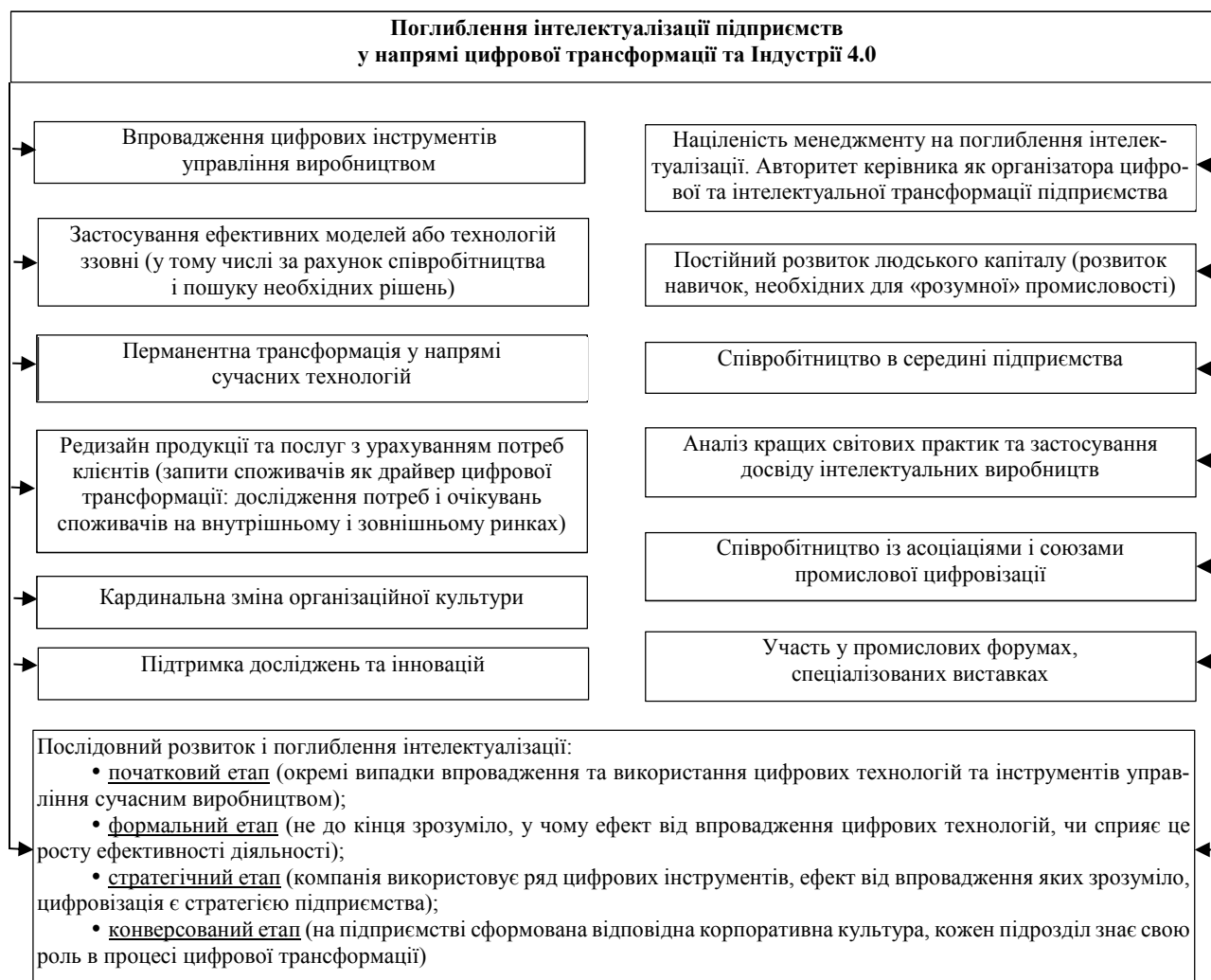
На сьогодні в Україні є підприємства, які поглиблюють інтелектуалізацію на основі впровадження цифрових інструментів управління виробництвом. За даними компанії ІТ-Enterprise [21], серед підприємств машинобудування поглиблювали інтелектуалізацію та впроваджували рішення інтелектуальних підприємств (ERP-систему та її кремнієві елементи) такі: український розробник і виробник судових і промислових газотурбінних установок НДЦ «Машпроект» і Серійно-виробниче управління «Зоря»; Львівський локомотиворемонтний завод; Кременчуцький колісний завод (ПАТ «КрКЗ»); Рівненський завод високовольтного обладнання (РЗВА); ДП «Антонов»; ПАТ «ФЕД» – сучасне механообробне виробниче підприємство, яке виробляє складні вузли і модулі для підприємств авіакосмічної галузі; «ІНТЕРПАЙП» – міжнародна вертикально інтегрована компанія, виробник безшовних і зварних труб, а також залізничних коліс. Розгляд досвіду цих підприємств свідчить, що інтелектуалізація у сучасних умовах тісно пов'язана із цифровізацією, використанням зарубіжного досвіду. Впровадження цифрових технологій дозволяє створювати більш персоналізовані, диверсифіковані і масові продукти, гнучко реагувати на зміни ринку, підвищувати ефективність діяльності, впливає на прагнення підприємств розвиватися на засадах Індустрії 4.0, оскільки це надає нові конкурентні переваги і можливості.

Досвід цифрової трансформації в Україні має компанія ДТЕК, яка почала її з 2019 р. Керівник програми Д. Осика ділиться досвідом цифрової трансформації компанії ДТЕК [22] та називає загальні вимоги до змін, що повинні відбуватись на сучасному підприємстві. Це ефективність бізнес-процесів, важливість авторитету керівника, постійний розвиток персоналу, його взаємодії на усіх рівнях, використання вже працюючих технологій ззовні, поступове і поетапне впровадження цифрових технологій, важливість запитів споживачів.

Разом із цим дослідження показало актуальність і важливість й інших складових в умовах цифрової трансформації використання досвіду інтелектуальних виробництв, постійний аналіз кращих світових практик, співробітництво із відповідними спеціалістами на конференціях, форумах, навчання у передових виробничих компаній, у їх спеціалістів із цифровізації та розвитку смарт-промисловості. В організаційній структурі національних виробничих

підприємств необхідно забезпечити щільне співробітництво підрозділів ІТ та НДДКР для спільної розробки нових продуктів і модернізації існуючих. Досвід «розумних» заводів, наведений вище свідчить про необхідність: зосереджувати увагу на реальних потребах споживачів; розвивати власний персонал, який здійснює якісне управління на рівні керівництва і безпосередньо на місцях; постійно впроваджувати інновації; розвивати цифрову інфраструктуру на підприємстві; впроваджувати обладнання, яке підключене до мережі інтернет; налагоджувати взаємодію інформаційних та операційних технологій.

Таким чином, на сьогодні існують і активно впроваджуються у діяльність промислових підприємств інструменти управління сучасним виробництвом, промислові кіберфізичні системи, які впливають на інтелектуалізацію. Поглиблення інтелектуалізації виробництва в умовах цифрової трансформації та переходу до Індустрії 4.0 на підприємствах відбувається за рахунок складових, які надано на рисунку.



**Рисунок. Складові поглиблення інтелектуалізації підприємств
в умовах цифрової трансформації та Індустрії 4.0**

Розроблено автором.

Висновки

1. Ключовими складовими процесу інтелектуалізації є інновації та інтелект, поєднання яких протягом часу впливає на трансформацію економічних парадигм і концепцій виробництва, потреби споживачів та ключові фактори успіху підприємств. Якщо вступає в силу нова економічна концепція виробництва, підтримується лідерами серед виробників, а нові норми і стандарти якості приймаються споживачами продукції, то старі концепції стають менш дієвими. Підприємства, що не здатні пристосуватися до нових викликів і правил гри, до інших потреб і якості продукції, нових підходів до ведення економічної діяльності, стають більш слабкими, ресурсоемними, недостатньо життєздатними і конкурентоспроможними на внутрішньому і зовнішньому ринках.

2. Інноваційний розвиток підприємств у теперішній час усе більше спрямовано у напрямі технологічного прогресу, пов'язаного із Індустрією 4.0 та цифровізацією. В цих умовах відкриваються нові можливості перед суб'єктами господарювання, а основними принципами у відношенні інноваційного розвитку підприємств стають: повна «оцифровка» операцій; редизайн продуктів і послуг; більш тісний контакт з клієнтами. У сучасному суспільстві велику значимість набувають знання й інформація інноваційного характеру, повсюдним стає використання комп'ютерів, інтернету, мобільних технологій, що надає нові можливості функціонування і розвитку для промислових підприємств, нові способи взаємодії із співробітниками, партнерами та клієнтами по всьому світі.

3. Поглиблення інтелектуалізації промислових підприємств в сучасних умовах відбувається за участі цифровізації. Вектори до розвитку виробництва майбутнього, цифрових і «розумних» виробництв набирають темп. Світовий досвід свідчить, що державні стимули можуть значно прискорити цей розвиток, заохотити споживати та використовувати нові технології, які повинні бути доступні бізнесу та громадянам. Разом із позитивними сторонами поглиблення інтелектуалізації у напрямі Індустрії 4.0 та цифровізації очевидні ризики, зокрема: зростання рівня безробіття, можливість зникнення професій в окремих галузях та секторах; пожвавлення кіберзлочинності. Саме тому роль держави у цьому процесі є важливою. Держава має докласти всіх зусиль, щоб суспільство знало про існуючі ризики, має сприяти наданню якісної консультативної підтримки в упровадженні та використанні ІКТ, платформ, створювати передумови розвитку, визначати пріоритети і економічні орієнтири.

4. У якості ринкового механізму стимулювання поступового впровадження нових технологій у діяльність підприємств та поглиблення їх інтелектуалі-

зації можна вважати цифрові інструменти управління виробництвом, які широко представлені на ринку: інтелектуальні інформаційні системи управління підприємством; реверс-інжиніринг; системи інженерного аналізу; цифрові двійники; аддитивне виробництво або 3D друк; системи управління виробництвом MES; блокчейн; цифрова логістика; системи кібербезпеки підприємства. На сьогодні в Україні є приклади підприємств, які поглиблюють інтелектуалізацію на основі впровадження сучасних інструментів управління виробництвом та які діляться своїм досвідом.

5. Проведене дослідження дозволило на основі закордонного і вітчизняного досвіду виділити складові поглиблення інтелектуалізації в умовах цифрової трансформації та Індустрії 4.0, на що доцільно звернути увагу органам управління та вітчизняним промисловим підприємствам. Так, поглиблення інтелектуалізації у напрямі Індустрії 4.0 і цифровізації потребує від підприємств:

- націленості менеджменту на поглиблення інтелектуалізації. Авторитету керівника як організатора цифрової та інтелектуальної трансформації підприємства;
- постійного розвитку людського капіталу (розвитку навичок, необхідних для розумної промисловості);
- співробітництва в середині підприємства;
- аналізу кращих світових практик та застосування досвіду інтелектуальних виробництв;
- співробітництва із асоціаціями і союзами промислової цифровізації;
- участі у промислових форумах, спеціалізованих виставках;
- впровадження цифрових інструментів управління виробництвом;
- застосування ефективних моделей або технологій ззовні (у тому числі за рахунок співробітництва і пошуку необхідних рішень);
- перманентної трансформації у напрямі сучасних технологій;
- редизайну продукції та послуг з урахуванням потреб клієнтів (дослідження потреб і очікувань споживачів на внутрішньому і зовнішньому ринках);
- кардинальної зміни організаційної культури;
- підтримки досліджень та інновацій;
- послідовного розвитку і поглиблення інтелектуалізації.

Напрями подальших досліджень: державне стимулювання інтелектуалізації виробництва в умовах Індустрії 4.0 та цифровізації; міжнародний досвід урядових ініціатив заохочення розвитку інтелектуалізації виробництва у напрямі Індустрії 4.0; механізми державно-приватного партнерства у стимулюванні інтелектуалізації в умовах Індустрії 4.0.

Література

1. Вишневецький В. П., Вієцька О. В., Гаркушенко О. М., Князев С. І., Лях О. В., Чекіна В. Д., Череватський Д. Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку: монографія / В. П. Вишневецький (заг. ред.). Київ: Ін-т економіки пром-сті, 2018. 192 с.
2. Збаразька Л. О. Напрями стратегії розвитку «смайт» промисловості в українських реаліях. *Економіка промисловості*. 2019. № 2 (86). С. 5-29. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.02.05>.
3. Амоша О. І., Нікіфорова В. А. Світовий досвід становлення металургійних самат-виробництв: особливості, напрями, наслідки. *Економіка промисловості*. 2019. № 2 (86). С. 84-106. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.02.84>.
4. Вишневецький В. П., Гаркушенко О. М., Князев С. І., Липницький Д. В., Чекіна В. Д. Цифровізація економіки України: трансформаційний потенціал: монографія / за ред. В.П. Вишневецького та С.І. Князева. Київ: Академперіодика, 2020. 188 с.
5. Ляшенко В. І., Вишневецький О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: монографія. Київ: Ін-т економіки пром-сті НАН України, 2018. 252 с.
6. Булеєв І. П. Цифровізація та її роль у сучасній економіці. *Сфера зайнятості і доходів в умовах цифрової економіки: механізми регулювання, виклики та домінанти розвитку*: зб. тез доповідей учасників Міжнар. наук.-практ. конф.; 23-24 жовт. 2019 р. Київ: КНЕУ, 2019. С. 98-99.
7. Булеєв І. П. Суспільство, середній клас, цифрова економіка: стан та перспективи розвитку: наукова доповідь / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2020. 116 с.
8. Брюховецька Н. Ю., Черних О. В. Індустрія 4.0 та цифровізація економіки: можливості використання зарубіжного досвіду на промислових підприємствах України. *Економіка промисловості*. 2020. № 2 (90). С. 116-132. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.116>.
9. Вишневецький О. С. Вплив цифровізації на промисловість: проблеми визначення в країнах ЄС. *Економіка промисловості*. 2020. № 1 (89). С. 31-44. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.031>.
10. Литовченко І. Л. Трансформація ринку в сучасних умовах переходу до цифрової економіки. *Економіка України*. 2020. № 1. С. 36-47. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.01.036>.
11. Кушніренко О. Промисловість України перед викликами Індустрії 4.0: оцінка обмежень і завдання політики. *Економіка України*. 2020. № 5. С. 53-71. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.05.053>.
12. Брюховецька Н. Ю., Богуцька О. А. Інтелектуалізація підприємств: підходи, сутність, структура. *Економічний вісник Донбасу*. 2020. № 1 (59). С. 92-100. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-1\(59\)-92-100](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-1(59)-92-100).
13. Булеєв І. П., Булеєв Е. І., Брюховецький Я. С. Інтелектуалізація труда – основа розвитку сучасної економіки. *Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку: зб. наук. праць*. Київ, 2016. С. 3-18.
14. Брюховецька Н. Ю., Чорна О. А. Інтелектуалізація як пріоритетний напрямок розвитку промислових підприємств в умовах Індустрії 4.0. *Економіка промисловості*. 2019. № 4. С. 28-57. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.028>.
15. Бриль І. В. Визначення мотиваційних переваг інтелектуалізації підприємств базових галузей промисловості. *Економічний вісник Донбасу*. 2019. № 1 (55). С. 142-150. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-1\(55\)-142-150](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-1(55)-142-150).
16. Мерзьяк А. В. Логистические, информационные и управленческие аспекты эволюции экономических парадигм от экономики масштаба до сетевой экономики. *Российское предпринимательство*. 2015. № 16(21). С. 3909-3932. URL: <http://dx.doi.org/10.18334/rp.16.21.2018> (дата звернення: 17.01.2022).
17. Reinhard Geissbauer, Jesper Vedsø, Stefan Schrauf. (2016). A Strategist's Guide to Industry 4.0. URL: <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=a2260> (дата звернення: 17.01.2022).
18. Stephen Laaper, Ben Dolla, Mark Cotteleer, Brenna Sniderman. (2020). Implementing the smart factory. New perspectives for driving value. URL: <https://www2.deloitte.com/global/en/insights/topics/digital-transformation/smart-factory-2-0-technology-initiatives.html> (дата звернення: 17.01.2022).
19. Smart Factory – умное производство. URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/smart-factory> (дата звернення: 17.01.2022).
20. Икаев С. (2021). Китай уже опережает США, Европу, и Японию по числу «заводов будущего». URL: <https://hightech.plus/2021/03/21/wef-kitai-uzhe-operezhaet-ssha-evropu-i-yaponiyu-po-kolichestvu-zavodov-budushego> (дата звернення: 17.01.2022).
21. Кейсы. URL: <https://it-enterprise.com/industries/mashinostroenie> (дата звернення: 17.01.2022).
22. Дмитрий Осыка. 10 шагов цифровой трансформации бизнеса. ДТЭК, 15.07.2020. URL: <https://dtek.com/ru/media-center/press/10-shagov-tsifrovoy-transformatsii-biznesa/> (дата звернення: 17.01.2022).

References

1. Vyshnevskiy, V. P., Vietska, O. V., Harkushenko, O. M., Kniaziev, S. I., Liakh, O. V., Chekina, V. D., Cherevatskiy, D. Yu. (2018). Smart-promyslovost v epokhu tsyfrovoy ekonomiky: perspektivy, napriamy i mekhanizmy rozvytku [Smart industry in the digital economy: prospects, directions and mechanisms of development]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine. 192 p. [in Ukrainian].
2. Zbarazska, L. O. (2019). Napriamy stratehii rozvytku «smart» promyslovosti v ukrainskykh realiakh [Directions of strategy of development of «smart» industry in the Ukrainian realities]. *Econ. promisl.*, 2 (86), pp. 5-29. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.02.05> [in Ukrainian].
3. Amosha, O. I., Nikiforova, V. A. (2019)/ Svitovyi dosvid stanovlennia metalurhiinykh samat-vyrobnystv: osoblyvosti, napriamy, naslidky [World experience of formation of metallurgical samat-productions: features, directions, consequences]. *Econ. promisl.*, 2 (86), pp. 84-106. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.02.84> [in Ukrainian].
4. Vyshnevskiy, V. P., Harkushenko, O. M., Kniaziev, S. I., Lypnyskiy, D. V., Chekina, V. D. (2020). Tsyfrovizatsiia ekonomiky Ukrainy: transformatsiinyi potentsial [Digitalization of the economy of Ukraine: transformational potential]. Kyiv, Akademperiodika. 188 p. [in Ukrainian].
5. Liashenko, V. I., Vyshnevskiy, O. S. (2018). Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhlyvist proryvnoho rozvytku [Digital modernization of Ukraine's economy as an opportunity for breakthrough development]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine. 252 p. [in Ukrainian].

6. Buleev, I. P. (2019). Tsyfrovizatsiia ta yii rol u suchasni ekonomitsi [Digitalization and its role in the modern economy]. *Sfera zainiatosti i dokhodiv v umovakh tsyfrovoi ekonomiky: mekhanizmy rehuliuвання, vyklyky ta dominanty rozvytku [The sphere of employment and income in the digital economy: regulatory mechanisms, challenges and dominants of development]*: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. (pp. 98-99). Kyiv, KNEU [in Ukrainian].
7. Buleev, I. P. (2020). Suspilstvo, serednii klas, tsyfrova ekonomika: stan ta perspektyvy rozvytku [Society, middle class, digital economy: state and prospects of development]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine. 116 p. [in Ukrainian].
8. Briukhovetska, N. Yu., Chernykh, O. V. (2020). Industriia 4.0 ta tsyfrovizatsiia ekonomiky: mozhyvosti vykorystannia zarubizhnogo dosvidu na promyslovykh pidpriemstvakh Ukrainy [Industry 4.0 and digitalization of the economy: opportunities to use foreign experience in industrial enterprises of Ukraine]. *Econ. promisl.*, 2 (90), pp. 116-132. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.116> [in Ukrainian].
9. Vyshnevskiy, O. S. (2020). Vplyv tsyfrovizatsii na promyslovist: problemy vyznachennia v krainakh YeS [The impact of digitalization on industry: problems of definition in EU countries]. *Econ. promisl.*, 1 (89), pp. 31-44. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.031> [in Ukrainian].
10. Lytovchenko, I. L. (2020). Transformatsiia rynku v suchasnykh umovakh perekhodu do tsyfrovoi ekonomiky Ekonomika Ukrainy [Market transformation in modern conditions of transition to digital economy]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 1, pp. 36-47. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.01.036> [in Ukrainian].
11. Kushnirenko O. (2020). Promyslovist Ukrainy pered vyklykamy Industrii 4.0: otsinka obmezhen i zavdannia polityky [Industry of Ukraine before the challenges of Industry 4.0: assessment of constraints and policy objectives]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 5, pp. 53-71. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.05.053> [in Ukrainian].
12. Briukhovetska, N. Yu., Bohutska, O. A. (2020). Intelektualizatsiia pidpriemstv: pidkhody, sutnist, struktura [Intellectualization of enterprises: approaches, essence, structure]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 1 (59), pp. 92-100. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-1\(59\)-92-100](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2020-1(59)-92-100) [in Ukrainian].
13. Buleev, I. P., Buleev, Ye. I., Briukhovetskyi, Ya. S. (2016). Intellektualizatsiia truda – osnova razvitiya sovremennoy ekonomiki [Intellectualization of labor is the basis for the development of the modern economy]. *Stratehii i mekhanizmy rehuliuвання promyslovoho rozvytku – Strategy and mechanisms for regulating industrial development*, pp. 3-18. Kyiv [in Russian].
14. Briukhovetska, N. Yu., Chorna, O. A. (2019). Intelektualizatsiia yak prioritetnyi napriamok rozvytku promyslovykh pidpriemstv v umovakh Industrii 4.0 [Intellectualization as a priority direction of industrial enterprises development in the conditions of Industry 4.0]. *Econ. promisl.*, 4, pp. 28–57. DOI: doi.org/10.15407/econindustry2019.04.028 [in Ukrainian].
15. Bryl, I. V. (2019). Vyznachennia motyvatsiinykh perevah intellektualizatsii pidpriemstv bazovykh haluzei promyslovosti [Determining the motivational benefits of intellectualization of enterprises in basic industries]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 1 (55), pp. 142-150. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-1\(55\)-142-150](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2019-1(55)-142-150) [in Ukrainian].
16. Merzlyak, A. V. (2015). Logisticheskiye, informatsionnyye i upravlencheskiye aspekty evolyutsii ekonomicheskikh paradigmat ot ekonomiki masshtaba do setevoy ekonomiki [Logistics, information and management aspects of the evolution of economic paradigms from economies of scale to network economies]. *Rossiyskoye predprinimatel'stvo – Russian entrepreneurship*, No. 16(21), pp. 3909-3932. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.18334/rp.16.21.2018> (last accessed 17.01.2022) [in Russian].
17. Reinhard Geissbauer, Jesper Vedso, Stefan Schrauf. (2016). A Strategist's Guide to Industry 4.0. Retrieved from <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=a2260> (last accessed 17.01.2022).
18. Stephen Laaper, Ben Dolla, Mark Cotteleer, Brenna Sniderman. (2020). Implementing the smart factory. New perspectives for driving value. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/global/en/insights/topics/digital-transformation/smart-factory-2-0-technology-initiatives.html> (last accessed 17.01.2022).
19. Smart Factory – smart manufacturing. Retrieved from <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/smart-factory> (last accessed 17.01.2022) [in Russian].
20. Ikaev, S. (2021). Kitay uzhe operezhayet SSHA, Yevropu, i Yaponiyu po chislu «zavodov budushchego» [China is already ahead of the US, Europe, and Japan in the number of «factories of the future»]. Retrieved from <https://hightech.plus/2021/03/21/wef-kitai-uzhe-operezhaet-ssha-evropu-i-yaponiyu-po-kolichestvu-zavodov-budushchego> (last accessed 17.01.2022) [in Russian].
21. Keysy [Cases]. Retrieved from <https://it-enterprise.com/industries/mashinostroenie> (last accessed 17.01.2022) [in Russian].
- 22/ Dmitry Osyka. (2020). 10 shagov tsyfrovoy transformatsii biznesa [10 steps of digital business transformation]. *DTEK*. Retrieved from <https://dtek.com/ru/media-center/press/10-shagov-tsyfrovoy-transformatsii-biznesa/> (last accessed 17.01.2022) [in Russian].

Чорна О. А. Поглиблення інтелектуалізації підприємств у напрямі цифрової трансформації та переходу до Індустрії 4.0

У статті досліджено вплив науково-технічного прогресу, пов'язаного із цифровою трансформацією і переходом до Індустрії 4.0, на поглиблення інтелектуалізації виробництва; розглянуто поглиблення інтелектуалізації промислових підприємств у напрямі смарт-промисловості; обґрунтовано системи і механізми управління інтелектуалізацією виробництва; узагальнено вітчизняний і зарубіжний досвід та обґрунтовано складові поглиблення інтелектуалізації підприємств в умовах цифровізації і Індустрії 4.0.

Дослідження показують, що поглиблення інтелектуалізації у напрямі Індустрії 4.0 та цифровізації сприяє підвищенню вартості підприємств, їх виробничої здатності, поліпшенню якості, безпеки та зростання доходів працівників завдяки впровадженню нових технологій. Досвід «розумних» заводів свідчить про необхідність: зосередження уваги на реальних потребах споживачів; розвитку персоналу; впровадження інновацій; розвитку цифрової інфраструктури; впровадження обладнання, підключеного до мережі інтернет; налагодження взаємодії інформаційних та операційних технологій.

Дослідження доводять, що в Україні є підприємства, які поглиблюють інтелектуалізацію на основі впровадження сучасного управління виробництвом. Обґрунтовано складові поглиблення інтелектуалізації підприємств у напрямі Індустрії 4.0 і цифровізації, якими є: націленість менеджменту на поглиблення інтелектуалізації; постійний розвиток людського капіталу; співробітництво в середині підприємства; аналіз кращих світових практик та застосування досвіду інтелектуальних виробництв; співробітництво із асоціаціями і союзами промислової цифровізації; участь у промислових форумах, спеціалізованих виставках; впровадження цифрових інструментів управління виробництвом; застосування ефективних моделей або технологій ззовні; перманентної трансформації у напрямі сучасних технологій; редизайн продукції та послуг з урахуванням потреб

клієнтів; кардинальна зміна організаційної культури; підтримки досліджень та інновацій; поетапне досягнення цифрової зрілості.

Ключові слова: інтелектуалізація підприємств, Індустрія 4.0, цифровізація, промислові підприємства, смарт-промисловість, розвиток підприємств.

Chorna O. Deepening the Intellectualization of Enterprises in the Direction of Digital Transformation and Transition to Industry 4.0

The article examines the impact of scientific and technological progress associated with the digital transformation and the transition to Industry 4.0, on the deepening of the intellectualization of production; the deepening of intellectualization of industrial enterprises in the direction of smart industry is considered; systems and mechanisms of management of intellectualization of production are substantiated; the domestic and foreign experience is generalized and the components of deepening the intellectualization of enterprises in the conditions of digitalization and Industry 4.0 are substantiated.

Research shows that the deepening of intellectualization in the direction of Industry 4.0 and digitalization helps to increase the value of enterprises, their production capacity, improve quality, safety and increase employee income through the introduction of new technologies. The experience of "smart" plants shows the need to: focus on the real needs of consumers; staff development; introduction of innovations; digital infrastructure development; introduction of equipment connected to the Internet; establishing the interaction of information and operational technologies.

Research shows that there are companies in Ukraine that deepen intellectualization through the introduction of modern production management. The components of deepening the intellectualization of enterprises in the direction of Industry 4.0 and digitalization are substantiated, which are: the focus of management on the deepening of intellectualization; constant development of human capital; cooperation within the enterprise; analysis of the best world practices and application of the experience of intellectual productions; cooperation with associations and unions of industrial digitalization; participation in industrial forums, specialized exhibitions; introduction of digital tools for production management; application of effective models or technologies from the outside; permanent transformation in the direction of modern technologies; redesign of products and services taking into account the needs of customers; a radical change in organizational culture; support for research and innovation; gradual achievement of digital maturity.

Keywords: intellectualization of enterprises, Industry 4.0, digitalization, industrial enterprises, smart industry, enterprise development.

Стаття надійшла до редакції 21.01.2022