

## 4.2. Цифрова трансформація металургійної галузі в постковідний період

Світова ринкова економіка в постковідний період формує інтегровані структури та зв'язки, які допомагають вижити тільки конкурентоспроможному, інноваційному суб'єкту господарювання. Функціонування кожної галузі в постковідних умовах залежить від безлічі чинників внутрішнього й зовнішнього середовища, які дають змогу одним підприємствам отримувати надприбуток, а іншим – іти з ринку, не маючи достатнього запасу фінансової стійкості. Крім того, кожна галузь має свій технологічний уклад, у рамках якого вона й функціонує. У нашому випадку країни колишнього СРСР у 80–95% мають галузі III і IV технологічних укладів: чорна металургія, електротехнічне та важке машинобудування, автомобілебудування.

Таким чином, в постковідних умовах, спостерігається катастрофічна нерозвиненість внутрішнього металоринку в Україні (таблиця 4.1), що не тільки робить галузь критично залежною від зовнішньої кон'юнктури, а й заважає розвитку металоспоживчих галузей, які виробляють готову продукцію з більшою доданою вартістю [1, с. 169].

Таблиця 4.1

### Внутрішнє споживання сталі в Україні

Роки	Виробництво сталі та напівфабрикатів, млн т	Експорт напівфабрикатів та готового прокату, млн т	Імпорт напівфабрикатів та готового прокату, млн т	Внутрішнє споживання сталі	
				Всього, млн т	На душу населення, кг
1990	52,6	3,4	4,0	53,2	1013
2000	31,8	22,3	0,5	10,0	203
2010	33,3	25,2	1,8	9,9	218
2011	35,4	25,9	1,9	11,4	248
2012	33,5	24,1	1,9	11,3	248
2013	32,9	24,7	1,7	10,5	231
2014	27,4	21,5	1,2	7,1	166
2015	22,9	17,7	0,8	6,0	141
2016	24,2	18,3	1,1	7,0	165
2017	21,2	15,3	1,4	7,5	176
2018	21,1	15,1	1,6	7,6	179
2019	20,8	15,6	1,6	5,2	123

\*Примітка: складено автором на основі [2, с. 24–29; 3, с. 3–15; 4, с. 3–15; 5, с. 3–15].

Цілком слушною щодо орієнтирів на внутрішнє споживання металургійної галузі є думка О. Соколової: «Оновлення економіки країни потребує нових векторів розвитку промисловості та її стратегічних галузей. Доведено, що для технологічного оновлення стратегічних галузей необхідність у металі становить 323 млн т, а саме: інфраструктура господарсько-комунального господарства – 110 млн т; промислового обладнання – 65 млн т; транспортної інфраструктури – 65 млн т; оновлення трубопроводів – 30 млн т. Найбільш суттєвої модернізації потребує металургійна галузь, інакше вона не витримає конкуренції з металургійними лідерами (Китай, Бразилія)» [6, с. 147].

Виплавка сталі в Україні здійснюється застарілими енергоємними технологіями. Майже 23% сталі виплавляється неефективним мартенівським способом.

Аналізуючи основні способи виплавки сталі в постковідний період можна стверджувати наступне: найбільший відсоток виплавки стали конверторним способом з розглянутих країн мають Японія – 75% і Китай – 88,4%. У світовому масштабі 100% значення цього способу в Нідерландах; тільки 1 країна світу – Україна має відсоток виплавки сталі застарілим, енерговитратним мартенівським способом; електричний спосіб у 100% значенні використовують Болгарія, Греція, Хорватія, Люксембург, Португалія, Словенія, Венесуела, Саудівська Аравія [7, с. 4].

На переконливу думку О. Амоші, основними проблемами металургійної галузі є такі:

– виробничого характеру, оновлення основних засобів, енергозбереження та матеріалоемності: виробничо-технологічна й продуктова структура галузі значно відстає як від середньосвітового рівня, так і від характеристик провідних виробників і найближчих конкурентів; підприємства металургії мають високі показники матеріало- та енергоємності; модернізація українських підприємств здійснюється в основному шляхом закупівлі закордонного обладнання та засобів автоматизації, часто вже не випробуваних на практиці [8, с. 56];

– інновацій та наукових досліджень: унаслідок низького технологічного рівня металургійних підприємств експорт більше ніж на 50% становить металопродукція низьких переділів: чавун у чушках, злитки, напівфабрикати з нелегованої сталі, відходи та лом чорних і кольорових металів; металургійні підприємства, які

перебувають у приватній власності, практично не фінансують науково-дослідні роботи. У ГМК недостатньо використовують навіть результати вітчизняних високоефективних розробок, створених за рахунок держави. На сьогодні вітчизняні вчені фактично не мають доступу до реальних об'єктів промисловості, що значною мірою обмежило потенційні можливості практичної реалізації передових досягнень вітчизняної науки [8, с. 56].

Т. Загорська має схожий погляд на проблеми металургійної галузі. Авторка стверджує, що виробництво продукції з низьким ступенем обробки не може бути довготривалим, тому що пов'язане з низькоефективним споживанням ресурсів і створенням надмірного негативного навантаження на навколишнє середовище. Більше того, чорна металургія України споживає 30% палива і 33% електроенергії від загального їх споживання в промисловості, частка витрат на паливо й електроенергію в собівартості товарної продукції металургії становить в Україні 40–60% залежно від виду виробництва, тоді як у США, ФРН, Японії – тільки 28,5% [9, с. 96].

В. Гончар формує ідентичні недоліки металургійного виробництва: структурна недосконалість і технологічне відставання; значна зношеність основних виробничих фондів або устаткування терміном вище від нормативного, швидке зростання матеріальних витрат, які значно перевищують поточну ціну, складні соціальні проблеми – більшість підприємств є містоутворюючими, що призводить до серйозних ускладнень [10].

В. Мазур наполягає на дещо інших проблемах металургійного виробництва: «В Україні заводська собівартість багатьох видів металопродукції – через багаторічне ігнорування необхідності модернізації устаткування і технологічного переоснащення виробництва – виявилася набагато вищою, ніж ціна такого, і навіть більш якісного, металу на світовому ринку» [11, с.13].

Всі недоліки та негативні фактори виявлені науковцями значно позначаються на рівні дохідності металургійної галузі країни. Металургійне виробництво країни за останні роки має від'ємні негативні значення, майже чверть металургійних підприємств збиткові, відповідно рівень рентабельності теж є від'ємним (табл.4.2).

Найбільш нагальною проблемою розвитку промислових підприємств є подолання нарощування деструктивних екологічних процесів в економіці.

Таблиця 4.2

Показники економічної складової сталого розвитку  
металургійних підприємств\*

Показники	Рік					Відх. (+,-)
	2015	2016	2017	2018	2019	
Капітальні інвестиції промисловості, млн грн	11375	12698	15880	23252	26866	15491
в т. ч. капітальні інвестиції в розрахунку на 1 т виробленої сталі, грн	495,3	524,3	744,4	1102,0	1291,6	796,4
Фінансовий результат до оподаткування промисловості, млн грн	-44131	-8636	-8504	2765	-36590	7541
Частка збиткових промислових підприємств, %	30,8	28,3	27,8	23,0	25,4	-5
Рентабельність промислових підприємств, %	-10,9	-2,8	-2,7	-0,4	-7,2	4

\*Примітка: складено автором на основі [12, с. 243, 253, 269].

Щороку стаціонарні джерела забруднення промислових підприємств скидають в атмосферне повітря більше ніж 150 млн т шкідливих речовин, а головним забруднювачем є підприємства металургійної галузі.

Застаріла технологічна база промислового виробництва ще до формування незалежності країни здійснювала значні масштаби забруднення навколишнього природного середовища. Неосяжні токсичні відходи відповідно до свого вмісту становлять значну небезпеку для навколишнього середовища та суспільства в цілому. Металургійні відходи різного складу потребують ефективних методів їх знешкодження, їх можна по-різному класифікувати (тверді, рідкі, газоподібні) та використовувати найрізноманітніші методи знешкодження. Найбільшу питому вагу у викидах парникових газів, які формують металургійні підприємства, мають такі речовини, як метан, сірка, діоксин азоту, оксид вуглецю. Найбільш поширене явище забруднень атмосферного повітря в старопромислових депресивних містах та регіонах України. Питома вага металургійної галузі в забрудненні навколишнього середовища сягає 26–27% та щороку збільшується (табл.4.3).

Таблиця 4.3

Показники екологічної складової сталого розвитку  
металургійних підприємств\*

Показники	Рік				Абс. приріст, млн грн	Темп зростання, %
	2015	2017	2018	2019		
Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т						
Промисловість	н/д	124218	120375	115402	-8816	92,9
в т. ч. металургійна галузь	н/д	32996	31515	32069	-926,8	97,2
% у промисловості	н/д	26,6	26,2	27,8	1,23	104,6
Капітальні інвестиції на охорону навколишнього середовища, млн грн						
Промисловість	9226,5	11815	9081	15341	6114,5	166,3
в т. ч. металургійна галузь	1427,1	2018,4	2781,5	3480,3	2053,2	243,9
% у промисловості	15,5	17,1	30,6	22,7	7,2189	146,7
Поточні витрати на охорону навколишнього середовища, млн грн						
Промисловість	14407	16847	21659	24864	10457	172,6
в т. ч. металургійна галузь	2147,9	2702,8	3185,7	3781	1633,1	176,0
% у промисловості	14,9	16,0	14,7	15,2	0,2975	102,0

\*Примітка: складено автором на основі [12, с. 243, 253, 269].

Рівень капітальних інвестицій має міцну залежність від рівня викидів в атмосферне повітря, що підтверджує коефіцієнт кореляції – 0,7. Капітальні та поточні інвестиції на охорону навколишнього середовища щороку зростають. Капітальні інвестиції промислових підприємств збільшилась на 67% (металургійної галузі – майже в 2,5 рази), поточні інвестиції – на 73% (металургійної галузі – на 76%).

Сучасні проблеми виробничого характеру, матеріально-технічного оновлення, енергозбереження та матеріалоемності, інновацій і наукових досліджень, проблеми з персоналом в постковідний період руйнують створений роками виробничий потенціал сталого розвитку металургійної галузі. У зв'язку з тим, що металургійні підприємства є містоутворюючими, криза виробничого потенціалу створює депресивні старопромислові регіони з проблемами сталості, соціального розвитку та деструктивними наслідками.

Вважаємо за необхідне для вирішення нагальної проблеми подолання нарощування деструктивних екологічних процесів, ґрунтуючись на дотриманні умов декаплінгу як стратегічного

інструменту вимірювання розривів між економічним зростанням та екологічним тиском, активно впроваджувати процес рециклінгу на основі створення промислового симбіозу екологічного напрямку.

На наш погляд, необхідність кооперації промислових підприємств та створення промислових симбіозів зумовлена таким: нижчі витрати виробництва у виробничих малих підприємств, які є свого роду субпідрядниками; імовірність тимчасової нестачі виробничих потужностей на великому підприємстві при перевантаженому портфелі його замовлень; наявність так званих маргінальних партій виробів (або обсяг замовлення недостатньо великий для великого підприємства, або необхідне виробництво вузькоспеціалізованих видів продукції); потреба в просуванні на ринок з малими партіями товару без витрат на створення збутових систем; забезпечення адаптивності до «пікових» ситуацій на ринку тощо [13, с. 108].

Основним чинником для промислового симбіозу є просторова близькість підприємств, відносна відкритість в обміні інформацією і, головне, зацікавленість в обміні матеріалами або енергією. Сукупність інтеграцій такого роду, що перебувають у безпосередній близькості, утворюють екопромисловий парк. Найбільш зрілою формою стійкого розвитку є промисловий парк з нульовою емісією, що характеризується абсолютно закритою циркуляцією матеріалів. Це утворення найбільше відповідає умовам господарської діяльності за природним зразком. Сутність кооперації в мережах промислового симбіозу варіює від спільних дій з охорони навколишнього середовища та регіональних проєктів охорони природи до загального управління охороною навколишнього середовища, спеціалізації на замкнутому циклі та використання вторинної сировини, енергетичної оптимізації [14, с. 211].

З точки зору Т. Довгої, екологічний напрям сталого розвитку економіки України, поряд з економічним і соціальним, повинен забезпечувати ефективну реалізацію державної політики у сфері поводження з побутовими відходами як вторинними матеріальними ресурсами. На думку автора, цього можна досягти якщо діяти відповідно до стратегії еколого-економічного розвитку (управління побутовими відходами) Японії, що має назву «Ініціатива 3R» та включає три основні принципи: скорочення (reduce), повторне використання (reuse); використання як вторинної сировини (recycle). Щоб досягти стану «промислового симбіозу» або «суспільства із

замкненою економікою», Україні потрібно стати на шлях «суспільства без виробництва відходів», коли відходи побуту стають ресурсною базою для забезпечення виробництва, яке до того ж є екологічно безпечним, адже забруднення довкілля від нього мінімальне [15, с. 237].

Використання «Ініціативи 3R» є доцільним, але існує безліч проблем, з якими стикаються промислові підприємства при спробі формування промислового симбіозу: недосконалість владної вертикалі управління сферою поводження з побутовими відходами; нерозвиненість ринку вторинних ресурсів і його інфраструктурних ланок; відсутність конкуренції на ринках природних ресурсів і ринках дозволів на викиди (скиди) шкідливих речовин; низька адаптованість організаційно-правових форм господарювання до світового еколого-економічного розвитку; відступіть напрацьованих методів та інструментів у сфері переробки побутових відходів; архаїчність підходів і командно-адміністративні (витратні) методи поводження з відходами; неузгодженість правової бази та відсутність спеціалізованого законодавства; недосконала система нормативів, штрафів і відповідальності за порушення законодавства; неузгодженість категоріального апарату та правові колізії механізму залучення іноземних інвестицій у сферу екологічно спрямованого підприємництва [16, с. 58].

Доцільно погодитись з думкою О. Дорохіної та Д. Максимова, що в межах ідеального сценарію потрібне встановлення основних передумов формування кластерів замкнутого циклу матеріалів, передумов, які враховують ентропію застосування вторинної сировини. Такими є: апциклінг замість даунциклінгу; використання знову отриманих матеріалів, щонайменше при тому самому рівні ентропії, як у вихідних матеріалів; мінімізація «некорисних» матеріалів, що виходять у процесах замкнутого циклу (що відповідає звичайному поняттю відходів); інтенсивна кооперація з виробниками залишкових матеріалів; повторно використовувані компоненти або матеріали повинні визначатися вже в процесі проєктування навколишнього середовища [14, с. 213].

Також слід зазначити про необхідність створення кластеру фірм, який пропонує еколого-технічні товари або будує своє власне виробництво за принципами чистого виробництва та захисту від забруднень. Кластер може вважатися ембріоном для розвитку новітніх екопромислових стратегій і технологій. Цей кластер також

може створюватись на основі мережі фірм, які усвідомлено пов'язують себе з такими завданнями сталого розвитку, як регенеративне вироблення електроенергії, водопостачання, а також енергетична й ресурсна ефективність [14, с. 214].

Для більш детального обґрунтування промислового симбіозу з позиції рециклінгу необхідно розкрити сутність поняття «рециклінг». На думку М. Федунь, рециклінг доцільно визначити як систему організаційно-економічних та технологічних заходів із повернення відходів виробництв та споживання в повторний господарських обіг. Автор більш детально розкриває процеси рекуперації та регенерації, виходячи з Директиви 2000/79/ЄС, вважає їх єдиним процесом реабілітації навколишнього середовища та не ототожнює з рециклінгом [17, с. 63]. На переконливу думку І. Савенко та Ю. Неустроева, рециклінг – процес повернення відходів, зливів та викидів у процес техногенезу. Автори вважають що можливі два варіанти рециклінгу (рециклізації) відходів: повторне використання відходів за тим самим призначенням, наприклад скляних пляшок після їх відповідної безпечної обробки та маркування (етикетування); повернення відходів після відповідної обробки у виробничий цикл, наприклад бляшаних банок – у виробництво сталі, макулатури – у виробництво паперу чи картону. З точки зору авторів, поняття «рециклінг», «рекуперація», «регенерація» та «рециркуляція» є взаємодоповнюваними: щодо сукупності відходів та зливів операцію рециклінгу називають рекуперацією; зливів, порошко- та пастоподібних відходів – регенерацією; зливів та викидів – рециркуляцією [18, с. 115].

К. Дзюбіна та А. Дзюбіна, обґрунтовуючи інструмент рециклінгу, зауважують, що нові вимоги ринку стимулюють зміщення акцентів сучасних виробників в управлінні матеріальними потоками, тепер постає необхідність управління також і зворотними матеріальними потоками, що стало невід'ємною частиною господарської діяльності підприємств в умовах євроінтеграції. Автори стверджують, що проведена в цьому дослідженні типологізація зворотних матеріальних потоків на основі природи їх виникнення дасть змогу сучасним виробникам розмежовувати процеси управління поворотними та утилізаційно-рециклінговими зворотними матеріальними потоками. Розроблені науковцями моделі функціонування поворотних та утилізаційно-рециклінгових зворотних матеріальних потоків дають змогу сучасним



підприємствам формувати ефективні механізми управління рухом товарно-матеріальних цінностей у напрямку від споживача до виробника [19, с. 211].

Реалізація масштабної програми ресурсозбереження на основі рециклінгу – важливий резерв підвищення економічної ефективності системи поводження з побутовими відходами. Оцінка еколого-економічної ефективності рециклінгу дасть змогу знайти та виокремити резерви в цьому напрямі та досягти рівня глибини переробки до 50%. Крім цього, слід визнати необхідним формування нормативно-правової бази забезпечення рециклінгових процесів у вигляді Кодексу про відходи та вдосконалити класифікатор відходів, що дасть можливість вирішити проблеми дублювання, викривлення та подвійного трактування дефініцій і понять; створення мережі приймальних пунктів вторинної сировини, тим самим стимулюючи кругообіг залучення ресурсів для їх подальшого рециклінгу [16, с. 62].

Для формування структурної моделі промислового симбіозу екологічного спрямування пропонуємо включити такі промислові підприємства: ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Нікопольський південнотрубний завод» (ПАТ «НЮЗ»), ЗАТ Інтерпайп «Нікопольський завод безшовних труб Ніко Тьюб» (ПАТ «НТЗ»), ПАТ «Втормет», ТОВ «Метінвест-Ресурс».

Обґрунтування структурної моделі промислового симбіозу екологічного спрямування передбачає формування матеріальних потоків (сировини), взаємозв'язків, енергії в єдиний енерго-технологічний комплекс, в якому «працюють» практично всі відходи (вторинна промислова сировина) одних виробництв як сировинної бази інших виробництв та підприємств.

Констатуємо доцільність виділення таких компонент: шлаки, шлаки та інші виробничо-технологічні відходи металургійних підприємств; вторинні ресурси, комунальні відходи машинобудівних підприємств; процес зберігання та відвантаження твердих відходів та комунальних відходів здійснюються промисловими підприємствами – переробниками вторинної сировини; переробка твердих відходів планується на прототипі заводу «Енергія» (м. Київ), що належить до піролізного рециклінгу (перетворення вторинної сировини, твердих відходів на три види енергетичних речовин: вуглеподібний продукт, піролізний горючий газ, гаряча вода (пара) (300<sup>0</sup>C)) [21].

Процес впровадження рециклінгу на основі створення промислового симбіозу екологічного напрямку неможливий без

інноваційної активності та цифрової трансформації. Нажаль на даний час постковідного періоду можна констатувати інноваційну бездіяльність металургійних підприємств: на тривалому відрізку часу в металургійній промисловості йде споживання ресурсів без розвитку науки та техніки; приватний бізнес не вважає за необхідне фінансувати наукові розробки, створювати наукові об'єднання та випускати модернізовану, науково обґрунтовану і якісну продукцію [20, с. 110].

Великі металургійні підприємства, які є «локомотивами» галузі, досить повільно переходять до використання «розумних» технологій. Як окремий приклад можна назвати компанію «Інтерпайп», яка через переорієнтацію на зарубіжні ринки збуту з більш жорсткими умовами виконання замовлень змушена була змінити підхід до роботи, побудувавши єдине інформаційне управлінське середовище за допомогою впровадження комплексної ERP-системи IT-Enterprise. Це дало змогу забезпечити простежуваність стану виконання замовлень у режимі реального часу на всіх етапах виробництва – від лиття заготівки до відвантаження готової продукції, скоротити час ідентифікації продукції під час технологічного процесу, автоматизувати облік використання обладнання та його простоїв, підвищити швидкість документарного оформлення тощо. Уся інформація зберігається в єдиній для всіх підприємств групи базі даних. Дані про замовлення й виробничі переділи зашифровані в QR-код, який кріпиться на кожному пакеті труб. Такий QR-код дає змогу споживачам компанії в будь-який час самостійно перевірити необхідну інформацію щодо продукції та замовлення за допомогою online-сервісу верифікації трубної продукції. QR-код із бирки трубного пакета перенаправляє клієнта на вебсторінку, де містяться дані про країну призначення, обсяг замовлення, номер сертифіката якості, номер плавки, дату відвантаження, виробника, країну виробництва продукції. Із використанням цієї комплексної ERP-системи в «Інтерпайпі» на 20% скоротився час узгодження замовлень і на 45% підвищилася ефективність роботи виробничого персоналу. Також компанією реалізовано проєкт упровадження IT-Enterprise.EAM для автоматизації управління основними виробничими фондами. Іншим прикладом використання смарт-рішень в українській металургії є Група «Метінвест». Для забезпечення централізованого управління підприємствами, що входять до холдингу, по всьому виробничому ланцюжку та створення

єдиного інформаційного простору Група трансформувала ІТ-службу в окрему компанію «Метінвест Діджитал», основним видом діяльності якої є консультаційні послуги у сфері комп'ютерних технологій. Крім того, Група «Метінвест» завершила перенесення системи SAP на хмарну платформу й стала першим в Україні користувачем SAP HANA Enterprise Cloud (SAP HEC) [22, с. 54].

За останні п'ять років кількість підприємств металургії, які займаються інноваційною діяльністю, зменшились на 64 од., майже на 50%; питома вага підприємств, які займаються інноваційною діяльністю, у загальній кількості металургійних підприємств становить лише 15–18% [13, с. 112]. З металургійних підприємств країни, які провадять інноваційну діяльність, лише 26–30% витрачають кошти на внутрішні та зовнішні НДР, а майже 70% – просто на придбання обладнання [1, с.85; 23, с.83]. Практично можна стверджувати, що з 366 од. металургійних підприємств реальною науково-дослідною роботою займаються тільки 18 од. (4%).

У другому десятилітті 21 століття швидке поширення технологій і глобальна конкуренція викликали в урядів як розвинених, так і країн, що розвиваються відчуття невідкладної участі у великомасштабному пожвавленні промисловості, що призвело до глобальної появи відомого поняття Індустрія 4.0, в основі якого лежить перетворення, пожвавлення і розвиток промислових процесів. Очікується, що розробка важливих державних програм країн-лідерів в постковідний період радикально змінить глобальну структуру основних промислових секторів. Індустрія 4.0 зародилася в галузі інженерії, в якій вона значною мірою розвивалася і практично була перекладена управлінською мовою. Тому, говорячи про Індустрію 4.0, можна стверджувати, що співіснують дві душі, інженерія та менеджмент, які, хоч і мають явно різні прикладні аспекти, важливі один для одного [24, С. 414]. Концепція Industrie 4.0 зародилася на Гановерському промисловому ярмарку в 2011 році з метою підняти рівень виробництва в Німеччині через застосування нових технологій, таких як Інтернет речей. У 2013 році Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО) та Дослідницький інститут виробництва Кембриджського університету повідомив про «Нові тенденції у світовій обробній промисловості», в яких зазначено, що майбутнє світового виробництва зіткнеться з величезними проблемами. З погляду структури населення, через збільшення тривалості життя населення, зниження народжуваності

та, як наслідок, демографічної тенденції старіння суспільства, поява нових пандемій, зміни частки робочої сили вплинуть на конкурентоспроможність національного виробництва. Тому багато країн висунули відповідні плани пожвавлення галузі [25, С. 414]. Дотримуючись політики Німеччини «Індустрія 4.0», інші країни запропонували аналогічну політику, наприклад, Партнерство передового виробництва (AMP) США, (Industrial 4.1J) Японія, (Стратегія інновацій в обробній промисловості 3.0) Республіки Корея, (Зроблено в Китаї, 2025 р.) Китай. Пожвавлення виробництва стало важливою національною політикою у всіх країнах. США оголосили про запуск AMP як перспективного плану національної політики у галузі виробництва, спрямованого на створення нових робочих місць та відновлення конкурентоспроможності суб'єктів господарювання. У жовтні 2014 року в США було запущено AMP 2.0, розраховуючи на подальше просування інновацій, навчання персоналу та розвиток виробничого середовища. Великобританія реалізує стратегію виробництва високої вартості, тому що ця концепція є передовою у створенні продуктів, виробничих процесів та соціальних послуг. У 2013 році в Німеччині розпочався процес розвитку програми Індустрія 4.0, спрямований на розробку нового покоління інтегрованих виробничих технологій віртуальної реальності та збереження лідируючих позицій у світовому виробничому секторі [26, С. 8]. У тому ж році Японія запустила план пожвавлення галузі, сподіваючись стати найбільш відповідним середовищем для сервісних підприємств. За рахунок збільшення капітальних інвестицій, а також фінансування досліджень та розробок Японія націлена на пожвавлення обробної промисловості. У травні 2015 року Державна рада Китаю оголосила про програму «Зроблено в Китаї до 2025 року», в якій основна увага приділяється дев'яти ключовим завданням та десяти ключовим додаткам, інвестиціям у технологічні дослідження та розробки, а також промислового розвитку з очікуванням переходу від нинішнього статусу до країни-лідера у прогнозованому 2025 року.

Кожна цивілізована високорозвинена країна прагне сформувати свою промислову політику розвитку з метою покращення добробуту населення та формування динамічних тенденцій економіки. На основі досвіду країн – лідерів промислового виробництва необхідно сформувати концептуальні засади промислової політики України в постковідний період:

– формування довгострокової стратегії розвитку сфер діяльності п'ятого та шостого технологічного устрою (інформаційні технології, виробництво робототехніки, розвиток телекомунікацій, виробництво наноматеріалів, розвиток когнітивних наук) за рахунок покращення інвестиційного клімату, залучення масових інвестицій, створення вільних зон для стартапів, організації регулятив;

– створення бази професій майбутнього: формування інфраструктури, підготовка та перепідготовка кадрів, створення програми розвитку для нового покоління (міленіалів та луна-бумерів), розвиток принципів стабільної зайнятості та запобігання формуванню прекаризованого суспільства; – створення соціальної містотворчої інфраструктури на основі сучасних інструментів цифровізації: IoT (інтернет речей), штучний інтелект, віртуальна реальність, додаткова реальність.

В процесі формування доданої вартості у металургійному виробництві освоюються з кожним роком все нові цифровізовані товари та послуги. Постійна поглиблена взаємодія з клієнтами та контрагентами формує нові бізнес-моделі, які використовують інноваційні інтернет платформи, інтелектуальні розробки та дані. До них можна віднести: IoT (інтернет речей), гаджети, хмарні мережі, смарт датчики, «розумне обладнання», адитивні технології. Всі перелічені інновації дають можливість більш ефективніше та раціональніше взаємодіяти людини та машини, будувати багаторівневу взаємодію з клієнтами, збирати необхідну інформацію з респондентів, виявляти відповідні ризикові події.

Інноваційні процеси промислової революції 4.0 в металургійному виробництві в постковідний період дають можливість:

– керувати виробничими потужностями на засадах реального часу взаємопов'язуючи всі частини продуктивних сил (IoT (інтернет речей));

– дистанційно керувати роботою будь-якого пристрою та обладнання, підключених до єдиної системи (смарт датчики, «розумне обладнання»);

– використовувати роботів при дефіциті робочої сили та на небезпечних ділянках виробництва (робототехніка);

– впроваджувати технології засновані на порошковій металургії (адитивні технології 3D-друк).

Особливе значення для металургійної галузі IoT має при видобуванні первинних ресурсів, наприклад, у гірничорудній промисловості, основні потужності якої розташовані, як правило, на досить великій відстані від власне металургійного підприємства. Датчики збирають величезний масив інформації, яка потім інтерпретується штучним інтелектом, оптимізуючи виробничу лінію та створюючи синергетичний ефект. Наприклад, виробники сталі встановлюють інтелектуальні лічильники та інші датчики, щоб скоротити викиди CO<sub>2</sub> і зменшити витрачену енергію. Австрійський завод Voestalpine, використовуючи 3D-радіолокацію, зміг розробити всеосяжну модель процесу завантаження, яка включає вимірювання умов у доменній печі в режимі реального часу, що привело до більшого виходу чавуну і зменшення викидів. Заслуговує на увагу процес роботизації – роботи можуть використовуватися при дефіциті робочої сили та на небезпечних ділянках виробництва. У металургії рівень роботизації поступається іншим галузям, наприклад, автомобільній, проте роботи знаходять застосування при відборі проб рідкої сталі, контролі її рівня і вимірюванні температури у плавильних агрегатах, скачуванні шлаку, нанесенні та знятті вогнетривких покриттів [27].

На даний час дуже бурхливо розвиваються технології, засновані на порошковій металургії (в основному 3D-друк, у перспективі технології 4D55 та MIM56), – належать до адитивних (Additive Manufacturing – AM), головною відмінністю яких є додавання необхідного, а не прибирання зайвого. Вони виступають одними з найбільш прогресивних технологій виробництва готових металевих виробів (для виробництва порошків у будь-якому разі спочатку необхідно виплавити метал), що дозволяють задовольняти індивідуальні потреби клієнтів, роздруковуючи унікальну продукцію безпосередньо на місці, де вона використовуватиметься, та відрізняються більш коротким ланцюжком створення вартості. Однак ця технологія наразі є дорожчою за традиційне металовиробництво через високу вартість порошків і самих 3D-принтерів та має низку обмежень щодо використовуваних матеріалів унаслідок жорстких вимог до поверхні та структури часток застосовуваних порошків, коливань якості готових виробів, розмірів друкованих деталей [28].

Вже у 2030- 2035 рр. обсяг ринку тривимірного друку у металургії може сягнути 10 млрд дол. у результаті швидкого розвитку технологій та більш глибокого включення галузі в освоєння та

впровадження «розумних» технологій; розробка нових продуктів та матеріалів, коли клієнту пропонується навіть не товар, а комплексне рішення – комбінація нових матеріалів (сплавів) з унікальними властивостями.

Таким чином, основними принципами цифрової трансформації металургійної галузі в постковідний період повинні бути:

– формування адаптивних процесів, які будуть забезпечувати гнучкий розвиток в умовах цифровізації при всеосяжному пристосуванні до зовнішніх умов, що постійно змінюються;

– трансформація внутрішніх процесів відповідно до сучасних інноваційних технологій промисловості 4.0 та галузевих особливостей;

– підвищенні гнучкості управління підприємством чи галуззю як з боку менеджменту компаній, так і з боку держави; посиленні та поглибленні клієнтоорієнтованості, що означає першочергове врахування запитів клієнтів.

#### ***Перелік використаних джерел:***

1. Шапуров О. О. Аналіз сучасних тенденцій у металургії: інноваційно-інвестиційний розвиток та конкурентоспроможність на світовому ринку. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: «Економічні науки». Херсон : ХДУ, 2017. Вип. 11. С. 168–173.

2. *World Steel in Figures 2020*. World Steel Association. URL: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook/World-Steel-in-Figures.html>

3. *Steel Statistics. Steel Statistical Yearbook 2020 concise version*. World Steel Association. URL: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook.html>

4. *Steel Statistics. Steel Statistical Yearbook 2010*. World Steel Association. URL: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook.html>

5. *Steel Statistics. Steel Statistical Yearbook 2000*. World Steel Association. URL: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook.html>

6. Соколова О. М. Вплив структури національного виробництва на розвиток внутрішнього ринку України. Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. 2011. Вип. 1. С. 147–154.

7. *World Steel in Figures 2020*. World Steel Association. URL: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook/World-Steel-in-Figures.html>
8. *Українська металургія: сучасні виклики та перспективи розвитку : монографія / А. І. Амоша, В. І. Большаков, А. А. Минаєв, Ю. С. Залознова, Л. А. Збаразська, Ю. В. Макогон і др. ; НАН України, Ін-т економіки пром-сти. Донецьк, 2013. 114 с.*
9. Загорська Т. П. Ринок металопродукції і розвиток гірничо-металургійного комплексу України. *Економіка і прогнозування*. 2005. № 4. С. 95–106.
10. Гончар В. В. Дослідження виробничого потенціалу підприємств чорної металургії в межах проведення стратегічних досліджень. *Ефективна економіка*. 2014. № 1. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2014\\_1\\_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2014_1_30)
11. Мазур В., Тимошенко М. Актуальні економічні питання в металургійній галузі України. *Економіка України*. 2012. № 6. С. 13-23.
12. *Діяльність суб'єктів великого, середнього, малого та мікропідприємництва : статистичний зб. Київ : Державна служба статистики України, 2020. 373 с.*
13. Гнатенко І. А. Специфічні проблеми оцінювання партнерської взаємодії малих та великих виробничих підприємств. *Український соціум*. 2014. № 4. С. 104–112.
14. Дорохіна О. Ю., Максимов Д. О. Промислова екологія – недосяжний ідеал стійкого розвитку? *Актуальні проблеми економіки*. 2017. № 3 (189). С. 209–215.
15. Довга Т. М. Визначення ефективності рециклінгу: економіко-екологічний аспект. *Актуальні проблеми економіки*. 2012. № 3. С. 235–240.
16. Довга Т. М. Еколого-економічна оцінка рециклінгу твердих побутових відходів в Україні на шляху до сталого розвитку. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2012. № 11. С. 57–62.
17. Федунь М. *Поняття та особливості регулювання утилізації відходів в екологічному праві Європейського Союзу. Право і суспільство*. 2015. № 4. Ч. 3. С. 60–66.
18. Савенко І. І., Неустроєв Ю. Г. *Рециклінг: визначення та межі використання. Сучасні проблеми економіки і менеджменту: тези доповідей Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 10–12 листопада 2011 р. / Нац. ун-т «Львівська політехніка», Інститут економіки і*



менеджменту, Інститут післядипломної освіти. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. С. 114.

19. Дзюбіна К. О., Дзюбіна А. В. Дослідження сутності та моделювання систем функціонування поворотних та утилізаційно-рециклінгових матеріальних потоків. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Проблеми економіки та управління. 2016. № 847. С. 205–212.

20. Шапуров О. О. Стан інновацій та ефективні механізми розвитку металургійних підприємств. Вісник Одеського національного університету. Серія: «Економіка». 2018. Т. 23. Вип. 5 (70). С. 108–113.

21. Шапуров О.О. Формування інноваційного механізму забезпечення сталого розвитку промислових підприємств: дис. ... докт.ек.наук : 08.00.04. Запоріжжя, 2021. 740 с. URL: [http://virtuni.education.zp.ua/info\\_cpu/sites/default/files/Dis\\_Shapurov.pdf](http://virtuni.education.zp.ua/info_cpu/sites/default/files/Dis_Shapurov.pdf)

22. Амоша О. І., Нікіфорова В. А. Розвиток металургійної смарт-промисловості в Україні: передумови, проблеми, особливості, наслідки : науково-аналітична доповідь / НАН України, Ін-т економіки промисловості. Київ, 2019. 67 с.

23. Соколова О. М. Вплив структури національного виробництва на розвиток внутрішнього ринку України. Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. 2011. Вип. 1. С. 147–154.

24. Piccarozzi, Michela and Silvestri, Cecilia. (2021) “Industry 4.0 tools in innovative European firms: exploring their adoption and communication features through content analysis.” *Procedia Computer Science*. 180: 414-423.

25. Kuo, Chu-Chi and Shyu, Joseph Z. (2019) “Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA.” *Global Transitions*. 1: 3-14.

26. Oztemel, Ercan and Gursev, Samet. (2018) “Literature review of Industry 4.0 and related technologies.” *Journal of Intelligent Manufacturing*. 31 (1): 1-56.

27. Ferneyhough G. Steel rises to the challenges of Industry 4.0. World Steel Association. February 2018. URL: <https://stories.worldsteel.org/innovation/steel-rises-challenges-industry-4-0/>

28. Smart Manufacturing. World Steel Association. 2018. URL: <https://www.worldsteel.org/about-steel/smart-manufacturing.html>