

# ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ФАКТОР ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ

UDC 334.021(378+68):39.976  
JEL classification: I25, L16, F02

**Войтко С. В.**

доктор економ. наук, професор  
ORCID ID: 0000-0002-2488-3210

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## РЕАЛІЗАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ТА ПРОМИСЛОВОГО ПОТЕНЦІАЛІВ УКРАЇНИ У ГЛОБАЛЬНИХ УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 4.0

### REALIZATION OF THE EDUCATIONAL AND INDUSTRIAL POTENTIAL OF UKRAINE IN THE GLOBAL INDUSTRY 4.0 CONDITIONS

Виявлено об'єктивну необхідність комплексного дослідження розвитку сфери освіти та високотехнологічної промисловості в умовах Четвертої промислової революції (Індустрії 4.0). Обґрунтовано важливі для Індустрії 4.0 такі знакові роки, як 2011 р. та 2014 р. Наведено основні політичні події, які відбулися у ці роки. Здійснено аналіз публіцистичних статей, що стосуються розвитку Індустрії 4.0 в Україні. Зазначено важливість розвитку інфраструктури Індустрії 4.0 в Україні: Асоціація підприємств промислової автоматизації України та Центри Індустрії 4.0. Окремо зазначено наявність на національному рівні Ландшафту українських інноваторів Індустрії 4.0 – «Аналітичний огляд інноваторів і стану інновацій в Україні». Визначено показники для дослідження: середня та високотехнологічна промисловість (включаючи будівництво) у відсотках до доданої вартості виробництва, державні витрати на освіту, усього у відсотках до ВВП. Візуалізовано співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості до частки державних витрат на освіту за країнами світу для 2011 та 2014 років. Проаналізовано місце України серед переліку країн, що досліджується. Доведено, що позиція України суттєво погіршилася. Виявлено, що Україна за показником EDN Education має досить високу позицію, що може бути поштовхом для подальшого промислового розвитку. Реалізовано дослідження динаміки співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державних витрат на освіту з 2000 року по 2015 рік для України. Запропоновано перелік сфер, які варто розвивати для успішного використання потенціалу сфер освіти та промисловості України. Запропоновано та обґрунтовано термінологічний апарат Індустрії 4.0 у зрізі «кіберфізичні системи» та «кіберфізіологічні системи». Запропоновано можливу основу для наступної, п'ятої технологічної революції: Індустрії 5.Х.

**Ключові слова:** Четверта промислова революція, Індустрія 4.0, освіта, промисловість, кіберфізичні системи.

*The objective need for a comprehensive study of the education and high-tech industries development in the context of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) has been identified.*

*Important for Industry 4.0, such significant years as 2011 and 2014 are justified. The main political events that took place during these years are outlined. The analysis of journalistic articles concerning Industry 4.0 development in Ukraine is carried out. The importance of the development of Industry 4.0 infrastructure in Ukraine is noted (due to Association of Industrial Automation Enterprises of Ukraine and Centers of Industry 4.0). The presence at the national level of "Landscape Industry 4.0 in Ukraine" — "Analytical review of innovators and state of innovations in Ukraine". Indicators for the survey are medium and high-tech industry (including construction) (% manufacturing value-added) and Government expenditure on education, total (% of GDP). The share of medium and high-tech industry in public spending on education for 2011 and 2014 is visualized. The place of Ukraine among the list of the countries under the study is analyzed. It is proved that Ukraine's position has significantly deteriorated. It is revealed that Ukraine with an indicator of EDN Education has a rather high position, which may be an opportunity for further industrial development. The study of the dynamics of the ratio of the share of medium and high-tech industry and the share of public spending on education from 2000 to 2015 for Ukraine is carried out. The list of spheres that should be developed for successful use of education and industrial potential of Ukraine is offered. Industry 4.0 terminology in the section "cyber-physical systems" and "cyber-physiological systems" has been proposed and substantiated. A possible basis for the next, fifth technological revolution is proposed: Industry 5.X.*

**Keywords:** Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0, education, industry, cyber-physical systems

**Вступ.** Основним підприємницьким трендом натепер є Індустрія 4.0. На основі положень цієї індустрії, як Четвертої промислової революції, роблять заяви науковці, підприємці, політики. З 2011 року цей тренд стає модним серед транснаціональних корпорацій, крупних дослідницьких проєктів, виробників новітньої техніки, закладів вищої освіти. На глобальний рівень засади Індустрії 4.0 вийшли у 2014 році за ініціативи Клаусу Шваба, німецького економіста, засновника та президента Всесвітнього економічного форуму в Давосі (форум проводиться з 1971 року). Його дослідження Індустрії 4.0 викладені у роботі [1].

Для України частка технологій, що базуються на Індустрії 4.0, відносно незначна. Проте у мас-медійному полі, навіть у високо рейтингових інформаційних агентствах, вже—проблематика Четвертої промислової революції активно підіймається. Так, це тільки початок «індустріалізації» за формою «4.X». Проте вже засоби масової інформації поступово привертають увагу населення і підприємницьких структур до цього явища. Важливість інформаційного впливу масмедія на свідомість людей вже показали відомі політичні події у США та в Україні. Такий же вплив може мати місце не тільки в політиці, а й в інших сферах діяльності Людини. Одне сподівання, щоби цей вплив був на користь суспільству.

Стосовно масмедія в Індустрії 4.0. Так, ще у 2016 році П. Калита (президент Української асоціації досконалості та якості) у роботі [2] розглянув загрози та можливості для України на початку розвитку й реалізації засад Четвертої промислової революції. З тих пір сталися значні зміни в структурі національної економіки.

Вже в 2019 році у «Дзеркалі тижня» опубліковано дві статті на цю проблематику. У роботі [3] І. Новак (к.е.н., Інститут демографії та соціальних досліджень імені М. В. Птухи НАН України) та Р. Покотиленка (к.е.н., Інститут економіки промисловості НАН України) наголос зроблено на національних пріоритетах стосовно зайнятості в Індустрії 4.0. А через чотири місяці Є. Ангел, В. Кравчук у роботі [4] поставили проблематику стосовно вибору промислової політики України з метою успішного переходу до Індустрії 4.0. Автор статті сподівається, що й надалі ця проблематика буде мати вагу в політичній, промисловій та освітній площинах.

Слід відзначити ініціативу О. Юрчака (Асоціація підприємств промислової автоматизації України), за якою розроблено вже другу версію Ландшафту українських інноваторів Індустрії 4.0 – «Аналітичний огляд інноваторів і стану інновацій в Україні «Landscape Industry 4.0 in Ukraine» [5]. Варто додати, що йому вдалося сприяти створенню в Україні Центрів Індустрії 4.0 та об'єднати їх. Варто відзначити, що неабияку роль у функціонуванні цих центрів відіграє наука та освіта.

Індустрія 4.0 поступово стає парадигмою розвитку окремих напрямів науки та формування освітніх програм на інженерних спеціальностях. Звичайно, це не нагальна потреба використовувати термін «Індустрія 4.0». Й без цього терміну промисловість, наука та освіта розвивали складові Четвертої промислової революції. На сьогодні для України, на думку автора, цей термін є здебільшого модним трендом, аніж необхідністю. Натепер саме запровадження «моди» на Індустрію 4.0 може надати поштовх всім інституціям держави до реальних зсувів інфраструктури української економіки до переходу від класичної ресурсо-, матеріало-, енерго-, праце-місткої виробничої системи кінця ХХ-ого століття до зваженого використання кіберфізичних, інформаційно-комунікаційних систем у виробничих і суспільних процесах ХІХ-ого століття.

Отже, на підставі вищезазначеного визначено актуальність цього дослідження саме потребою виявити шляхи успішної реалізації засад Індустрії 4.0 в Україні на основі ланцюжка «Освіта»–«Наука»–«Виробництво» у зв'язку з тим, що Четверта промислова революція вже є об'єктивною реальністю. Один із шляхів на початковому етапі є розвиток освіти, а вже потім, при наявності підготовленого кадрового наукового потенціалу, можлива успішна реалізація засад Індустрії 4.0 у промисловості.

**Постановка завдання.** Цілі дослідження: 1) виявлення обсягу витрат на освіту та частку високотехнологічної промисловості для окремих країн в умовах зародження Індустрії 4.0; 2) аналізування показників окремих країн за показниками освіти, промисловості та сталого розвитку; 3) дослідження ефектів у зміні розташування України у координатах співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державних витрат на освіту з 2000 року по 2015 рік; 4) виявлення і опис основних сфер діяльності, у яких Україна може мати успіх в умовах Індустрії 4.0.

**Методологія.** Концептуальні засади та перелік публікацій з проблематики Індустрії 4.0 належним чином представлені в роботі [6] (автори М. Германн, Т. Пінтек, Б. Отто). Візуалізація взаємного розміщення країн здійснена для визначення місця тієї чи іншої країни в обраних координатах дослідження. Рейтингування країн реалізовано для виявлення особливостей розвитку залежно від місця у рейтингу. Порівняльний аналіз приведено для виявлення подібності та різниці у характеристиках об'єктів, що досліджуються.

**Результати дослідження.** Ставимо за мету визначити стан низки країн за доступними даними з джерела [7] за такими показниками як *Medium and high-tech Industry (including construction) (% manufacturing value added)* (укр. середня та високотехнологічна промисловість (включаючи будівництво) у відсотках доданої вартості виробництва) та *Government expenditure on education, total (% of GDP)* (укр. державні витрати на освіту, усього у відсотках до ВВП). Відносні показники обрані для нівелювання інфляційних процесів у представленні результатів дослідження.

Визначено для дослідження такі два знакові для Індустрії 4.0 роки, 2011 р. і 2014 р.

У 2011 році на церемонії відкриття Ганноверського ярмарку (HannoverMesse–2011) був озвучений термін «Індустрія 4.0» Вольфгангом Вальстером (професор, генеральний директор Німецького дослідницького центру штучного інтелекту /German Research Center for Artificial Intelligence/). Також у цьому році за ініціативи групи бізнесменів, політиків і вчених під загальним керівництвом Ч. Грифдстаффа (компанія Siemens PLN Software) визначено у концептуальних засадах розвитку Індустрії 4.0 інтеграцію «кіберфізичних систем» у виробничий процес [8]. На початку 2011 року Альянс з промислово-наукових досліджень (Industry-ScienceResearchAlliance, Німеччина) випустив стратегічну ініціативу «Future Project» за підтримки Федерального уряду у виконанні робочої групи Industrie4.0.

У 2014 році, як вже вище зазначалося, Індустрія 4.0 вийшла на глобальний рівень, саме у цьому році президент Всесвітнього економічного форуму в Давосі заявив про неї. Тому й обрано ці два роки для дослідження.

На рис. 1 представлено візуалізацію співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державні витрати на освіту в 2011 році.

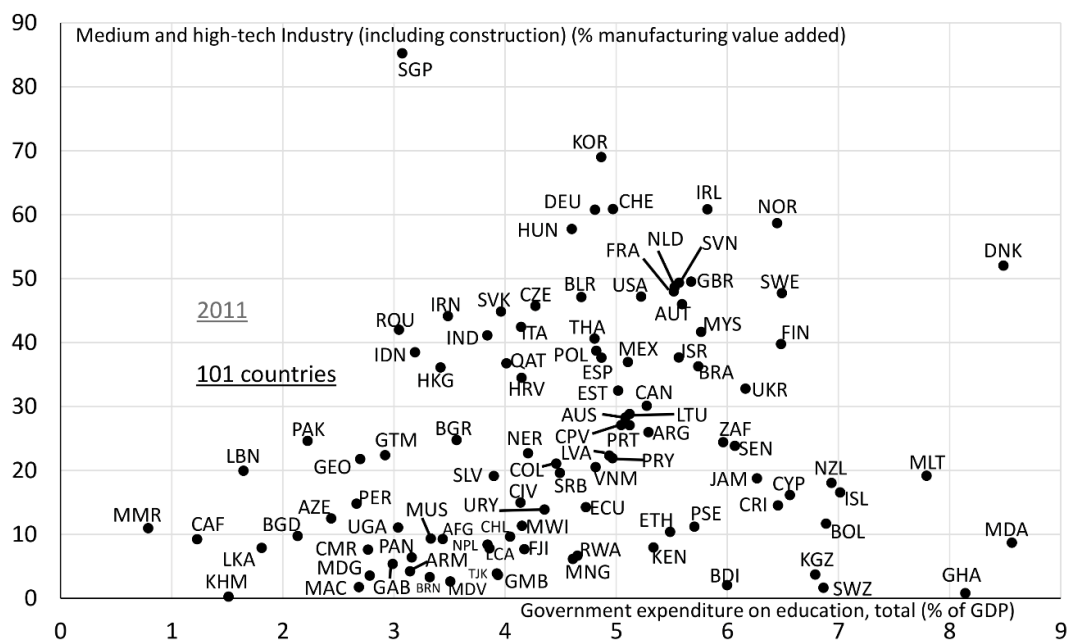


Рисунок 1 – Розміщення країн за співвідношенням частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державні витрати на освіту (2011 р.)

Серед представленої 101 країни (доступні дані на час проведення дослідження) Україна розміщена близько до таких країн, як Швейцарія, Фінляндія, Ізраїль, Бразилія. Варто відзначити, що за обсягами витрат на освіту Україна має належну позицію, проте за розвитком середньої та високотехнологічної промисловості позиція є посередньою.

На рис. 2 приведено візуалізацію співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державні витрати на освіту в 2014 році.

За результатами аналізу даних 2014 року маємо значні зрушення багатьох країн світу у напрямку розвитку високотехнологічних виробництв. Так, на цей рік позиція України близька до Естонії, Кіпру, Барбадосу, Бразилії, Аргентини. Загалом, позиція нашої країни погіршилася значно. Звичайно, на такий стан суттєво вплинула російсько-українська війна. Проте слід зважати на прагнення інших країн суттєво розвивати освіту та високотехнологічні виробництва Індустрії 4.0.

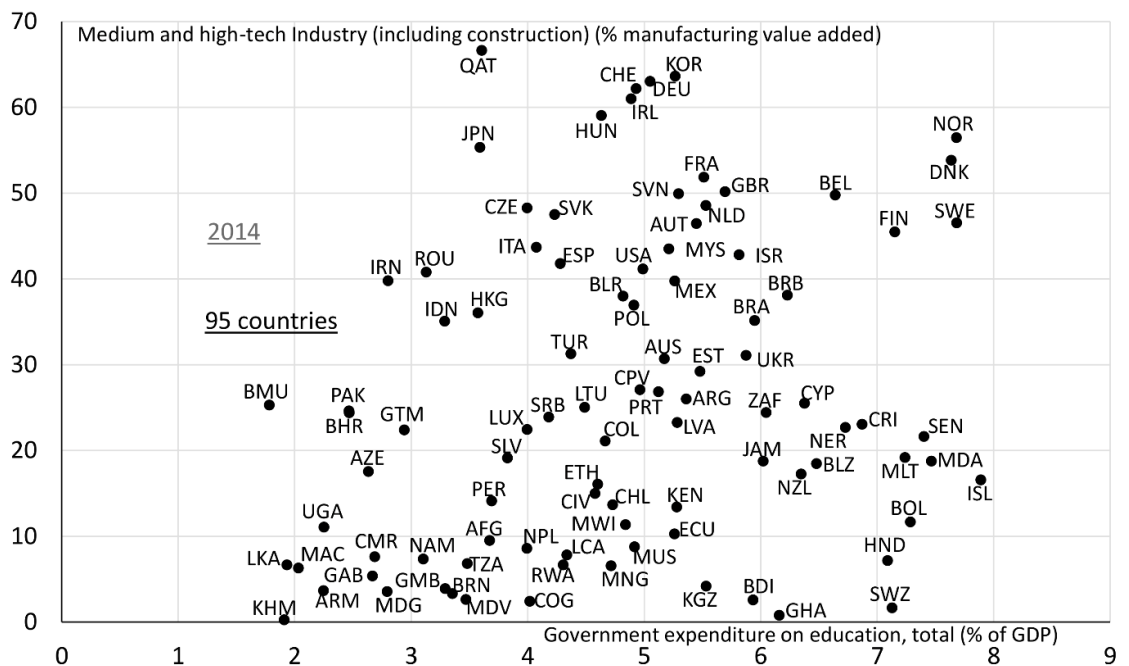


Рисунок 2 – Розміщення країн за співвідношенням частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державні витрати на освіту (2014 р.)

За результатами експертного оцінювання [9], що проведено у 2018 році, фахівцями визначено, що у 2016 р. лідерами Індустрії 4.0 визнано такі країни як Сполучені Штати Америки (26 % респондентів підтримало), Німеччина (25 %), Японія (20 %), Франція (8 %), Китай (6 %), Південна Корея (3 %), Нідерланди (3 %). Не за усіма цими країнами є дані для дослідження, тому обрано окремі з цих та інші країни для більш детального дослідження зміни показників за період 2011–2014 роки. Критеріями відбору були країни-сусіди, країни з високим рівнем показника EDN Education, країни «Великої Сімки» та країни з потенціалом і перспективами розвитку Індустрії 4.0. Сформовано таблиці за даними [10].

За показником EDN Education Україна має досить високу п'яту позицію серед обраних країн, також висока шоста загальна позиція у освітньому рейтингу 2018 року серед 137 країн. Тому вважаємо, що потенціал і можливості для високотехнологічного розвитку на середньострокову і довгострокову перспективу у нас є. Для ґрунтовного вивчення можливостей здійснимо аналіз динаміки зміни двох показників, що досліджуються.

Таблиця – Основні показники, що стосуються освіти та поширення Індустрії 4.0 в окремих країнах

Країни, проранговано за EDN Education	ISOISO 3166-1 alpha-3	Change of "Government expenditure on education, total (% of GDP)", 2014–2011	Change of "Medium and high-tech Industry (including construction) (% manufacturing value added)", 2014–2011	CqI Quality of Life Component	CsI Security of Life Component	<b>EDN Education</b>	Iec Index of economic dimension	Isd Index of sustainable development
Швеція	SWE	1,19	-1,19	1,44	1,60	0,73	0,69	1,09
Норвегія	NOR	1,23	-2,19	1,41	1,55	0,67	0,69	1,06
Фінляндія	FIN	0,67	5,71	1,42	1,64	0,67	0,66	1,09
Данія	DNK	-0,85	1,79	1,43	1,60	0,66	0,69	1,08
Україна	UKR	-0,29	-1,68	0,82	1,29	0,66	0,31	0,48
Австралія	AUS	0,09	2,39	1,44	1,64	0,64	0,74	1,09
Франція	FRA	-0,01	3,86	1,31	1,60	0,64	0,61	1,03
Нідерланди	NLD	0,00	-0,11	1,40	1,66	0,63	0,74	1,09
Ізраїль	ISR	0,25	5,12	1,20	1,38	0,62	0,63	0,92
Польща	POL	0,09	-1,77	1,23	1,42	0,62	0,59	0,94
Білорусія	BLR	0,13	-9,14	0,94	1,33	0,62	0,44	0,79
Ірландія	IRL	-0,93	0,17	1,40	1,55	0,61	0,70	1,05
Південна Корея	KOR	0,40	-5,36	1,25	1,58	0,61	0,74	1,00
Велика Британія	GBR	0,02	0,64	1,42	1,51	0,60	0,71	1,05
Естонія	EST	0,46	-3,28	1,37	1,45	0,59	0,67	1,01
Латвія	LVA	0,35	0,93	1,29	1,35	0,58	0,64	0,95
Швейцарія	CHE	0,08	2,17	1,45	1,57	0,57	0,80	1,08
Литва	LTU	-0,63	-3,78	1,29	1,36	0,57	0,65	0,95
Італія	ITA	-0,07	1,22	1,15	1,51	0,56	0,56	0,94
Німеччина	DEU	0,12	1,42	1,42	1,67	0,55	0,76	1,10
США	USA	-0,23	-6,04	1,38	1,55	0,53	0,76	1,04

На рис. 3 приведено зміну співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державних витрат на освіту з 2000 року по 2015 рік.

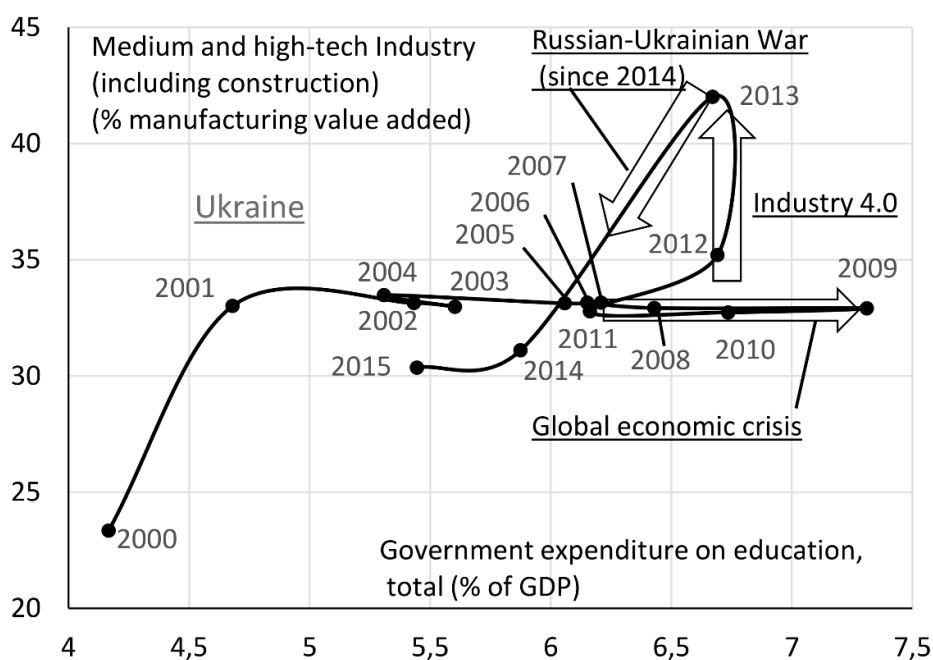


Рисунок 3 – Динаміка співвідношення частки середньої та високотехнологічної промисловості та частки державних витрат на освіту з 2000 року по 2015 рік.

Аналіз динаміки значень показує, що маємо суттєве поліпшення фінансування сфери освіти з 2000 до 2009 року – дещо менше, аніж у два рази, за часткою державних витрати на освіту. Також зросла частка середньої та високотехнологічної промисловості. Варто відзначити 2009 та 2013 роки, які є максимальними точками в обраній системі координат для дослідження. ~~Явно~~ Виявлено деструктивний вплив на освіту та промисловість військових дій на території Криму та на Донбасі у 2014 році. У цей період відбулося значне зменшення значень показників, які аналізуються. Є сподівання на покращення ситуації з 2020 року.

Стосовно сфер, які варто розвивати для успішного використання потенціалу галузей освіти та промисловості України, то варто звернути увагу на такі національні розробки. Залишився потенціал для розвитку металургії та зварювальних виробництв, машинобудування та радіоелектроніки, енергетики, зокрема, ядерної та відновлюваної. Досить високий потенціал у нас в інформаційно-комунікаційних технологіях, виробництві приладів. Значні успіхи має оборонно-промисловий комплекс, який забезпечує суверенітет та обороноздатність України. Слід й надалі розвивати екологічно чисті, енерго- та ресурсозберігаючі технології. Важливим є реалізація проектів у нафтопереробній промисловості, хімічній та біологічній сферах. Останні 20 років належним чином розвиваються виробництва будівельних і конструкційних матеріалів, проектування будинків, конструкцій та споруд. Є потенціал для розробок на основі гідравліки та пневматики, робототехніки та механотроніки. Варто відзначити наукові досягнення стосовно виробництв металевих, пластмасових і композиційних матеріалів, наноматеріалів,



монокристалів, новітніх матеріалів, а також мають розвиток біохімічна та хіміко-технологічні процеси. Нагальними як для України, так і для світу є реалізація проривних інновацій з очистки води та переробки відходів. До речі, важливим для кардинальної зміни свідомості наших громадян у напрямку Індустрії 4.0, економіки знань і К-суспільства є навчитися по всій вертикалі суспільства сортувати та переробляти побутові відходи, перетворювати сміття на дохід. Тоді можна говорити про більш значущі трансформації в суспільній свідомості українців на засадах Четвертої промислової революції.

Узагальнення можливих сфер розвитку здійснено фахівцями Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку [11]. На їх думку, такими сферами є: аграрний сектор; військово-промисловий комплекс; нові речовини, матеріали, нанотехнології; інформаційно-комунікаційні технології; високотехнологічне машино-, приладобудування; розвиток транзитної інфраструктури; туризм; нова енергетика; розвиток наук про Людину, біомедична інженерія, клітинна медицина, фармація.

**Висновки.** Науковцями й практиками вже понад 8 років зазначається те, що Індустрія 4.0 базується на «кіберфізичних системах». Автором проаналізовано значну кількість публіцистичних й наукових видань за проблематикою Індустрії 4.0 та «фізичних» систем. У цих публікаціях мова йде про Людину чи кіберсистему. Стосовно Індустрії 4.0, то Людина виступає як деяка «фізика» чи як «фізична особа» (як антонім «юридична особа») стосовно бізнесу. Так, це усталені терміни. Хоча, на думку автора, краще було зазначати Людину в кіберсистемі як фізіологічний об'єкт чи щось як живе. До речі, не всі системи Індустрії 4.0 взаємодіють тільки з Людиною, а можуть також бути адаптовані для взаємодії з тваринами чи рослинами. Тому доцільно використовувати замість терміну «кіберфізичні системи» саме «кіберфізіологічні системи». Можна ще більш екзотично: «cybercilvēks» – кіберлюдські (cilvēks – лат. Людина) чи «cyberdzīvo» – кіберживі (dzīvo – лат. живе) системи. Проте це тільки авторська думка, автор готовий до критики, до зауважень і пропозицій. Слід наголосити, що системи Індустрії 4.0 можуть взаємодіяти зі штучними чи природними об'єктами або артефактами. Це зумовлює ще більші розбіжності та дискусії стосовно термінології.

Аналізування розвитку індустрій від 1.X до 4.0 нашою думкою про те, на чому може базуватися Індустрія 5.0. Якщо Індустрія 4.0 базується на поєднанні Людини та кіберсистеми через тактильні, зорові, слухові, смакові та нюхові рецептори, то можна передбачати те, що наступна промислова революція може базуватися на взаємодії кіберсистеми з думкою Людини.

Науковою новизною є запропонований методичний підхід до визначення стану та перспектив розвитку освітньої сфери та високотехнологічної промисловості країн в умовах Четвертої промислової революції.

Подальших наукових досліджень потребує аналізування динаміки показників з метою визначення залежності результативності промисловості країни від рівня розвитку освіти, науки та промисловості в країні.

#### Література:

1. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. URL:<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
2. Калита П. Україна і четверта промислова революція: загрози та можливості. Дзеркало тижня. 2016. № 43-44.
3. Новак І., Покотиленко Р. Зайнятість в Індустрії 4.0: визначаємо національні пріоритети. 2019. № 3.
4. Ангел Є., Кравчук В. Яка промислова політика потрібна Україні для переходу до Індустрії 4.0? Дзеркало тижня. 2019. № 13.
5. Landscape Industry 4.0 in Ukraine. Аналітичний огляд інноваторів та стану інновацій в Україні в сфері Індустрії 4.0. 76 с. URL:<https://mautic.appau.org.ua/asset/83:landscape-industry-4-0-in-ukraine>
6. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper. Technische Universität Dortmund. 2015. No. 01. P16.
7. The World Bank Data and Research. World Bank Statistics Database. URL: <http://data.worldbank.org>
8. Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Finalreport. TheIndustry 4.0. Working Group; National Academy of Science and Engineering. 2011. 80 p.
9. The Statistics Portal. Currently leading in Industry 4.0. URL: <https://www.statista.com/statistics/667634>.
10. World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development. World Data Center Statistics Database. URL:<http://wdc.org.ua/uk/data>.
11. Форсайт 2018: Аналіз підготовки і перепідготовки фахівців природничого і технічного спрямування, виходячи з цілей сталого соціально-економічного розвитку України до 2025 року. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», Вид-во «Політехніка», 2018. 32с.